

S.N.C.B

Enseignement Professionnel

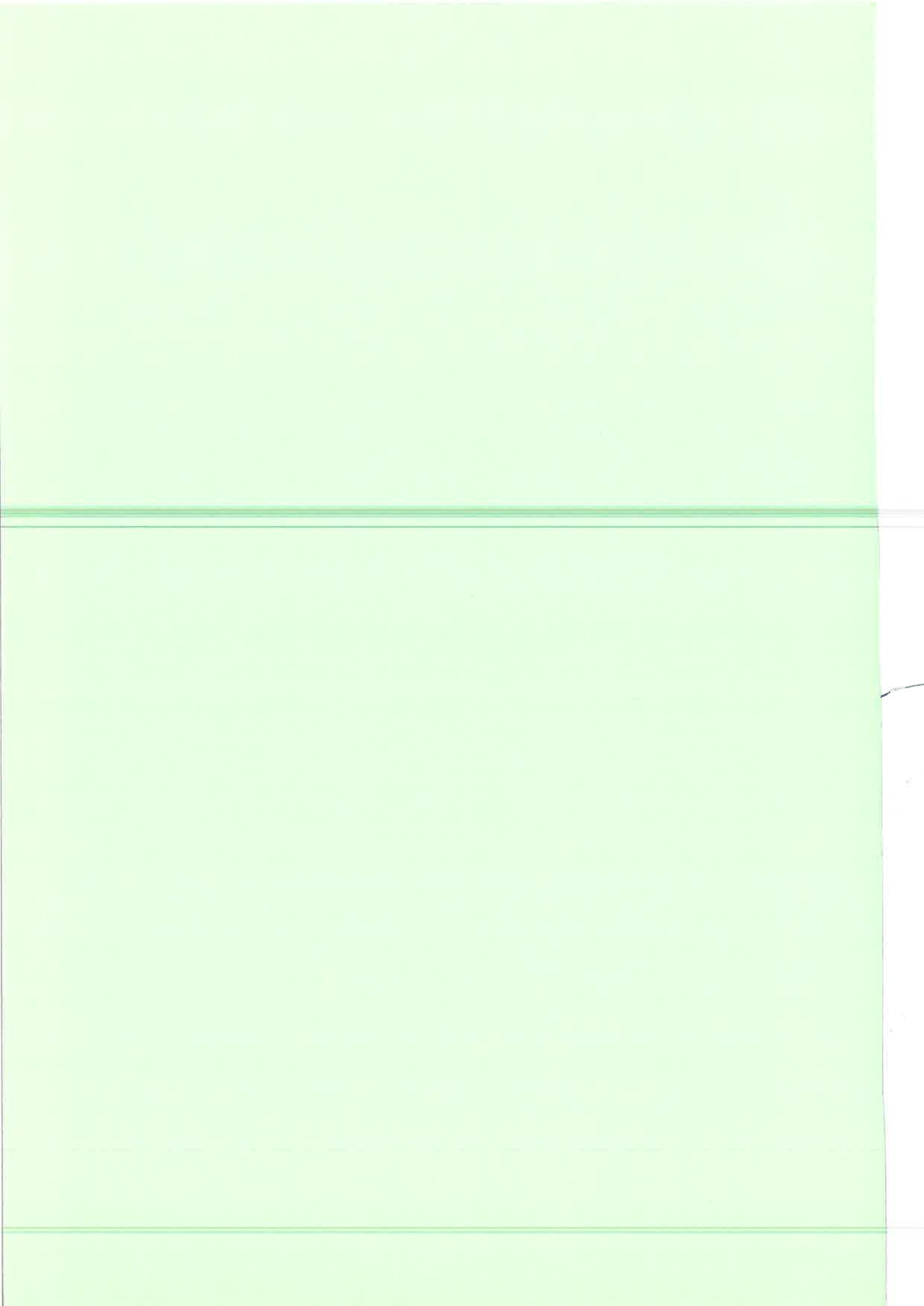
TRACTION ELECTRIQUE

Cours 1270

I/∇

Leçons 1 à 14





SOCIETE NATIONALE DES CHEMINS DE FER BELGES.Enseignement professionnel.COURS 1270TRACTION ELECTRIQUE.lère leçon1.01 Evolution de la traction électrique.

- Le premier train électrique fut mis en service en 1879 lors d'une exposition industrielle à Berlin.

La petite locomotive était équipée d'un moteur à courant continu de 3 ch.

- Les premiers tramways électriques font leur apparition en 1881 et leur développement s'intensifie.

En 1894 l'Amérique exploite déjà 12 000 km de voies électrifiées contre 300 seulement en Europe.

- Les tensions varient entre 550 et 750 V. L'alimentation se faisait par des génératrices à courant continu entraînées par des machines à vapeur.
- En 1900 en Suisse, les premières voies étroites de montagne sont électrifiées en courant alternatif triphasé avec des moteurs asynchrones.

Il y avait 2 fils de contact et le rail formait le 3e conducteur.

- Ensuite, le système triphasé 3 kV 50 Hz s'est étendu dans le Nord de l'Italie, mais la nécessité des 2 fils de contact était un grand handicap surtout dans les croisements.

Comme le moteur asynchrone même triphasé n'était pas aussi indiqué pour de nombreux démarrages que le moteur série ce système a finalement été abandonné.

Pourtant en 1903 le 200 km/h était atteint sur la ligne Marienfeld à Zosssem par une automotrice équipée de moteurs asynchrones triphasés 50 Hz alimentés à 10 kV !

- Le système monophasé 15 kV $16\frac{2}{3}$ Hz a été appliqué dès 1904 en Allemagne et en Suisse.

L'alimentation s'effectuait par des centrales hydrauliques autonomes.

2.

De même en Amérique ce système est appliqué à New-York en 11 kV et 25 Hz.

Les moteurs de traction sont des moteurs série à collecteur.

- En 1920 la France et la Hollande décident d'appliquer l'électrification aux grandes lignes et adoptent le courant continu 1,5 kV.
- Le courant fourni par les centrales est redressé dans les sous stations au moyen de convertisseurs rotatifs.
- Vers 1930, le redresseur à vapeur de mercure fut introduit dans les sous stations de traction et ainsi la voie était ouverte à l'électrification sous 3 kV.

C'est ainsi que la Belgique, la Pologne, le Maroc, l'Italie qui décidèrent vers cette période d'électrifier leur chemin de fer ont opté pour le courant continu 3 kV.

- Le premier train électrique Belge a circulé en 1935 entre Bruxelles et Anvers, exactement 100 ans après que le premier train à vapeur ait relié Bruxelles à Malines.
- Déjà en 1939 des essais en 50 Hz, 25 kV étaient effectués dans la Forêt-Noire (Hollental) avec des moteurs série monophasés dérivés de ceux utilisés en $16 \frac{2}{3}$ Hz.
- Mais ce n'est qu'en 1950 que le système 25 kV, 50 Hz a été réalisé pratiquement sur la ligne Thionville-Valenciennes.
- Le moteur de traction 50 Hz (moteur direct) est lourd et a toujours une commutation délicate. Pour cette raison l'on chercha à redresser le courant sur la locomotive au moyen d'ignitrons.

Mais ce n'est en fin de compte qu'en 1959 grâce aux redresseurs Silicum, que ce système de traction a définitivement été mis au point et qu'en outre il a été possible de construire du matériel de traction pouvant aussi bien fonctionner sur un réseau alternatif que continu.

- Nous arrivons avec l'électrification Bruxelles-Paris (1963) et Bruxelles-Cologne 1966 à l'ère des relations internationales rapides avec les trains TEE remorqués par locomotives polycourant.

1.02 Traction électrique en 1,5 kV. (fig. 1.01)

L'expérience aidant, les constructeurs de moteurs de traction élevèrent progressivement la tension de 600 V des lignes de tramway à 750 puis 900 et enfin à 1 500 V.

Pour un moteur de 250 à 1000 ch, qui doit être logé entre les roues, dans un bogie, cette tension est un maximum.

En 1920 c'était la meilleure solution pour une électrification à grande échelle.

Entre temps les centrales électriques avaient pris suffisamment d'extension pour pouvoir supporter la charge de la traction électrique.

L'alimentation des lignes caténares s'effectuait au moyen de moteur-générateurs ou avec des commutatrices, plus tard au moyen de redresseurs à vapeur de mercure.

Les lignes caténares doivent avoir une forte section (550 mm²) afin de réduire les chutes de tension en ligne par fort trafic.

Pour cette même raison les sous-stations seront très rapprochées (10 à 15 km).

1.03 Le système 3 kV. (fig. 1.02)

De nombreux pays qui comme le notre, ont électrifié leur réseau vers les années 1930 ont appliqué le système 3 kV.

En effet, à ce moment le redresseur à vapeur de mercure permettait cette tension alors que cela eut été impossible avec une commutatrice rotative.

En conséquence les lignes caténares pouvaient être beaucoup plus légères, et de plus les sous-stations devenaient beaucoup plus espacées (30 à 40 km).

Les isolateurs ne sont pas beaucoup plus lourds en 3 kV qu'en 1,5 kV.

Les économies d'investissement sur les installations fixes s'élevaient à 30 % !

En ce qui concerne le matériel de traction, la situation n'est cependant pas aussi favorable.

Les moteurs de traction ne peuvent avoir une tension aux bornes supérieures à 1500 V pour des raisons de commutations et d'encombrement du collecteur. (La tension entre lames ne peut dépasser 40 V).

L'on ne pourra donc adopter un couplage parallèle des moteurs mais il faudra les placer toujours au moins en série deux par deux. (couplage série-parallèle).

Les moteurs sont plus encombrants parce qu'ils doivent être isolés à 3 kV.

Aux grandes vitesses, ils sont plus sensibles aux flashes et à l'emballement (survitesse).

Les contacteurs sont également plus sollicités et la fréquence des coups de feu est plus grande en 3 kV qu'en 1,5 kV.

Dans la phase initiale de l'électrification en 3 kV, l'on craignait que la durée de vie des moteurs de traction serait réduite mais une expérience de plus de 40 ans en a fait des organes sûrs et robustes qui ne coutent en fin de compte pas beaucoup plus cher que les moteurs 1,5 kV.

1.04 Système en courant alternatif 16 2/3 Hz. (fig 1.03)

Il s'agit du plus vieux système qui s'est néanmoins maintenu à la D.B. et la C.F.F.

Du fait que les lignes caténaïres sont alimentées en 15 kV par des centrales autonomes 16 2/3 Hz propriété des réseaux, il n'est évidemment pas aisé de changer de système.

Les avantages résident principalement dans la légèreté des lignes caténaïres et l'espacement des points d'alimentation (60 km).

Le démarrage des moteurs de traction ne s'effectue pas avec des résistances comme en courant continu mais il se fait pratiquement sans pertes, en appliquant une tension progressive au moyen d'un transformateur réglable.

Le point faible de ce système c'est le moteur de traction, qui doit être forcément un moteur série à collecteur, mais qui a une très mauvaise commutation.

En effet, malgré la fréquence très basse, le tiers de 50 Hz c.-à-d. 16 2/3 Hz, il existe dans la spire, mise en court-circuit par les balais, une f.e.m. très élevée sous l'action du champ inducteur alternatif.

On arrive à améliorer cette commutation de la façon suivante :

- a) Diminution du flux inducteur par pôle, ce qui revient à augmenter le nombre de paires de poles (parfois 10 paires et plus).
- b) Addition, en série avec les pôles principaux, de pôles spéciaux, "de compensation" dont le nombre d'ampère tours compense exactement la force magnéto motrice de l'induit afin de diminuer la self induction.
- c) Utilisation de connexions résistances dans les enroulements d'induit, afin de limiter le courant de court-circuit.
- d) Utilisation des balais sandwich, c.-à-d. en 2 pièces avec des résistances additionnelles dans le même but.

1.05 Système 50 Hz.

Ce système est bien le plus attrayant car l'alimentation peut se faire directement par les centrales du réseau public à 50 Hz.

La caténaire est alimentée à 25 kV 50 Hz et peut donc être très légère.

Les sous-stations se limitent à un transformateur 110 ou 220 kV/ 25 kV.

Grâce aux puissances élevées des réseaux HT actuels le déséquilibre local dû à la charge monophasée n'est plus guère ressenti par les centrales.

Un moteur asynchrone a un couple bien trop faible au démarrage pour être pris en considération.

Le moteur à 50 Hz (moteur direct) était bien une solution attrayante (voir fig. 1.04).

On a donc essayé d'améliorer encore le moteur 16 2/3 en utilisant encore plus de balais et plus d'artifices.

Après quelques envois à grande échelle, on s'est convaincu enfin que rien n'égalait un moteur à courant continu pour la traction ferroviaire.

La seule solution valable consistait donc à transformer sur le véhicule le courant de la caténaire en courant continu.

6.

Dans cet ordre d'idée, on a même construit en France une locomotive équipée d'un convertisseur rotatif ! (fig. 1.05).

Un redresseur classique à vapeur de mercure pouvait difficilement être installé sur un engin de traction, mais des résultats valables ont été obtenus au moyen de redresseurs mano-anodiques "ignitrons" et "excitrons". (fig 1.06)

L'équipement était cependant lourd et compliqué.

L'entretien de l'arc (tache cathodique) doit être assuré par toutes les températures extérieures. Il faut non seulement refroidir (à l'eau) mais en hiver il faut réaliser un préchauffage de cette eau !

Si l'on songe alors aux problèmes que pose l'isolement de ces appareils, ainsi que le dispositif d'entretien de l'arc on peut dire que l'invention des redresseurs secs au silicium, a permis la percée définitive du système 50 Hz.

Ces cellules de redresseurs secs occupent relativement peu de place, ils sont d'un fonctionnement sûr, comme leur fonctionnement est statique, ils sont pratiquement inusables. (fig 1.07).

Ils permettent la construction de locomotives de très grande puissance (6000 ch et plus) qui ne pèsent guère plus que les machines actuelles (80 t).

1.06 Conclusion.

Les pays qui, après 1950 passèrent à l'électrification à grande échelle de leur réseau ferroviaire ont adopté sans hésitation le système 50 Hz, surtout si les distances sont très longues (France, Russie, Inde, Congo etc).

Lorsqu'en Belgique après 1950 il fut décidé d'étendre l'électrification, il existait déjà la ligne Charleroi-Anvers en 3 kV.

Dans ce petit pays il est impensable d'adopter deux systèmes différents de traction électrique. La complexité des gares bi-courant rend l'exploitation très difficile.

De plus, à cette période il n'était pas encore question d'utiliser des redresseurs secs et le système était loin d'être au point.

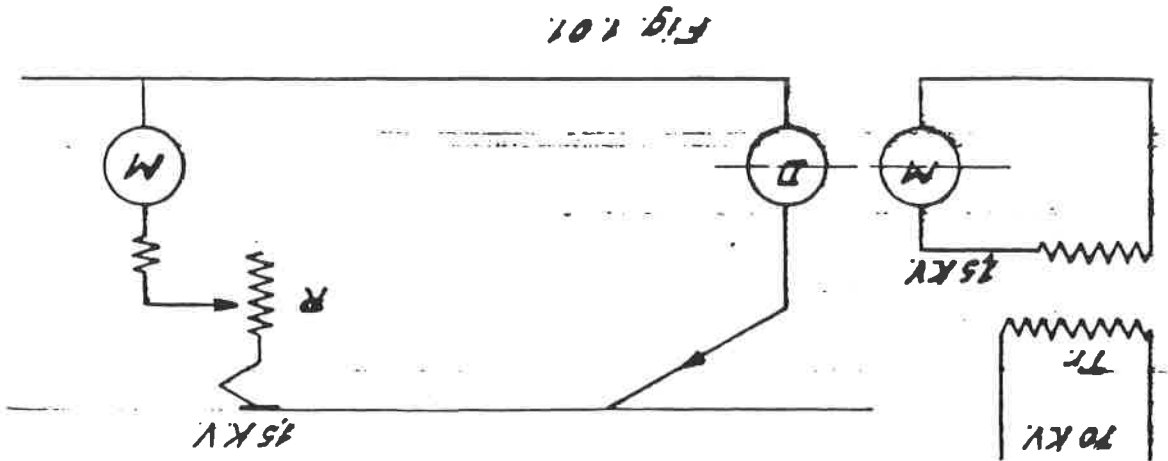
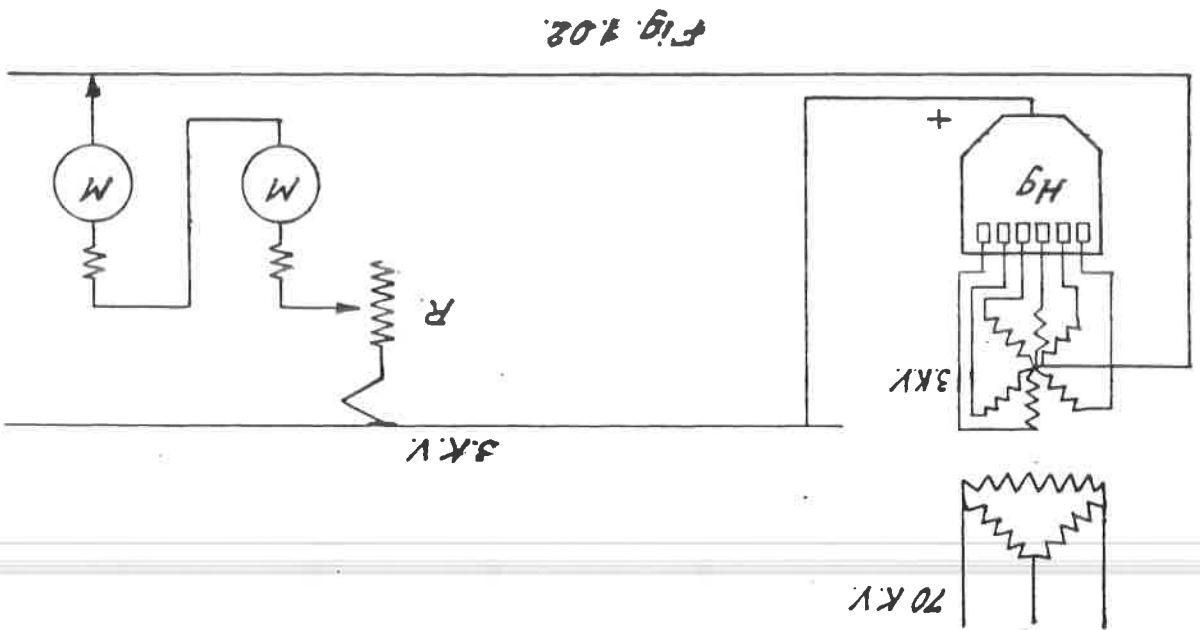
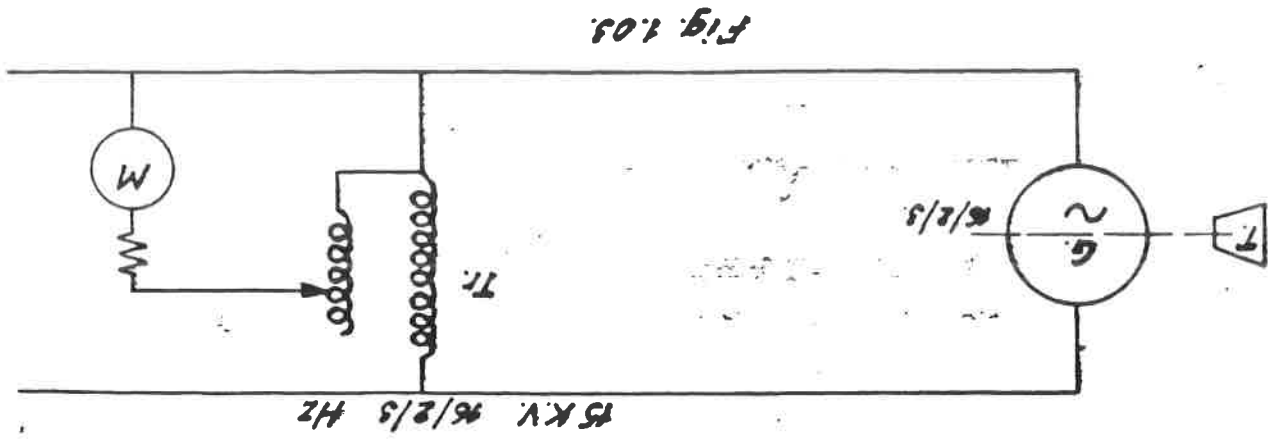
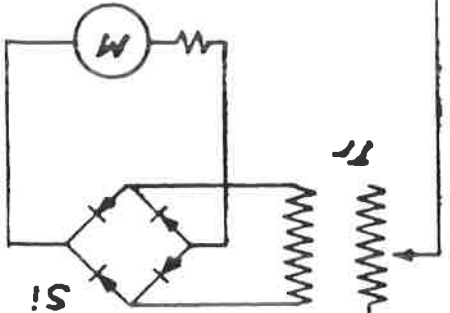
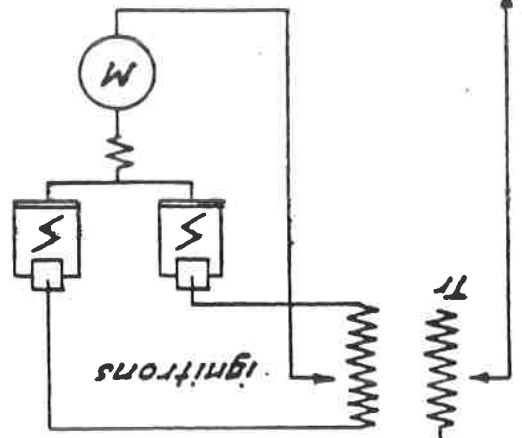


fig. 1.06

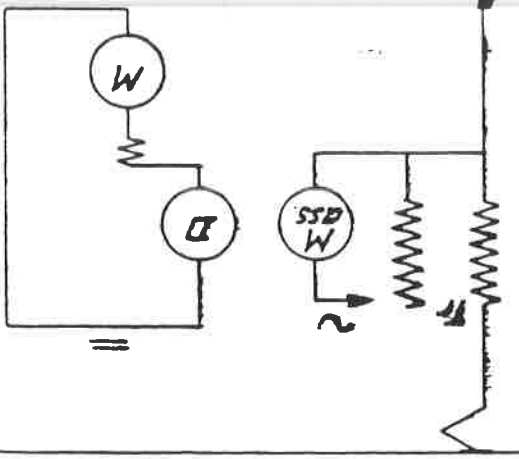
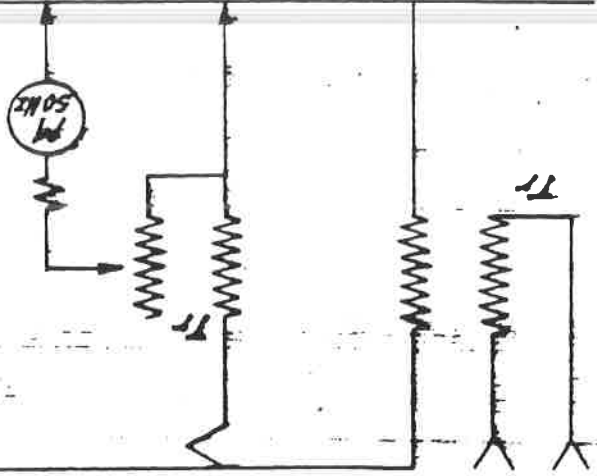
fig. 1.07



25 KV. 50 Hz.

fig. 1.04

fig. 1.05



25 KV. 50 Hz.

25 KV.

SOUS-STATIONS (3 KV).

2.01. Schéma général (fig. 201).

Le courant alternatif triphasé est fourni à très haute tension par les centrales électriques (par ex. à 70 kV).

L'amenée du courant se fait soit par câbles souterrains, soit par lignes aériennes, généralement dédoublés en vue d'accroître la sécurité d'exploitation ainsi que pour permettre l'entretien.

Les sectionneurs A1 et A2 ainsi que S1 et S2 permettent d'utiliser l'un ou l'autre jeu de barres.

La partie courant alternatif comprend ensuite le transformateur, triphasé côté primaire et généralement hexaphasé côté secondaire.

Chacune des phases secondaires est reliée à une anode du redresseur à vapeur de mercure.

Le point neutre du secondaire est connecté au négatif c.à.d. au rail.

Le groupe transfo-redresseur est protégé par un disjoncteur pneumatique DJ.

Il sera donc nécessaire d'avoir dans la sous-station une installation d'air comprimé.

La tension alternative du transformateur est redressée via les anodes du redresseur.

La cathode du redresseur ferme la borne positive du circuit à courant continu.

La partie 3 kv de la sous-station comprend un jeu de 2 barres afin de permettre l'entretien sans interruption de la fourniture de courant.

Côté continu, le groupe est protégé par un disjoncteur ultra-rapide DUR.

Ce disjoncteur polarisé a comme rôle d'empêcher, en cas de retour de courant dans le redresseur, que ce court-circuit soit alimenté par les autres redresseurs connectés en parallèle.

2.

Enfin, nous arrivons aux circuits d'alimentation de la caténaire appelés "Feeders" (F1 et F2 sur la figure).

Ils sont protégés par des disjoncteurs puissants DUR qui sont réglés pour déclencher en cas de surcharge.

2.02. Le DJ.

Comme le disjoncteur pneumatique est également utilisé sur les locomotives polycourant, nous en donnerons une description succincte (fig. 2.02).

L'appareil comprend un contact fixe (76) et mobile (75) enfermés dans une chambre d'extinction.

Lors d'une coupure de courant, l'air comprimé est introduit dans la chambre d'extinction via un isolateur creux (78-79). De ce fait, la tuyère (75) et son piston (74) sont écartés du contact fixe (76) et compriment le ressort (10).

L'arc, qui prend naissance au moment de l'ouverture des contacts, est soufflé violemment par de l'air comprimé à 10 kg/cm².

L'échappement des gaz se fait par les ouvertures (8).

Néanmoins, un faible courant passe encore par la résistance (17) placée en parallèle sur les contacts (75-76).

Le sectionneur (24) est commandé par un servo-moteur pneumatique.

Le réglage est tel que l'ouverture du sectionneur s'effectue juste à l'instant où les contacts principaux sont ouverts.

Ceux-ci se referment immédiatement sous l'influence du ressort (10) après que les gaz se sont échappés.

Sur la fig. 201, nous remarquons encore les mécanismes d'enclenchement (à droite) et de déclenchement (à gauche).

La bobine d'enclenchement (90) commande une soupape qui permet à l'air d'accéder au servo-moteur. Le piston se déplace vers la gauche et ferme le couteau (24).

L'interruption du circuit de la bobine de déclenchement (82) ouvre la soupape de déclenchement ce qui permet l'accès de l'air comprimé sur la grande face du piston différentiel (81).

Celui-ci se déplace vers la gauche et permet l'introduction d'une certaine quantité d'air dans la chambre des contacts principaux afin d'assurer leur ouverture ainsi que l'extinction de l'arc.

2.03. Le transformateur.

Vu que les anodes du redresseur ne laissent passer le courant vers la cathode que lorsqu'elles sont positives par rapport au point neutre, nous aurons un courant continu formé de pulsations.

Avec un secondaire triphasé ordinaire, le ripple serait encore appréciable (fig. 2.03).

Au moyen d'un bobinage spécial du secondaire, l'on peut obtenir un courant hexaphasé lequel, après redressement, présente un ripple de moins de % de la tension nominale (fig. 2.04).

Bobinage en étoile hexaphasé simple. (fig. 2.05).

Cette solution ne donne pas un rapport Puissance redresseur/Puissance transfo favorable.

$$\frac{P_r}{P_{tr}} = 0.65$$

ce qui au point de vue utilisation du cuivre, donc prix de revient est défavorable.

De plus, la chute de tension est de l'ordre de 15 à 20 %.

Le montage hexaphasé en zig-zag (fig. 206).

Se présente un peu plus favorablement au point de vue utilisation du cuivre:

$$\frac{P_r}{P_{tr}} = 0,7$$

et la chute de tension n'est que de 5 à 7 %.

Enfin, c'est la disposition hexaphasée avec bobine d'absorption qui est la plus avantageuse (fig. 207).

Dans ce système, le secondaire forme deux groupes triphasés dont les points neutres sont reliés par une bobine d'absorption.

Le milieu de cette bobine forme le négatif et est relié au rail.

$$\frac{Pr}{Ptr} = 0,8$$

et la chute de tension n'est que de 3,5 à 5 % .

2.04. Redresseur à vapeur de mercure.

Principe.

Considérons un récipient clos (fig. 2.08) dans lequel règne un vide élevé. Ce récipient comporte une électrode A, généralement en graphite et une électrode K en mercure.

Les 2 électrodes sont isolées du récipient. Si on applique une différence de potentiel croissante entre les électrodes A et K, on constate que:

- a) Si l'électrode A est positive par rapport à l'électrode K, il suffira d'une faible différence de potentiel entre A et K pour faire passer, sous forme d'arc un courant important;
- b) Si l'électrode A est négative par rapport à K, il faut toujours une différence de potentiel élevée pour obtenir une décharge.

L'appareil décrit ci-dessus se comporte donc comme une soupape électrique presque parfaite n'opposant au courant, traversant l'appareil de A vers K, qu'une faible résistance alors qu'en sens inverse la résistance est presque infinie.

Ce phénomène peut s'expliquer comme suit:

L'arc auxiliaire entre E et K, appelé arc d'entretien, a pour but, en maintenant un point de la cathode à l'incandescence, (une tache cathodique) d'y créer une source d'électrons.

Les électrons (chargés négativement) émis par la cathode sont soumis au champ électrique existant entre anode et cathode.

De ce fait, si l'anode est négative par rapport à la cathode, les électrons émis par celle-ci sont repoussés par l'anode.

Par contre, si l'anode est positive, les électrons sont attirés vers elle. Si la conductibilité était obtenue par simple émission d'électrons, elle serait très faible et par conséquent, la différence de potentiel anode-cathode devrait être élevée pour réaliser le passage d'un courant important.

Mais si les électrons émis par la cathode viennent en contact avec des atomes neutres de mercure, leur choc produit des ions positifs et libère des électrons. Les ions produits par ce phénomène "d'ionisation" reviennent vers la cathode et leur charge d'espace compense la charge d'espace des électrons se dirigeant vers l'anode.

De ce fait, la conductibilité du milieu augmente considérablement et le transport de l'énergie se fait avec une chute de tension réduite.

Afin d'assurer l'attraction des électrons vers l'anode et le déclenchement du phénomène d'ionisation, cette chute de tension, dénommée chute dans l'arc, ne sera, en général, pas inférieure à une certaine valeur qui se situe, pour les redresseurs à vapeur de mercure industriel entre 15 et 30 volts. En-dessous de cette valeur, l'arc ne s'amorcera pas; si l'arc débite et si la différence de potentiel anode-cathode tombe en dessous de cette valeur, l'arc se désamorcera.

Pourquoi avoir choisi une cathode en mercure ?

Les phénomènes dans la tache cathodique produisent une forte pulvérisation et vaporisation de la cathode.

Ces 2 phénomènes ont pour conséquence une usure de la cathode et le recouvrement des parois de la cuve avec la matière constituant la cathode.

Si celle-ci est un liquide, celui-ci pourra revenir à la cathode au lieu de former sur les parois des dépôts toujours plus épais. La matière constituant la cathode doit être un élément et pas une combinaison chimique qui se décomposerait dans l'arc.

Le mercure est actuellement la seule matière satisfaisant à ces 2 conditions. C'est un élément liquide à la température ordinaire.

De plus, la pression de vapeur de mercure pour les températures normales des parois du redresseur se maintient dans un domaine particulièrement favorable pour l'arc.

Description.

Pour des petites puissances et tensions, la cuve est réalisée en verre.

Pour des puissances de l'ordre de 1500 à 3000 kW la cuve est en acier soudé, entièrement entourée d'un manteau d'eau pour le refroidissement (fig. 209).

Les 6 anodes en graphite se trouvent à la partie supérieure et sont isolées par rapport à la cuve par des isolateurs en porcelaine.

6.

Un capot protecteur évite le court-circuit entre 2 anodes adjacentes.

La cathode est formée par une cuve isolée, remplie de mercure.

Un anneau en porcelaine évite que l'arc se fixe sur la paroi latérale.

Auxiliaires.

- Un dispositif d'allumage est nécessaire pour former un premier arc électrique. Il s'agit d'une électrode mobile commandée par un électro-aimant qui tire un arc au moment où elle est sortie hors du bain après y avoir été plongée.

- Une électrode d'entretien veille à maintenir un certain courant minimum même s'il n'y a pas de débit en ligne.

Un petit transformateur triphasé auxiliaire alimente un circuit à débit constant de façon que les anodes principales puissent débiter dans de bonnes conditions dès qu'il y a consommation en ligne.

- La production du vide.

Un bon vide doit être entretenu en permanence au moyen de 2 pompes en série.

Pour une pression de $0,1 \mu$ de Hg, une seule pompe ne suffit pas.

Cette pression correspond en effet à $1,3 \mu$ de H₂O. (1 mm de mercure correspond à 13 mm d'eau).

En d'autres termes, il s'agit d'entretenir une dépression de un 10 millionième d'atmosphère !

- Le refroidissement s'effectue par une circulation d'eau.

Il faut tenir compte du fait que la cuve se trouve à un potentiel de 3000 V par rapport à la terre.

Une surchauffe des anodes produirait des émissions thermiques pendant la phase négative, ce qui correspondrait à un courant en retour; ce courant en retour serait également alimenté par les autres redresseurs.

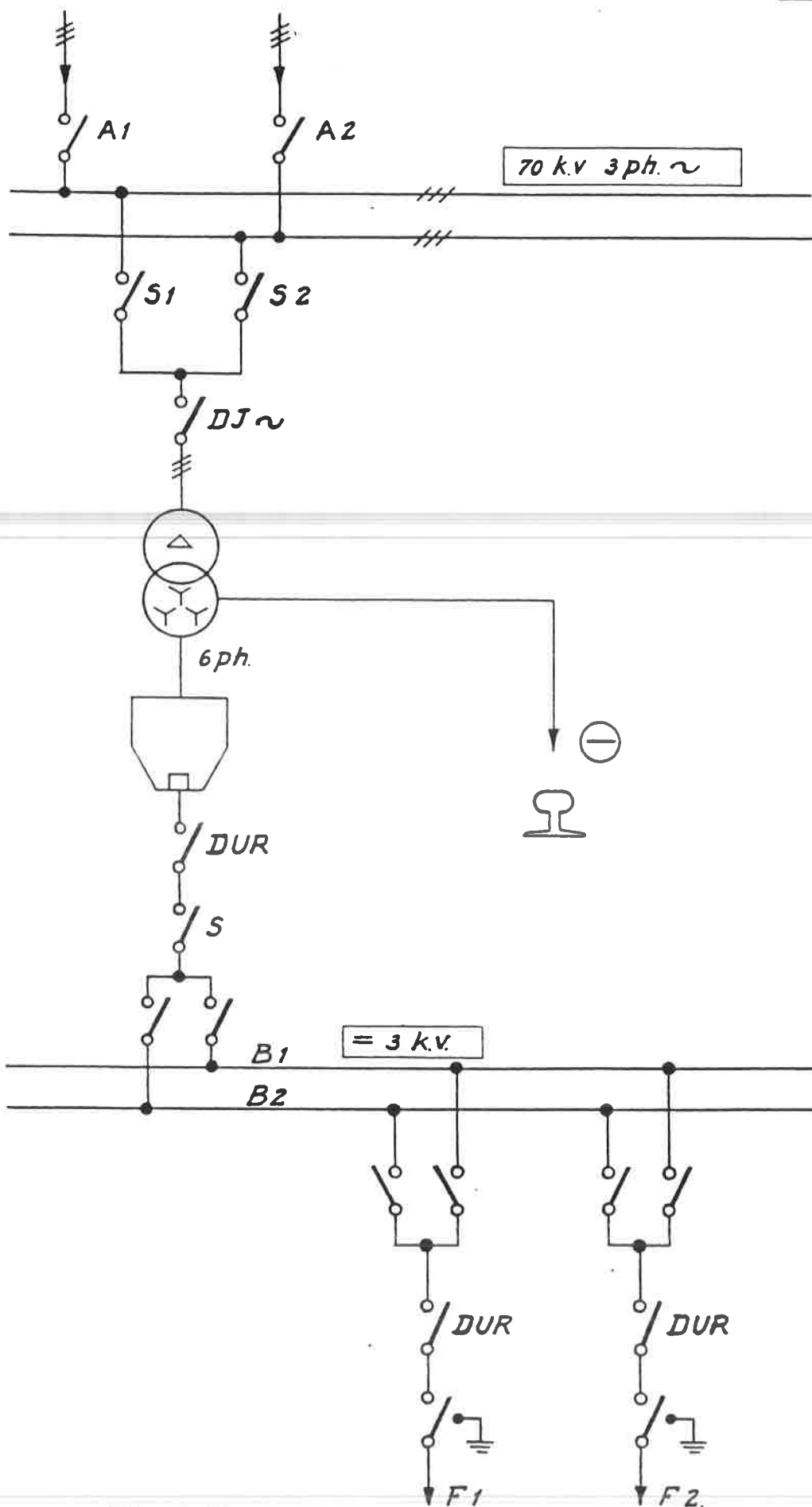


Fig. 2.01.

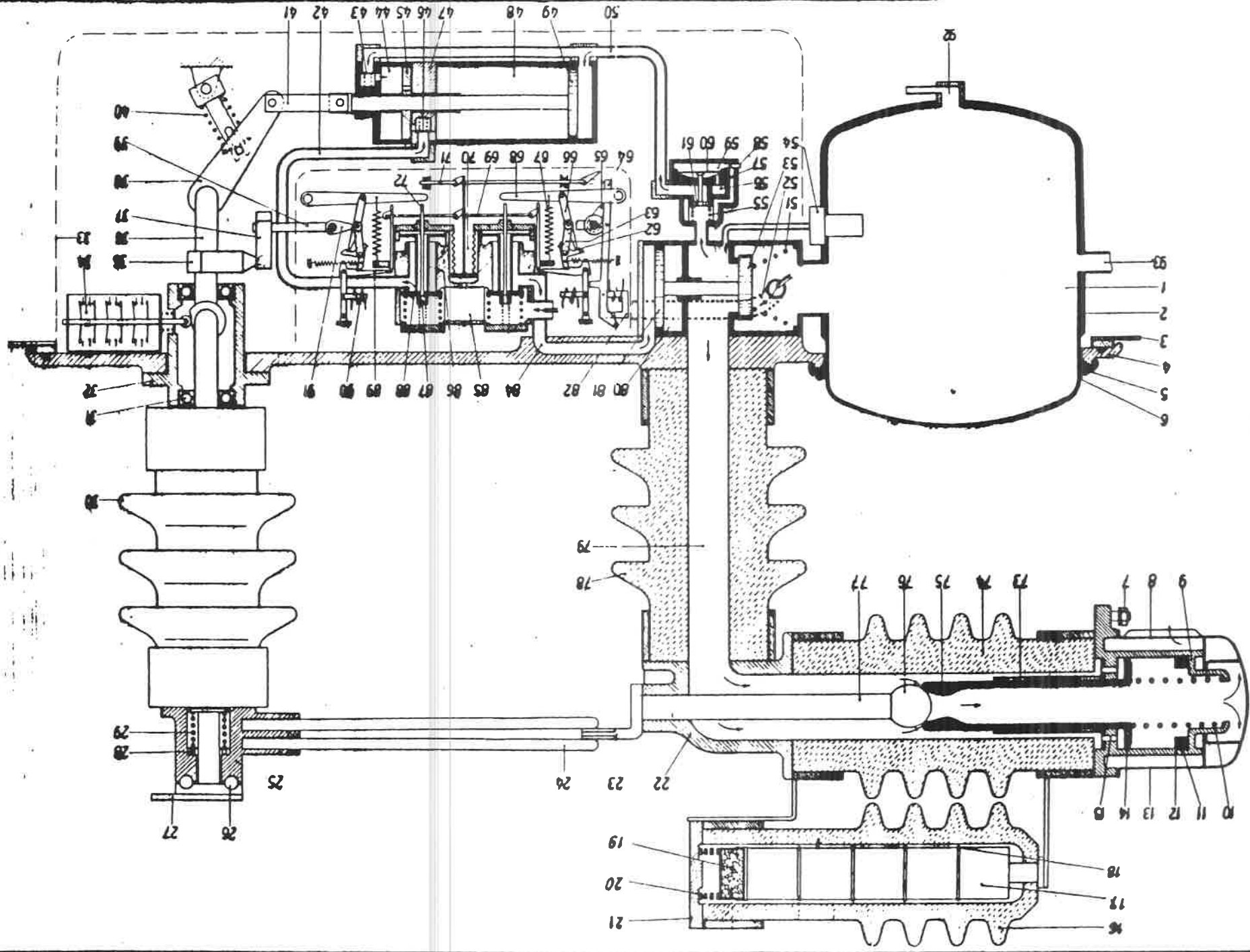


Fig. 2.02.

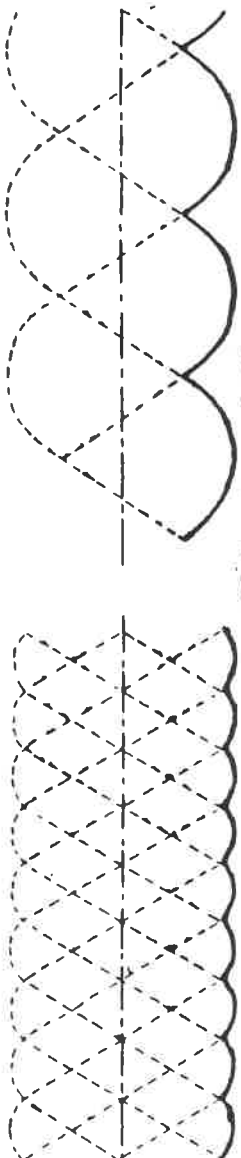


Fig. 2.03

Fig. 2.04

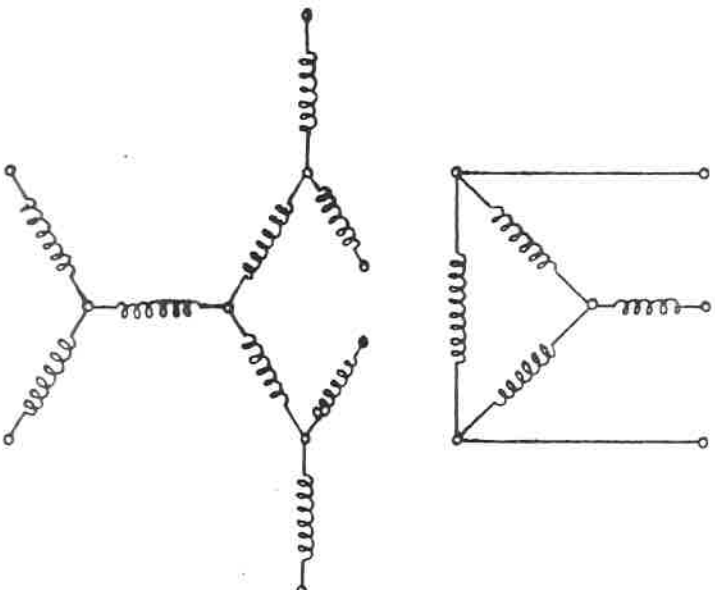
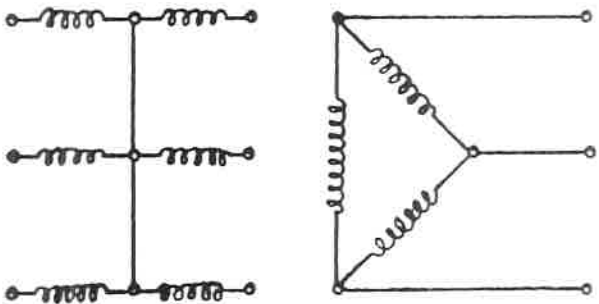


Fig. 2.05

Fig. 2.06

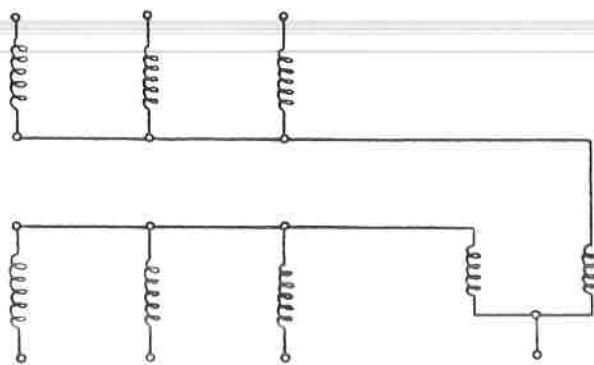
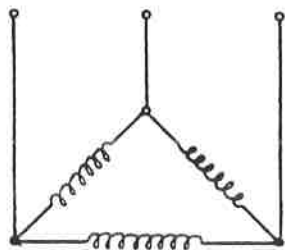


Fig. 2.07

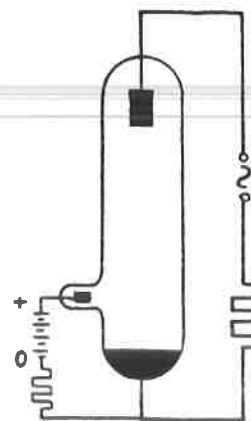


Fig. 2.08.

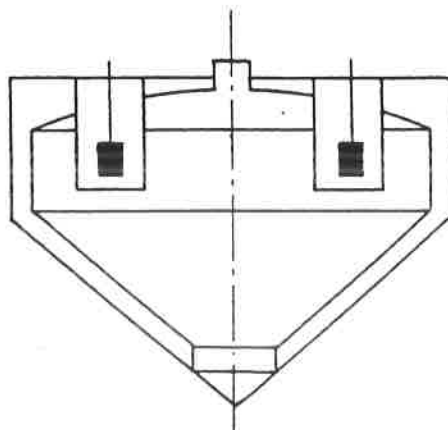


Fig. 2.09

UN PEU D'ELECTRONIQUE-REDRESSEURS SECS.

3.1. Conductibilité.

Les électrons se meuvent sur des orbites autour d'un noyau central.

Pour mémoire : diamètre d'un atome : 10^{-8} cm.
diamètre du noyau : 10^{-12} cm.
masse d'un électron : 1/1800 de la masse du noyau.

On démontre que seules certaines orbites bien définies sont possibles suivant la force de liaison avec le noyau (K, L, M, N etc.).

Le nombre maximum d'électrons possibles sur chaque orbite est également défini: tableau de MENDELEIEFF

Les électrons se trouvant sur les orbites extérieures sont moins liés au noyau et peuvent facilement passer d'un atome à l'autre. On dit qu'ils se trouvent dans la "bande de conduction".

Ces électrons libres se déplacent au hasard dans tous les sens tandis que le canevas de l'atome reste fixe dans la structure cristalline.

Ce n'est que sous l'influence d'un champ électrique que les électrons libres acquièrent une accélération dans une direction bien précise.

Cette accélération est donnée par la formule suivante :

$$a = \frac{F}{m} = \frac{eE}{m}$$

e = la charge d'un électron ($1,610^{-19}$ C)
E = champ électrique en volt/mètre
F = Newton
m = masse d'un électron.

De ce fait la vitesse augmentera jusqu'à ce qu'un équilibre soit atteint.

La collision contre les grilles d'atomes qui constituent la matière provoque en effet une résistance qui s'oppose à une augmentation de la vitesse.

La vitesse d'équilibre dépend évidemment de E

$$v = \mu E$$

μ = coefficient de mobilité

2.

Le cuivre par exemple comporte 10^{22} électrons libres par cm^3 .

Admettons une section de 5 cm^2 et de $v \text{ cm}$ de long.

Nous aurons par seconde : $10^{22} S v$ électrons qui passent dans cette section.

Le courant sera donc :

$$i = S 10^{22} \cdot v = S 10^{22} \cdot E \mu$$

Si nous remplaçons les constantes par Y

$$Y = 10^{22} \mu$$

nous trouvons $\frac{i}{S} = Y E$

c.à.d. la densité de courant est proportionnelle à la tension et à un coefficient que l'on pourrait appeler coefficient de conduction.

C'est l'expression de la loi d'Ohm

en effet $i = \frac{E}{R} = \frac{ES}{L}$

ou E/L représente la tension par unité de longueur et $S = \frac{i}{Y}$.

3.2. Potentiel d'émission.

Pour qu'un électron (libre) quitte son métal, il faut une certaine énergie pour séparer l'électron (néгатif) de son affinité pour les ions (positifs) du métal (ion = atome auquel un électron fait défaut).

Cette énergie d'émission peut s'exprimer en eV

$$1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ JOULE}$$

Elle peut être fournie sous différentes formes :

a) Emission thermique.

Par apport de chaleur, les molécules (par conséquent les atomes et les électrons) possèdent une énergie cinétique telle qu'ils brisent le potentiel superficiel (qui tend à maintenir l'intégrité de la forme) et sont plus ou moins projetés au dehors du métal (émission cathodique). Dans certains cas, on les dirige sur une anode positive (qui les attire).

b) Effet photo-électrique.

Le fait d'appliquer un faisceau lumineux (bombardement de photons) peut également provoquer sur certains métaux une transformation en énergie cinétique.

c) Emission secondaire.

Un bombardement d'électrons rapides peut également libérer d'autres électrons d'une surface par choc élastique.

d) Emission froide.

Dans ce cas, les électrons sont libérés par l'application de champs électriques très puissants.

3.3. Isolant

Contrairement aux conducteurs, les isolants sont constitués d'atomes qui ne possèdent pas d'électrons dans les orbites extérieures (bandes de conduction).

Les bandes de valence par contre sont remplies.
(Les bandes de valence constituent les orbites qui déterminent les qualités chimiques de la matière).

Pour obtenir une certaine conductibilité, on doit fournir une certaine énergie ΔE afin que les électrons ainsi excités viennent se placer momentanément dans une orbite extérieure (bande de conduction).

On peut obtenir ce résultat, soit par application d'un champ électrique soit par augmentation de la température.

Un bon isolant offre une grande résistance à ce phénomène.

3.4. Semi-conducteurs.

Entre le groupe de corps solides "conducteurs" et "isolants", se trouve un groupe appelé semi-conducteurs.

Dans les deux cas, le courant électrique est constitué par un flux d'électrons mais dans un métal, ces électrons se déplacent librement entre les atomes.

Dans un corps tel que C, Si ou Se la tendance à "l'exploitation en communauté" des électrons libres se limite aux atomes adjacents.

Ces éléments se distinguent par le fait qu'ils possèdent tous 4 électrons dans la bande de valence extérieure (alors qu'il y a place pour 8).

Lors de la cristallisation, ces atomes se groupent de telle façon qu'ils essayent d'exploiter en commun 8 électrons avec leurs voisins immédiats.

Dans l'espace, cela forme un tétraèdre. Sur la fig. III 1, on en a fait une représentation plane.

La liaison spéciale de ces électrons fait que ces corps ne sont évidemment pas conducteurs.

On peut les libérer de cette liaison, en dépensant une certaine énergie :

pour C (diamant) :	7 eV
Si (silice) :	1 eV
Ge (germanium) :	0,7 eV.

Pour C, cette valeur est tellement élevée qu'elle ne peut pratiquement jamais être atteinte par élévation de température. Le diamant est donc un bon isolant.

Par contre, les cristaux de Si et Ge peuvent libérer certains électrons lors d'une élévation de température et deviennent donc de plus en plus conducteurs.

La fig. III₂ montre comment la conductibilité augmente en fonction de la température (en réalité, c'est la résistivité qui a été donnée en fonction de $\frac{1}{T}$ ce qui revient au même).

3.5. Semi-conducteur type n.

Dans un cristal de Si ou Ge, on s'arrange pour y introduire lors de la solidification quelques atomes d'arsenic (As) ou de phosphore (P) (1 pour 10^4 ou 10^5).

Ces atomes ont tous un électron de plus dans leur bande de valence que ceux du cristal de base.

Lors de la combinaison des atomes de Si avec un atome d'As par exemple, il reste chaque fois un électron libre.

Nous constituons ainsi un cristal électriquement neutre mais chargé d'électrons libres.

Ces électrons ont évidemment une charge négative d'où l'appellation : "semi-conducteur type n". Placé dans un champ électrique, ce cristal devient donc conducteur.

Les métaux tels que As et P sont appelés métaux "donneurs".

On dit que le silice ou le germanium est "dopé".

3.6. Semi-conducteur type P.

Ce type de semi-conducteur est constitué par un cristal de Si ou Ge avec adjonction de bore, iridium ou aluminium, corps qui contiennent tous un électron de moins que le Si ou le Ge.

Dans ce cas, chaque combinaison de Si avec un atome d'iridium par exemple provoque un "trou" par manque d'un électron.

Le transport des charges électriques, donc le courant électrique est constitué dans ce cas par un déplacement des trous puisqu'un électron voisin peut venir compléter un "trou" en provoquant à son tour, un trou dans le système qu'il vient de quitter.

Nous appelons les matières de dopage tels que iridium etc... des "accepteurs".

3.7. Transport des charges électriques.

Lorsqu'on applique une différence de potentiel sur un semi-conducteur, on provoque un déplacement des électrons libres vers le + (charges négatives) et un déplacement apparent des "trous" (charges positives) vers le (-).

En réalité, il n'y a pas de cristal d'un type P ou n totalement homogène, ce sont les porteurs de charges majoritaires qui déterminent le type du semi-conducteur.

Les transports de charges minoritaires (par ex. les trous dans le cas du semi-conducteur type n) sont provoqués par des agitations thermiques.

REDRESSEURS SECS.

- 3.8. Le phénomène de semi-conduction est connu depuis longtemps. Le passage préférentiel du courant entre un conducteur et un semi-conducteur séparé par une fine pellicule (barrière de potentiel) s'explique du fait qu'un métal (électrons libres) peut céder plus aisément des électrons à un semi-conducteur qu'inversément.

Pour les redresseurs à cristaux de galène utilisés jadis dans les circuits de détection des appareils de radio, la résistance était de l'ordre de 400 Ω dans le sens galène-cuivre et 4000 Ω dans le sens cuivre galène.

- 3.9. Les redresseurs à oxymétal et les cellules au sélénium ont trouvé de nombreuses applications dans les appareils de mesure, chargeurs d'accus, etc.....

La table ci-dessous donne leurs principales caractéristiques.

	Cu O ₂	Se
Intensité admissible	50 mA/cm ²	100 mA/cm ²
Tension inverse	9 V	35 V
Température de travail	50 C	85 C
Rendement	78 %	92 %

Pour des forts courants et tensions élevées, il faudra beaucoup d'éléments en série et en parallèle.

Une telle réalisation n'était donc pas pensable en traction électrique.

C'est grâce à l'invention des cellules redresseuses au silice (Si) et au germanium (Ge) que les redresseurs à vapeur de mercure et les ignitrons seront supplantés progressivement par des redresseurs secs.

En effet, les caractéristiques de ces cellules Si sont si intéressantes que le poids d'un tel redresseur peut être 100 x inférieur à un bloc de cellules CuO₂ ou Ge de même puissance.

Intensité de courant maximum:	100 A/cm ²
Tension inverse:	1000 V
Température de travail:	140° C
Rendement	99,5 %

C.D. 28873.1.1.59(100)

3.10. Jonction P n.

La cellule redresseuse au silice est obtenue par la jonction de 2 cristaux de Si dopés, l'un du type P l'autre du type n (voir fig. 3.4).

Si l'on applique sur une telle cellule une différence de potentiel de façon à avoir l'électrode négative en contact avec p et l'électrode positive côté n, l'on constate que la cellule ne laisse pas passer de courant.

Elle est bloquée.

Ceci s'explique comme suit:

Les charges positives (les trous) de la partie p sont attirées par l'électrode négative.

Les électrons de la partie n n'ont pas tendance non plus à traverser la jonction puisqu'ils sont attirés par l'électrode positive. Il n'y a donc pas de courant.

Invertissons la polarité (fig. 3.5).

Dans ce cas, les électrons de la partie n sont chassés à travers la jonction par la différence de tension et les "trous" traversent également la jonction puisqu'ils sont chassés de l'électrode positive.

Un courant s'établit dans le sens "passant".

Lorsque l'on place une jonction p.n dans un circuit alternatif, l'onde négative est bloquée. De cette façon, l'on obtient une cellule redresseuse ou une diode.

3.11. Caractéristique directe.

La fig. 3.6. montre la chute de tension existante aux bornes d'une diode de Si en fonction du courant (pas à l'échelle).

Pratiquement, l'on peut dire que le courant est très faible tant que la tension aux bornes n'atteint pas 0,7 V.

Au-dessus de cette tension de seuil, le courant croît très fortement jusqu'à sa valeur maximum cependant que la tension n'excèdera pas 1,1 V aux bornes de la diode.

Cette faible chute de tension dans le sens passant est une des causes du rendement élevé de la cellule au silice.

3.12. Caractéristique inverse.

La partie gauche de la fig. 3.6. donne la valeur du courant inverse qui traverse la barrière de potentiel en fonction de la tension inverse appliquée.

Tant que la tension de claquage n'est pas atteinte (1000 V dans le cas de Si) le courant inverse est très faible (mA).

Ce courant est provoqué principalement par les porteurs minoritaires et dépend de la température.

Une fois la barrière de potentiel franchie, se produit l'effet d'avalanche (l'effet Zener).

Le courant inverse croît très vite et peut provoquer la destruction de la cellule.

Certaines diodes spéciales (diodes Zener) ont la propriété de régénérer après un effet d'avalanche dès que la tension descend à une valeur donnée pour autant que la cellule ne soit pas détruite.

3.13. Exécution d'une cellule Si.

La fig. 3.7. montre la coupe d'une diode au Si.

Une base A est pourvue d'ailettes de refroidissement F.

A l'intérieur de la cellule l'on trouve successivement:

G : une pastille de molybdène

E : un cristal de silicium dopé type n

D : une pastille en indium qui forme par diffusion la partie p de la diode.

L'anode est reliée à la pastille D au moyen d'une connexion simple B.

L'ensemble est fermé hermétiquement au moyen d'un ciment C.

La fig. 3.8. représente la photo d'une cellule au silicium.

Un certain nombre de ces cellules placées en série et en parallèle sont montées dans une armoire (fig. 3.9).

3.14. Description d'un groupe de redresseurs secs.

Dans la s/s de Haren un premier groupe de redresseurs Si de 3000 KVA a été mis à l'essai en 1963 (schéma de la fig. 3.10).

Deux jeux de barres triphasés 11 kv peuvent alimenter le groupe via les sectionneurs S1 ou S2.

Le transformateur est du type Δ et est protégé par un disjoncteur DJ.

Les transformateurs de courant placés côté secondaire alimentent les relais de protection contre les surcharges et les court-circuits. Ils servent également pour la cellule de mesure.

Le secondaire du transformateur est relié au redresseur triphasé.

-Chacun des 6 blocs comprend 4 diodes en parallèle et 8 en série (fig. 3.11).

Le redressement des deux alternances donne le même ripple du courant continu qu'un redressement hexaphasé dans un bain de vapeur de mercure.

3.15. Appareils auxiliaires.

a) Ventilation. Les cellules redresseuses sont pourvues d'ailettes de refroidissement réparties de telle façon que l'air des puissants ventilateurs assure un refroidissement uniforme et efficace.

Un défaut éventuel de ventilation doit évidemment provoquer le déclenchement du DJ.

b) Court-circuit externe.

La cellule de S1 se compose d'une mince pastille qui constitue la jonction p-n. Cette pastille ne possède presque pas d'inertie thermique.

Une augmentation subite du courant, lors d'un court-circuit par exemple, ferait monter sa température à 140° C après 0,1 sec. ce qui détruirait la cellule irrémédiablement.

Vu que le DUR ou le DJ ne pourrait couper le courant de court-circuit assez vite pour éviter tout risque d'avarie aux cellules, on a utilisé un remède brutal mais efficace:

Au moyen d'un "court-circuiteur" on provoque un court-circuit instantané côté alternatif.

De ce fait, les cellules sont protégées contre la surintensité pendant que le DJ déclenche.

Le court-circuiteur étant un appareil extrêmement délicat, on a cherché à s'en passer.

Pour des protections spéciales et d'autres moyens, on a réussi dans les nouvelles exécutions à garantir la non-destruction des cellules en cas de surintensité sans court-circuiteur.

c) Court-circuit interne.

Le claquage d'une cellule redresseuse constitue en fait le court-circuitage de celle-ci.

Durant la demi-phase de passage du courant, cela ne présente évidemment pas d'inconvénient. Mais durant la phase de blocage, la tension inverse va se répartir sur les autres cellules placées en série.

Cette élévation de la tension de travail finirait par détruire également les autres cellules.

Pour cette raison, il est fait usage d'un circuit de détection (fig. 3-11) qui relie les points équipotentiels au moyen de transfos.

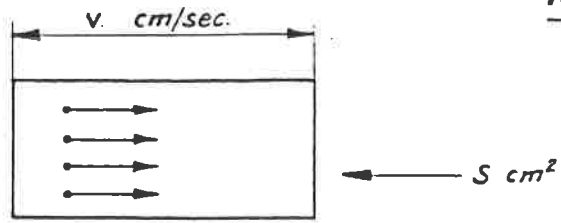
Le moindre déséquilibre dans ce circuit provoque l'excitation d'un relais qui allume une lampe de signalisation.

d) Commutation.

La cellule redresseuse doit couper 50x par sec. un courant important dans un circuit inductif.

On comprend que les surtensions (pointes) survenant à cette occasion soumettent les cellules à lourde épreuve (dynamique).

Pour cette raison, il est prévu en parallèle sur chaque cellule un jeu de résistances et de condensateurs spécialement adaptés.



$$v = \mu E$$

$$i = S 10^{22} e E \mu$$

Fig. 3. 1.

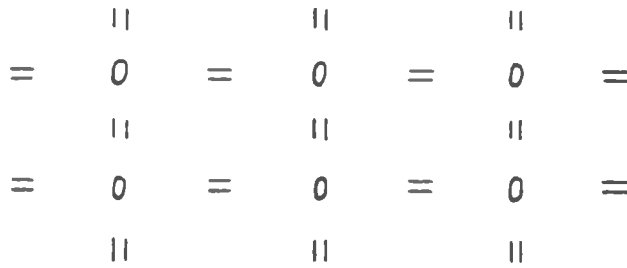


Fig. 3. 2.

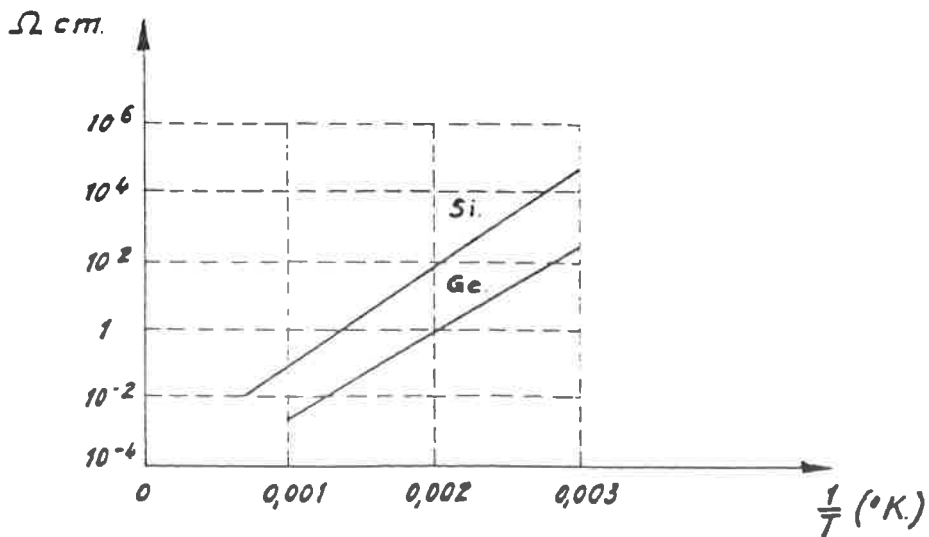


Fig. 3. 3.

C.B. 201711.6.69/1001

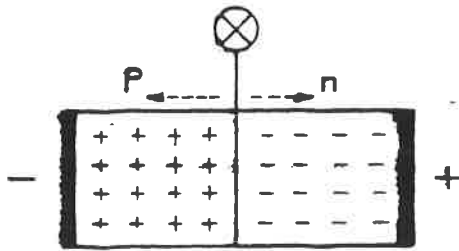


Fig. 3.04

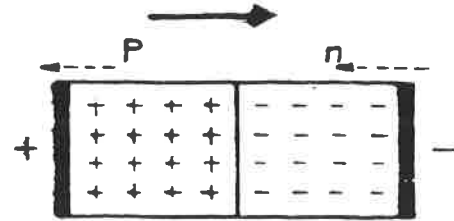


Fig. 3.05

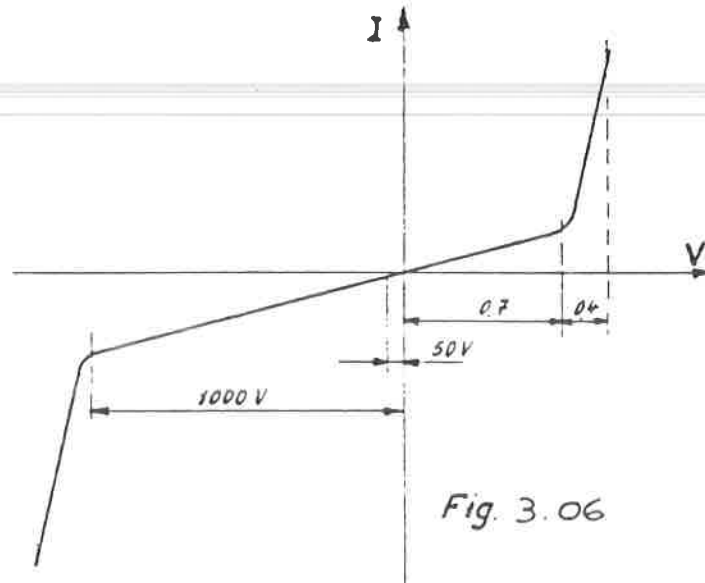


Fig. 3.06

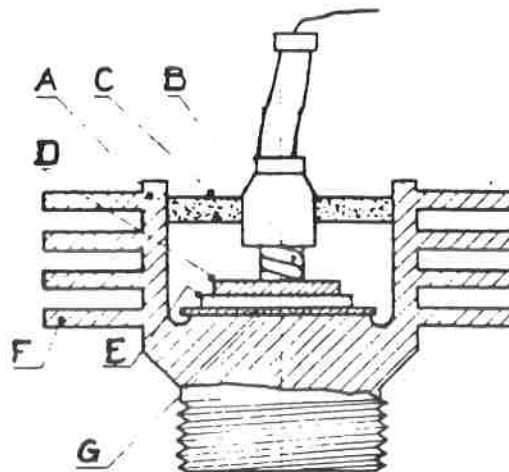


Fig. 3.07

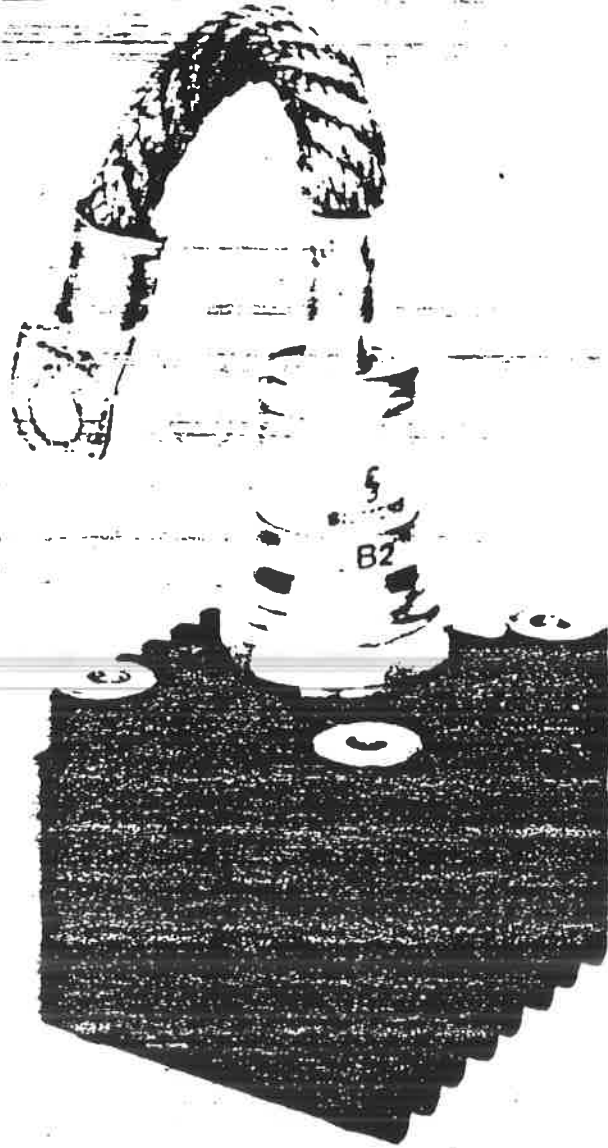


Fig. 3.08

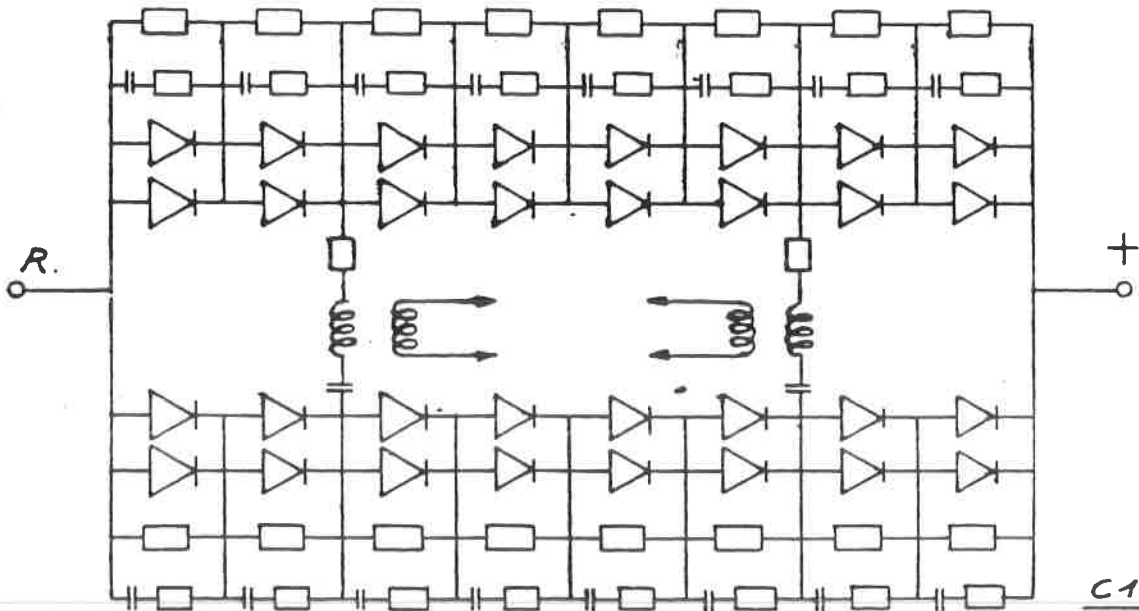


Fig. 3.11

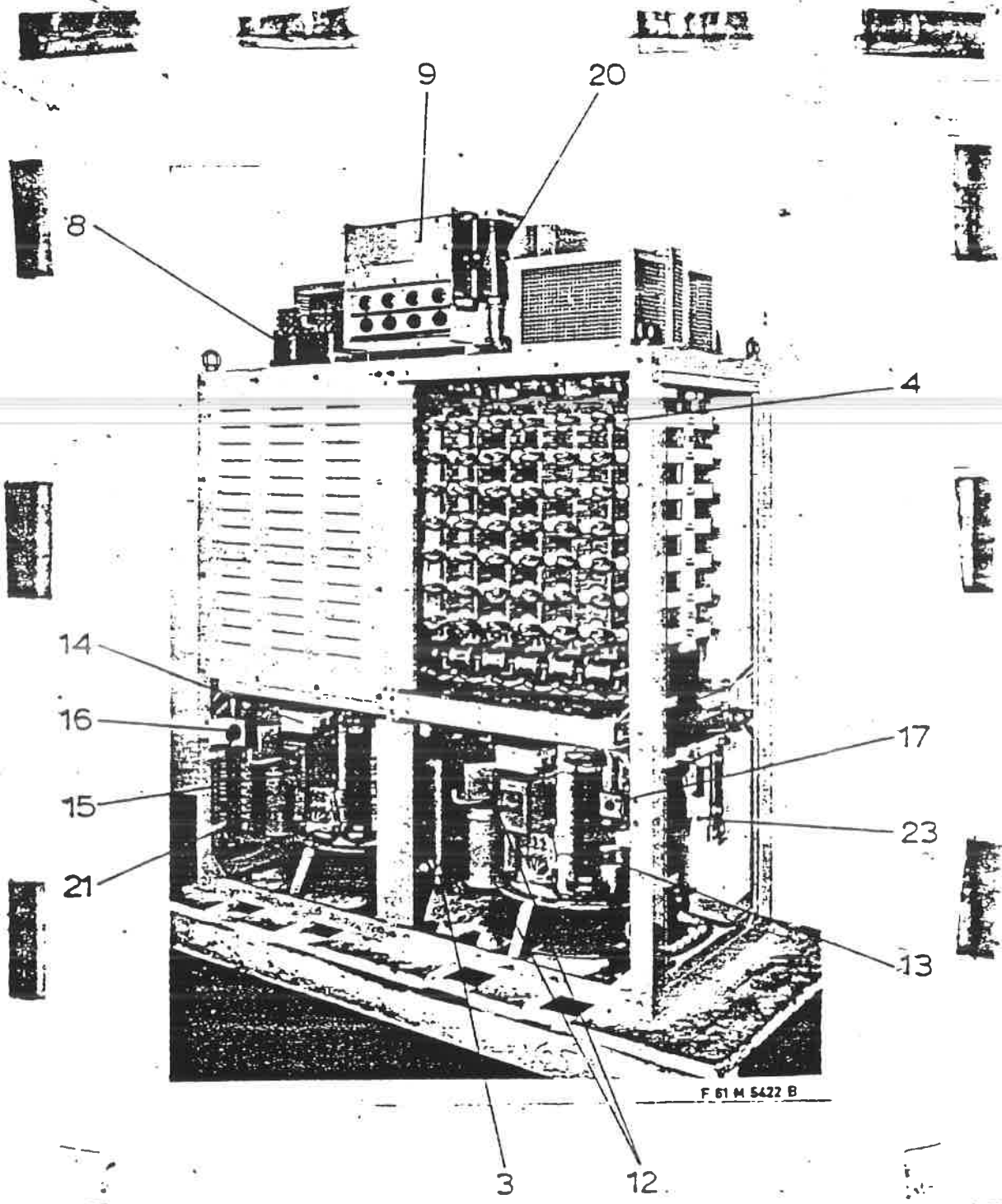
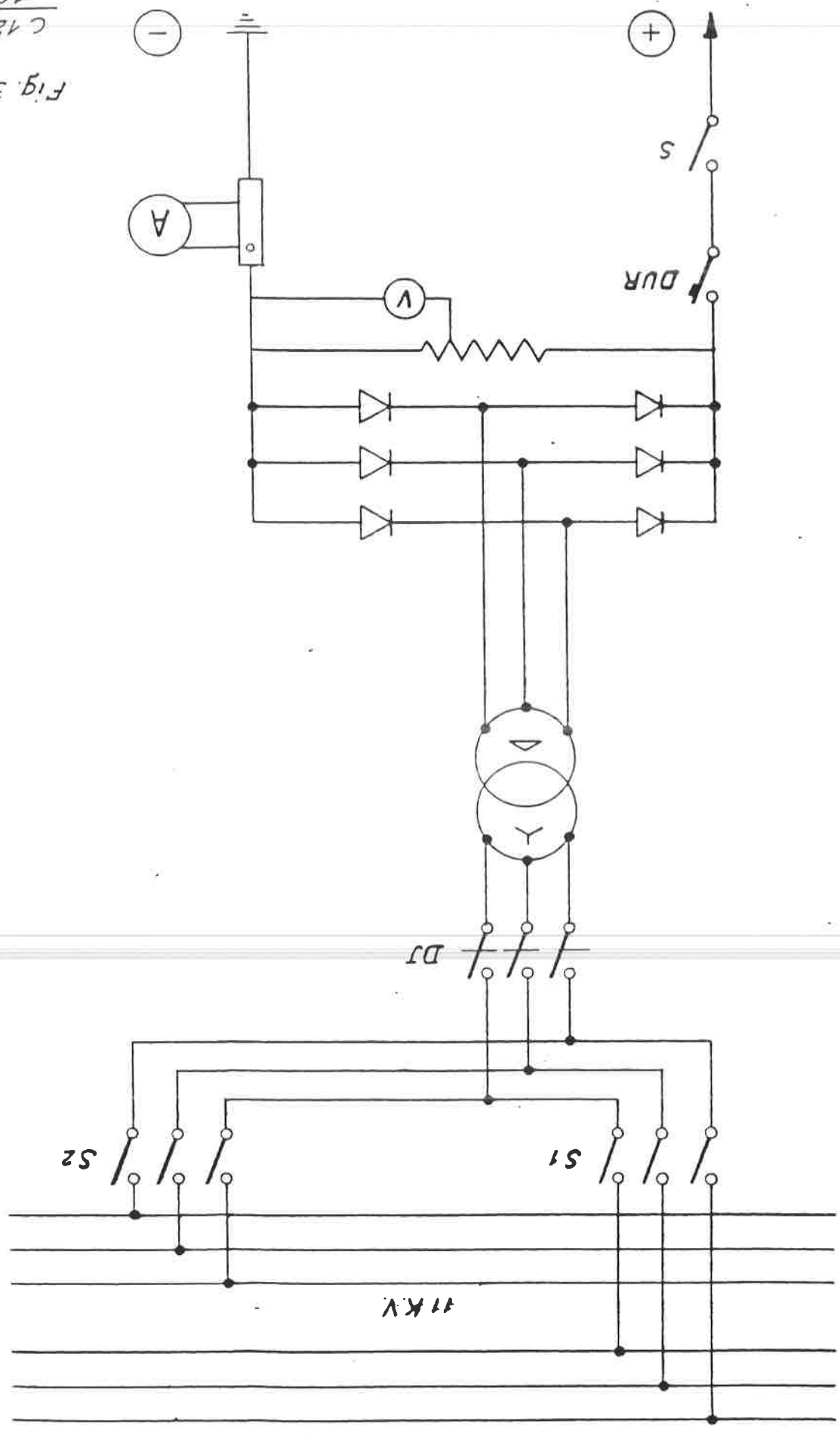


Fig. 3.09

C 1270 | 1968 | 3

Fig. 3.10



L'alimentation en courant continu.4.01. Le disjoncteur ultra-rapide.

Lorsqu'il se produit un retour de courant, le court-circuit doit être interrompu en quelques millièmes de secondes (10 m/sec) afin d'éviter la destruction des anodes.

La coupure d'un courant continu présente plus de difficultés que ce n'est le cas avec un courant alternatif qui passe constamment par zéro.

De plus, un courant de court-circuit croît plus vite en continu qu'en alternatif pour une même impédance.

Afin de réduire le temps de déclenchement au minimum, l'on construira un appareil dont la bobine de déclenchement provoque directement le déclenchement sans intermédiaire de soupapes, pistons, etc... comme cela se fait couramment dans les appareils à courant alternatif.

Description et fonctionnement (fig. 401).

Un contact mobile (2) est tenu ouvert par un ressort (4).

La fermeture s'effectue en 2 temps:

1° sous l'influence d'une bobine d'enclenchement (7), un levier (5) pivotant autour du point (6) appuie le bras du contact mobile (3) contre le circuit magnétique (8).

Les contacts sont à peine distants de quelques millimètres.

Le circuit magnétique est excité par une source de courant continu (110 V) fourni par les services auxiliaires de la sous-station.

2° la bobine d'enclenchement est désexcitée et le levier (5) revient en arrière.

Par l'action du ressort (4), le levier (3) pivote autour du point (0) et provoque la fermeture des contacts.

C'est alors seulement que le DUR est fermé.

Le déclenchement peut s'effectuer de deux façons:

1° Indirectement par interruption de la basse tension (par exemple un contact fin de course d'une porte de cellule HT).

2.

En effet, lorsque le flux disparaît, le ressort (4) arrache avec force l'armature du levier (3) laquelle était collée contre le noyau magnétique. Le DUR est ouvert.

2° Directement par un enroulement haute tension prévu sur le noyau magnétique (9). Normalement, le courant HT agit dans le même sens que le champ produit par la basse tension.

En cas de retour de courant dans un redresseur, ce courant HT détruit le champ magnétique dans la bobine de maintien.

Le DUR s'ouvre instantanément.

L'extinction de l'arc est obtenue par les effets suivants:

- a) un fort soufflage magnétique (bobine de soufflage 11) dirigé vers le haut;
- b) les cornes de soufflage (10) qui provoquent l'allongement de l'arc pendant qu'il "grimpe" vers le haut;
- c) l'ascension naturelle de l'arc par la chaleur produite;
- d) la division de l'arc par les multiples intercalaires en matière ignifuge.

4.02. La protection sélective.

Les feeders.

En vue de la protection sélective, les fils de contact sont divisés en secteurs, chaque secteur est protégé de part et d'autre par un DUR.

L'alimentation d'un secteur se fait par un "feeder" de la sous-station.

Le DUR qui protège ce feeder est du même type que celui qui protège le redresseur mais la polarisation est inversée, c.à.d. qu'il doit déclencher pour un courant maximum dans le sens normal d'alimentation.

Le shunt inductif.

Une autre particularité qui caractérise le DUR d'un feeder est le fait qu'il doit détecter et couper un courant de court-circuit avant même que la valeur de réglage du courant maximum ne soit atteinte.

Cet appareil doit donc faire la distinction entre un accroissement normal de courant provoqué par le démarrage simultané de plusieurs trains et un accroissement brutal provoqué par un court-circuit en ligne ($\frac{di}{dt}$ très grand).

Cela est rendu possible par l'adjonction d'un shunt inductif en parallèle avec la spire HT du circuit de maintien (fig. 4.02).

Le shunt doit avoir une grande impédance et une faible résistance ohmique.

Lors d'un courant normal de déclenchement de 3000 A par exemple, si $\frac{R}{r} = \frac{2}{T}$ nous aurons 2000 A dans le shunt et 1000 A dans la spire de déclenchement.

En cas de court-circuit, la répartition des courants se fera inversement suivant le rapport des impédances.

$$\frac{\sqrt{R^2 + (\omega l)^2}}{\sqrt{r^2 + (\omega L)^2}} = \frac{1}{2}$$

Dans ce cas, le courant n'aurait atteint que la valeur de 1500 A que déjà 1000 A passeraient dans la spire de déclenchement.

Le DUR commencera donc bien plus tôt le mouvement de déclenchement.

A la fig. 4.03 l'on remarquera que le courant de court-circuit qui aurait atteint 3000 A après 20 ms est déjà détecté après 10 ms et coupé après 15 ms.

Sélectivité.

Considérons une ligne double (fig 4.04) alimentée de part et d'autre par une sous-station A et B.

Les 4 secteurs du milieu sont mis en parallèle sur un rail commun dans un poste de "sectionnement" M situé à mi-chemin entre A et B.

Cette mise en parallèle diminue la chute de tension en ligne.

En cas de court-circuit, par exemple dans le secteur IV, il faudra veiller à ce que seuls les disjoncteurs 3 et 6 déclenchent pendant que les trains continuent à être alimentés dans les autres secteurs.

4.

C'est ce qu'on appelle une protection "sélective".

Le court-circuit est alimenté par différentes voies:

- depuis A:

via F4 - secteur III - F5 - F6
via F3

- depuis B:

via F9 - secteur V - F8 - F6
via F10 - secteur VI - F7 - F6

Quels disjoncteurs déclencheront ?

- F3 : parce que la résistance ohmique ainsi que l'impédance sont les plus faibles;
- F6 : parce que la bobine de maintien du DUR dans le poste de sectionnement est alimentée par la tension 3 kV de la ligne.

Sur la fig 4.05 nous voyons que la réduction du flux de maintien par suite de la disparition de la haute tension diminue le temps de déclenchement jusqu'à t_2 pour un courant plus petit I 2.

Par ailleurs, la polarisation jouant son rôle directionnel, seuls déclencheront les feeders parcourus par le courant de court-circuit dans le sens normal d'alimentation.

4.04 Circuits de voie.

Des rails isolés constitueraient un obstacle pour les courants de retour. De plus, les circuits de voie pourraient être détériorés par ces grands courants.

Par l'utilisation de liaisons inductives comme il est représenté à la fig. 4.07, on parvient à séparer les 2 circuits de courant.

Ces enroulements, constitués de gros fil, n'offrent pratiquement pas de résistance pour le courant continu. Par contre, il présente une très grande impédance pour les courants 50 Hz des circuits de voie.

Sur la figure, on a aussi représenté le principe des circuits de voie.

Un relais de sécurité à 2 enroulements A et B ne sera attiré qu'en cas de "voie libre" lorsque chaque enroulement sera alimenté en phase en 50 Hz.

L'alimentation de l'enroulement B sera courtcircuité par la présence d'un véhicule sur le circuit de voie et le relais déclenchera.

L'ondulation du courant continu 3 KV contient différents harmoniques dont celui de 50 Hz.

Normalement, celui-ci s'écoule vers le neutre du transformateur de la sous-station via chaque file de rails.

Un bris de rail en X, par exemple entre l'alimentation et le véhicule, pourrait provoquer l'excitation de l'enroulement.

Afin de prévenir cela, on a déterminé que l'impédance pour le 50 Hz des engins de traction ne peut descendre en dessous de 2 ohms.

Cela signifie que 5 automotrices ou 2 locomotives au maximum peuvent assurer la remorque d'un train.

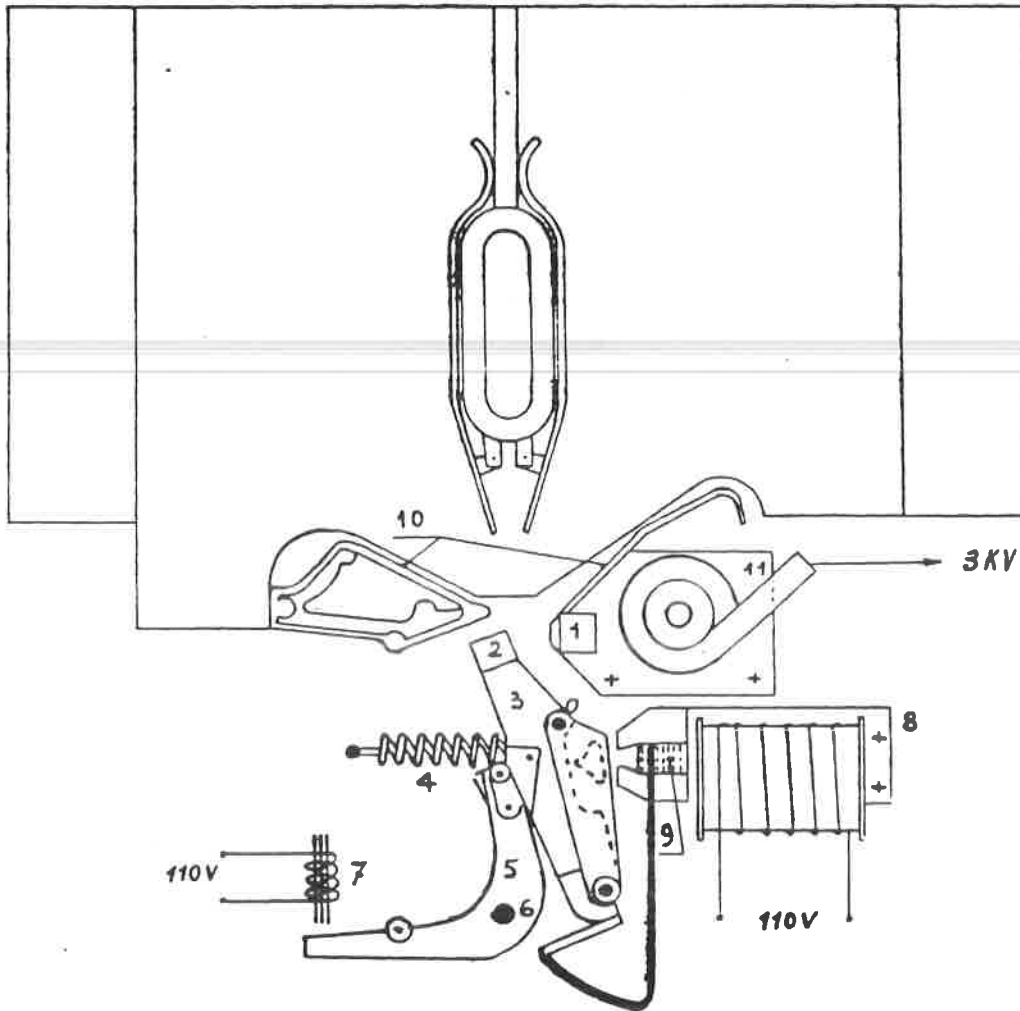


Fig. 4.01.

C1270 | 4
1968 |

Fig. 4.03.

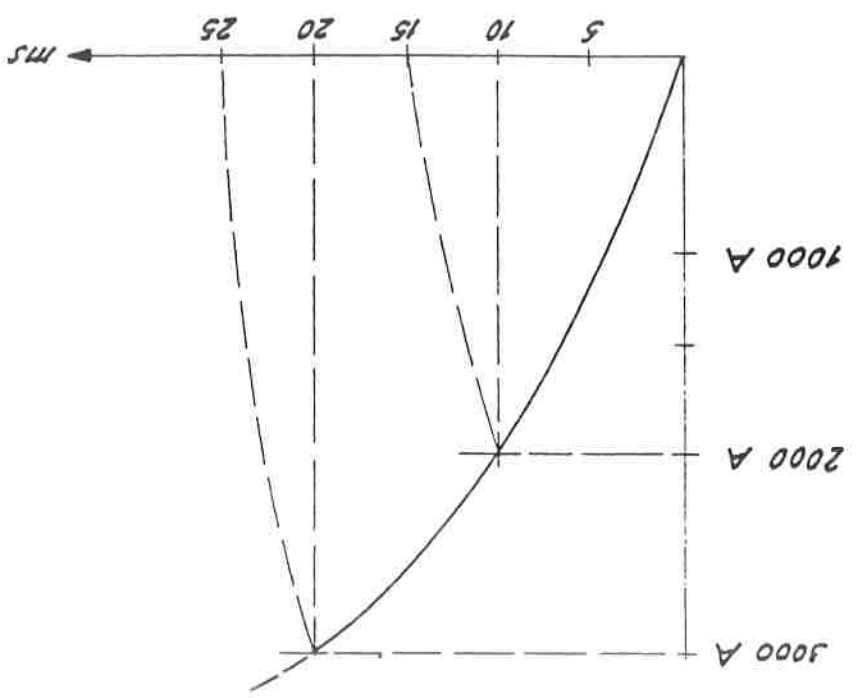
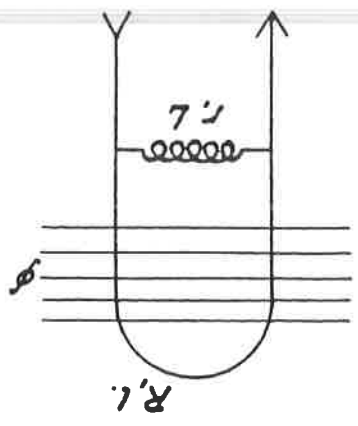


Fig. 4.02.



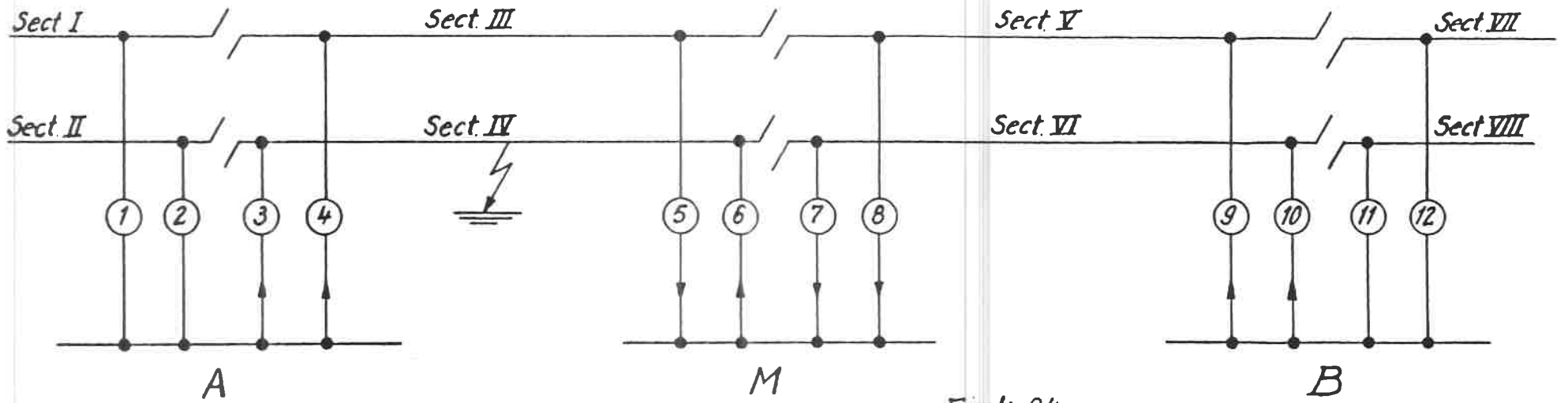


Fig 4 04

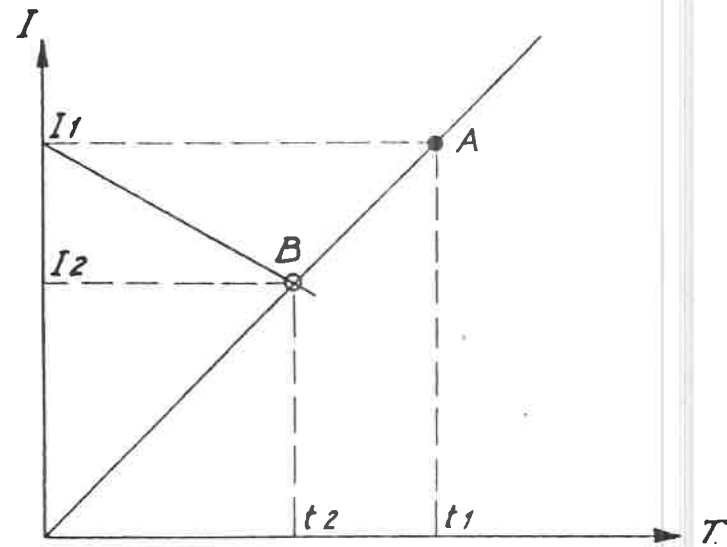


Fig 4.05

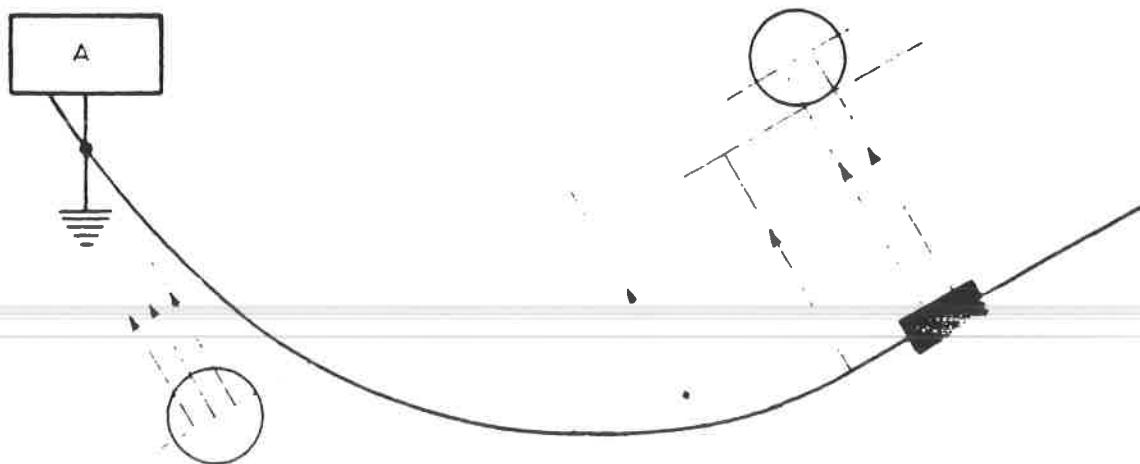


Fig. 4.06

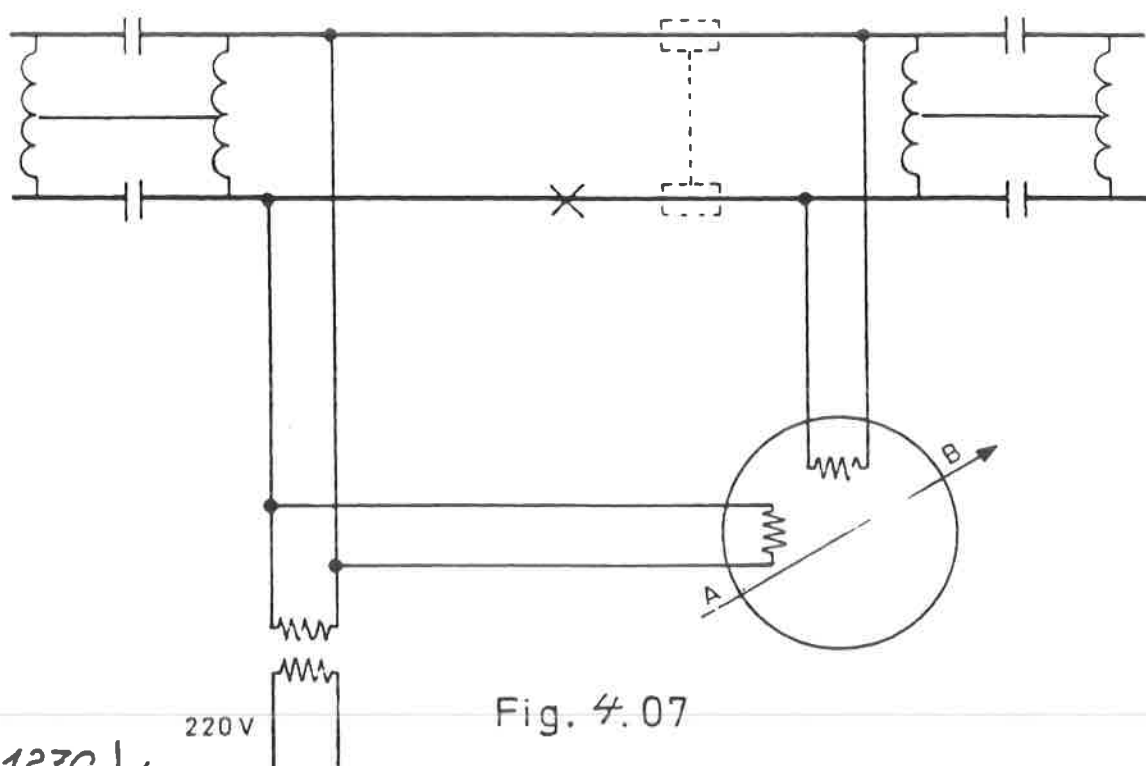


Fig. 4.07

C 1270 | 4
1968

COURS 1270
LA CATENAIRE.

5.01 Problèmes de tension.

Dans le cadre de l'ORE il est admis que pour une tension nominale de 3 kV, celle-ci peut varier entre 3600 V (+ 20 %) et 2700 V (-10 %).

La raison de la limitation vers le haut n'est pas uniquement le danger de claquage des isolants mais est surtout une question de puissance dissipée des appareils de consommation.

Cette puissance augmente avec le carré de la tension ce qui met entre autres les résistances de chauffage à rude épreuve.

La valeur minimum doit être garantie si l'on veut pouvoir suivre l'horaire.

Prenons comme exemple une voie unique avec une charge maximum de 1000 A (démarrage de 4 automotrices) située à 20 km de la sous-station.

Une section de cuivre de 360 mm² donne comme résistance ohmique:

$$R = \frac{\rho L}{S}$$

$$R = \frac{0,017 \cdot 20000}{360} = 1 \Omega$$

Dans ce cas nous aurons en bout de ligne, lors du démarrage, une chute de tension:

$$\Delta V = RI = 1 \times 1000 = 1000 \text{ V}$$

On serait déjà en dessous des normes admises puisque au droit de la sous-station l'on ne peut dépasser la tension de 3600.

Il ne resterait plus que 2600 V au démarrage.

Le calcul se complique naturellement si l'on considère une ligne à double voie (circuit parallèle) avec un certain nombre de trains répartis entre 2 deux sous-stations.

2.

Lorsque la charge augmente, un autre problème vient se greffer sur celui de la chute de tension en ligne: il s'agit de la détection des courts-circuits.

Le courant de court-circuit devient du même ordre de grandeur que le courant de pointe lors du démarrage simultané de plusieurs trains. Seule la détection de la vitesse d'accroissement: $\frac{di}{dt}$ peut distinguer un court-circuit d'une pointe de courant.

5.02. Problèmes de captation.

Le fil de contact doit permettre de capter des courants importants sans formation d'arc ni échauffement.

C'est surtout à l'arrêt ou à vitesse réduite qu'un arc entre le frotteur et le fil de contact peut être fatal pour ce dernier.

Considérons un courant de 300 A avec une tension de l'arc de 100 V par exemple; une puissance de 30 kw est dissipée sous forme de chaleur sur une surface très réduite (1 x 3 cm).

Lorsque la vitesse est plus élevée, l'énergie produite se répartit sur une plus grande longueur du fil de contact et il n'y a pas de danger de fusion immédiate.

Lorsque ce phénomène se répète en un même point "dur" de la caténaire, les multiples incrustations de la surface de contact finiront par provoquer une usure prématurée nécessitant son remplacement.

Pour que le contact entre frotteur de pantographe et fil de contact soit permanent en toutes circonstances, les conditions suivantes sont nécessaires:

1° Conserver une surface de contact propre et unie.

Le fil de contact doit être comme poli par le frotteur.

Pour cette raison, de nombreux pays ont adopté le frotteur en carbone. C'est le cas de la Belgique.

2° Une pression suffisante doit être maintenue entre le fil de contact et le frotteur.

Cette condition est d'autant plus difficile à remplir que la vitesse augmente.

Un fil de contact simple suspendu horizontalement présente une flèche naturelle y au milieu de la portée. (fig 5.01)

Si le fil de contact est lourd et la pression de contact faible, le pantographe s'abaissera de la valeur y entre les portées.

Si, par contre, le fil de contact est léger et la pression de contact très forte, c'est le fil qui sera soulevé au milieu de la portée.

Une pression de contact trop élevée provoquerait cependant une usure exagérée.

5.03. La suspension trolley (tramways).

Pour les faibles vitesses (jusqu'à 40 km/h), la suspension trolley peut satisfaire sans inconvénient.

On l'applique dans les gares de formation et faisceaux de garage. Elle est constituée par un fil de contact qui est fixé à un fil transversal au droit des supports (fig. 5.02).

Le fil de contact (fig. 5.03) est profilé de façon à permettre sa fixation sans danger d'accrocher le frotteur.

Section: 100 mm²

Matière: cuivre électrolytique.

5.04. Caténaire simple.

Pour des vitesses plus élevées, la flèche doit être réduite entre 2 portées, afin d'éviter le décollement du pantographe qui, par suite de son inertie ne pourrait plus suivre les variations de niveau du fil de contact.

Donc celui-ci doit être tendu aussi horizontalement que possible.

On appliquera une suspension caténaire (fig. 5.04).

Celle-ci se compose d'un câble porteur (a) qui est suspendu aux points d'appuis avec des isolateurs (b).

Un ou deux fils de contact (c) sont suspendus au porteur au moyen de pendules (d) de longueurs différentes afin d'obtenir que le fil de contact soit plus ou moins horizontal.

Le fil de contact est fourni en longueur de 1500 m. Il est tendu à chaque extrémité par un appareil tendeur avec une force de 1000 kg (par fil).

Le câble porteur est en bronze, section: 94 mm².

Sous l'influence des variations de la température, le câble porteur qui lui n'est pas tendu, variera en hauteur entre deux portées. De ce fait, le fil de contact descendra encore un peu, par temps chaud et se relèvera par temps froid.

4.

La caténaire simple ne convient donc pas pour les grandes vitesses (max. 60 km/h).

5.05. Caténaire compound (fig. 5.05).

Pour adopter la caténaire aux grandes vitesses, il faut maintenir le fil de contact le plus horizontalement possible et éviter la possibilité de "points durs". Une solution acceptable pour ce problème est la caténaire compound.

Celle-ci comporte:

- le câble porteur principal^(a) en bronze section 94 mm²;
- un câble porteur auxiliaire^(b) en cuivre cadmié de 104 mm² de section suspendu tous les 7 m au moyen de pendules^(h) de longueurs inégales.

Celui-ci est donc tendu plus ou moins horizontalement.

Il est néanmoins encore influencé par les variations de la température.

Les 2 fils de contact^(c), en cuivre électrolytique (section 100 mm² chacun) sont suspendus au moyen de cavaliers^(d) d'une longueur égale à 20 cm, et ce, tous les 3,5 m.

La section totale est donc: $94 + 104 + 2 \times 100 = 398 \text{ mm}^2$.

Vu que la conductibilité du porteur principal n'est que de 70 % et celle du porteur auxiliaire de 90 % de celle du cuivre électrolytique, l'on tient compte dans les calculs avec une section équivalente de:

$$94 \times 0,7 + 104 \times 0,9 + 2 \times 100 = 360 \text{ mm}^2$$

de cuivre.

Normalement, les fils de contact ne peuvent comprendre des manchons de connexion vu que ceux-ci forment un point dur.

Dans le milieu de la longueur de 1500 m, le fil de contact est ancré, et à chaque extrémité, il est tendu avec une force de 1000 kg.

De cette façon, il reste pour ainsi dire horizontal malgré les variations de température.

5.06. Poteaux et portiques.

Sur les lignes à voie unique l'on prévoit des poteaux avec consoles (fig. 5.06).

Le poteau est réalisé en général avec un profil Grey mais l'on a utilisé également des poteaux en treillis, voire même en béton armé.

Lors de la première électrification (l. 25), ce système - poteaux avec console - fut également utilisé pour la double voie dans le but d'augmenter la sécurité d'exploitation (fig.5.07).

Lorsqu'il y a manque de place pour les fondations, l'on est obligé de prévoir des consoles doubles (fig.5.08).

Les fondations de ces poteaux sont évidemment beaucoup plus importantes.

Lors de l'extension de l'électrification, il fut adopté un portique standard, composé de 2 poteaux légers réunis à leur extrémité par un autre profil (fig.5.09).

Le réglage de la caténaire, ou plutôt, du fil de contact, s'effectue par le porteur auxiliaire qui est fixé à un câble transversal.

La distance entre poteaux est de 63 m. Elle a été établie en tenant compte des déplacements latéraux de la caténaire sous l'influence d'un vent latéral.

Cette distance doit être de toute façon un multiple de 7 m.

Dans les courbes, le fil de contact forme un polygone, la distance entre poteaux doit être réduite afin de limiter les désaxements du fil de contact.

5.07. Désaxement du fil de contact.

En ligne droite le fil de contact non tendu en zig-zag de façon à obtenir une usure régulière des frotteurs de pantographe.

Ce résultat est obtenu par fixation latérale au moyen de biellettes isolées.

Ces "anti-balançants" sont fixés d'une part au poteau et d'autre part, au fil de contact (caténaire simple) ou au porteur auxiliaire (caténaire compound).

Le désaxement est de 20 cm de part et d'autre de l'axe de la voie. On l'établit comme représenté à la fig.5.10, soit: -20, -10, 0, +10, +20, +10, 0, -10, etc....

Dans les courbes, le désaxement est fonction de la distance entre poteaux, dans ce cas, la valeur maximum de 20 cm n'est pas atteinte pour tenir compte avec les oscillations latérales des pantographes, plus importantes qu'en ligne droite (fig.5.11).

6.

5.08. Variations de niveau.

La hauteur du fil de contact par rapport au niveau de la voie varie de 5,8 m dans les tunnels à 5,5 m en pleine voie. Dans certaines gares, elle atteint exceptionnellement 6 m.

Comme la hauteur du pantographe en position abaissée est de 4,4 m, il reste donc au moins 0,4 m (fig.5.12).

Cette valeur n'est pas exagérée vu qu'il faut tenir compte avec des affaissements accidentels possibles, du fil de contact, des changements de niveau de la voie (travaux), etc... ainsi que les oscillations possibles à grande vitesse.

Les changements de niveau doivent être progressifs dans les deux sens, afin d'éviter des décollements de pantographe et la formation d'arc.

On admet qu'une inclinaison ne peut dépasser 6‰.

Le raccordement d'un tronçon horizontal avec un tronçon en pente ne peut se faire à angle vif, théoriquement il faudrait un raccord parabolique. L'on se contente d'une liaison avec un tronçon de 3‰ de différence d'inclinaison entre deux portées (fig.5.13.).

5.09 Appareils tendeurs.

Pour une variation de température de -20°C à $+40^{\circ}\text{C}$ et une longueur de fil de 1500 m, la différence de longueur ΔL est de :

$$\Delta L = \alpha \cdot \Delta t \times L$$

ou $\alpha = 0,017 \text{ mm par m et } ^{\circ}\text{C}$

$$\Delta t = 20^{\circ} + 40^{\circ} = 60^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta L = 0,017 \times 60 \times 1500 = 1,53 \text{ m.}$$

A chaque extrémité, le fil de contact va donc se déplacer d'une valeur de 40 cm de part et d'autre de sa position moyenne.

Afin de bien tendre le fil de contact, l'on utilise un appareil tendeur à contrepoids (fig. 5.14).

A chaque extrémité, les fils de contact sont isolés et fixés chacun à un câble souple qui s'enroule sur un tambour de rayon r .

Les tambours sont fixés sur un axe qui porte également une poulie plus grande de rayon R , 5 x plus grand que r .

Sur la poulie, est fixé un câble qui porte des contrepoids en fonte, de 400 kg. La traction sur les fils de contact est donc de $400 \times 5 = 2000 \text{ kg}$

soit 1000 kg par fil.

Comme le déplacement de l'extrémité du fil de contact est de 80 cm environ, la course maximum du contrepoids sera de 4 m environ.

5.10 Sectionnements.

Comme le fil de contact est livré en longueurs de 1500 m et qu'il ne peut y avoir de manchons de raccordement à cause de "points durs" à éviter, l'on est obligé de faire correspondre la fin d'un fil de contact - qui aboutit à un appareil tendeur - avec le début d'une nouvelle longueur, qui commence également avec un appareil tendeur (fig. 5.15):

On garde une zone commune sur environ une partie dans laquelle les 2 fils de contact (ou les deux paires de fils) sont au même niveau à une distance d'environ 40 cm l'un de l'autre.

Il s'agit donc d'un sectionnement mécanique puisque ni le porteur principal, ni le porteur auxiliaire ne sont interrompus.

Nous avons vu que pour des raisons de sélectivité, et aussi pour permettre d'isoler un secteur, certains sectionnements seront aussi électriques.

Dans ce cas, l'on trouvera également des isolateurs dans le porteur principal et dans le porteur auxiliaire.

Ceux-ci se trouvent également écartés de 40 cm dans la zone commune. Jusqu'au bout de cette zone, la caténaire est normale, une fois dépassée cette zone, le fil de contact est soulevé progressivement après quoi il oblique vers le poteau muni de l'équipement tendeur.

Un tel sectionnement à lames d'air est très coûteux et encombrant; il s'étend en effet sur 4 parties soit environ 250 m

C'est cependant le seul dispositif qui permet le franchissement à grande vitesse sans formation d'arcs.

Remarquons que deux secteurs normalement isolés peuvent se trouver à des potentiels différents et que leur mise en parallèle par le frotteur du pantographe peut donner naissance à de très forts courants.

Il sera donc interdit en principe de s'arrêter sous un sectionnement avec pantos levés, sans que l'on ait préalablement fermé les sectionneurs de pontage.

Le passage du courant d'un fil de contact à l'autre via le frotteur du pantographe à l'arrêt provoquerait la fusion du fil.

Même en circulant à faible vitesse, le risque persiste de tirer un arc qui se maintiendrait entre les 2 caténaires.

5.11 "Schablitz".

A cause de son encombrement, le sectionnement à lames d'air ne peut être utilisé dans les raccordements, dans les voies de garage, etc... où certains secteurs sont pourtant plus exposés à des avaries et doivent pouvoir être isolés.

La fig. 5.16 représente un isolateur Schablitz.

Il comporte en principe :

- 2 isolateurs I1 et I2;
- 2 pièces d'ancrage S pour le fil de contact;
- 2 patins de contact P isolés et raccordés à leur secteur respectif.

Comme l'on peut déduire de la figure, l'isolateur inférieur I1 est soumis à traction tandis que I2 est soumis à compression.

Les pièces d'ancrage sont suspendues au porteur principal qui est également muni d'un isolateur.

Ces isolateurs constituent nécessairement des "points durs" dans la ligne qui provoquent des décollements de pantographe ainsi que des arcs.

Pour ces raisons, ils ne pourront être franchis à vitesse élevée (40 ou 60 km/h maximum).

5.12 Isolateurs de sectionnement type "B".

Dans le but d'éviter les inconvénients relatifs aux isolateurs Schablitz, la S.N.C.B. a mis au point un isolateur de sectionnement type "B". Cet appareil est représenté à la fig. 5.17.

Il se compose d'une barre isolante (b) ainsi que d'une pièce de frottement (p) insérée dans le fil de contact au moyen de goussets (e).

L'ensemble est suspendu au porteur principal au moyen d'un isolateur en porcelaine d'une part et d'un pendule ordinaire d'autre part.

Le montage d'un tel dispositif dans une caténaire simple à double fil de contact nécessite deux appareils. (fig. 5.18).

Ce système permet d'éviter les points durs dans la ligne, du fait que la pièce isolante est légèrement relevée par rapport à l'autre fil de contact.

De cette façon, le pantographe frotte principalement sur un seul fil dans cette courte zone, qui peut être parcourue à grande vitesse sans formation d'arcs nuisibles.

5.13 Caténaire 25 kV.

La caténaire 25 kV est naturellement beaucoup plus légère : voir fig. 5.19.

En pleine voie, l'on peut adapter la caténaire simple à un seul fil de contact (section équivalente : 147 mm²).

L'on a évité de placer les isolateurs au-dessus de la voie pour éviter les amorces d'arc sous l'influence de la traction vapeur.

La console consiste en un triangle formé par deux barres rondes.

Vu que le porteur principal est également tendu au moyen d'appareils tendeurs, les isolateurs des consoles sont montés sur charnières.

Pour des vitesses élevées, l'on utilise la suspension γ (fig. 5.20).

Ce système permet d'éviter les points durs aux consoles.

5.14 Barres commutables.

Nos grandes lignes internationales aboutissent toutes, à la frontière, sur un réseau à tension différente de 3 kV.

a) 1,5 kV - Pays-Bas.

Ici le problème n'est pas fort grave pour notre matériel de traction : il a été convenu de garder les 3 kV jusqu'à l'entrée de Roosendaal.

Les quelques centaines de mètres à parcourir en 1,5 kV n'occasionnent pratiquement pas de perte de temps.

Le démarrage se fait en série parallèle au lieu d'en série comme cela se pratique en 3 kV.

La séparation entre la caténaire 3 kV et celle de 1,5 kV se fait en pleine ligne au moyen d'un "sas" (écluse) constitué par un tronçon d'environ 20 m sans caténaire que l'on franchit à pleine vitesse avec pantographes abaissés (fig. 5.21).

Pour les trains qui vont au-delà de Roosendaal, l'on est obligé d'utiliser du matériel bi-courant. (automotrices Benelux et locomotives polycourant).

Lorsque le matériel de traction 3 kV est appelé à rester un certain temps en gare de Roosendaal sur 1,5 kV, il se pose néanmoins quelques problèmes :

- 1° Le relais de tension nulle doit être court-circuité (une série de locomotives type 122.200 a été équipée d'un relais spécial);
- 2° Les auxiliaires tournent lentement avec comme conséquences : risque de manque d'air comprimé et danger de décharger la batterie, surtout avec des automotrices lorsque l'éclairage est en service;
- 3° Le chauffage électrique est inefficace à 1,5 kV.

b) 25 kV - France.

Vu la rampe à l'entrée de Quévy, le risque était grand de prévoir également un "sas" en pleine ligne.

Pour permettre le passage des locomotives avec pantographes le plus longtemps possible relevés, une courte zone neutre a été prévue entre les 25 kV et les 3 kV.

Celle-ci n'est pas reliée à la terre, mais dans cette zone il faudra changer de pantographe (pour cause de gabarit).

Les trains qui s'arrêtent à Quévy seront reçus en voies latérales appelées "voies commutables".

Là, une locomotive monocourant 3 kV pourra être remplacée par une 25 kV ou vice versa.

L'on procède de la façon suivante (fig. 5.22).

Lorsque le train s'arrête à quai, la locomotive 3 kV est décrochée et envoyée dans un cul-de-sac 3 kV. A ce moment, la tension est changée en 25 kV et une locomotive monocourant 25 kV (S.N.C.F.) vient du cul-de-sac 25 kV et se place contre le train. Le train continue vers Paris.

On comprend qu'un grand nombre de protections sont nécessaires pour éviter qu'une tension contraire soit appliquée.

Un cerveau électronique contrôle l'ordre chronologique des opérations précitées.

c) Clés de commutation.

Lorsque, exceptionnellement une locomotive polycourant doit venir à quai à Quévy, le processus normal de commutation est interrompu. Afin de simuler le parcours des locomotives monocourant de et vers leur cul-de-sac respectif, l'on place une clé spéciale de la locomotive dans une armoire de commutation qui se trouve à quai.

Cette clé ne peut être enlevée de la locomotive que si les pantographes sont abaissés.

Ce n'est que lorsque la tension 3 kV par exemple est coupée et que le 25 kV est enclenché que la clé est libérée dans l'armoire et que le signal de départ peut être mis au passage.

d) 15 kV - Aix.

Ici il n'y a pas de passage direct. Tous les trains font arrêt à Aix, aussi bien ceux remorqués par locomotive polycourant que les 3 kV.

Pour les trains remorqués par locomotives monocourant, un système de commutation dans le genre de celui de Quévy a été prévu.

Pour les locomotives polycourant, une armoire de commutation a également été prévue et la demande de changement de tension se fait donc également avec pantographes abaissés.

Le fait qu'il n'est pas possible de passer de 15 kV à 3 kV et vice versa sans manoeuvrer l'armoire de commutation protège également les locomotives 3 kV se trouvant en gare contre une application intempestive des 15 kV.

De plus, il est nécessaire que les pantographes des locomotives polycourant soient abaissés au moment de la commutation car les sectionneurs qui exécutent la manoeuvre en sous-station doivent être manoeuvrés sans courant.

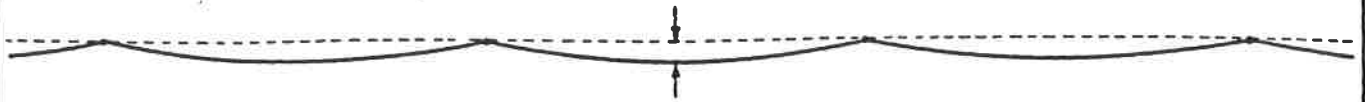


fig 5.01

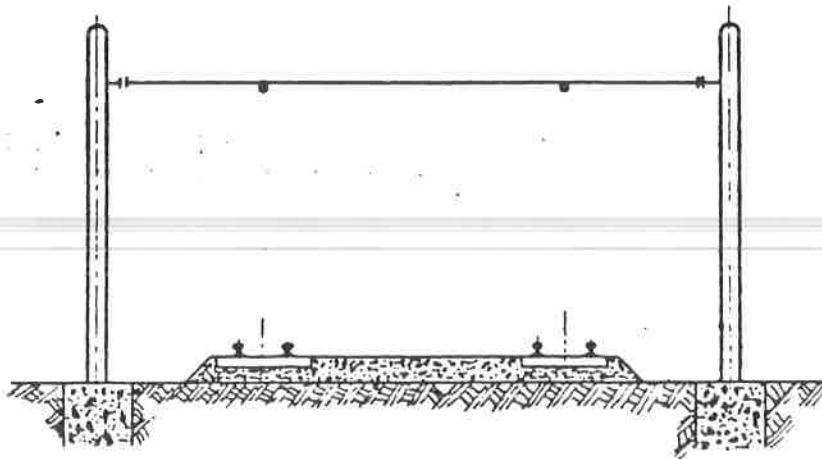


fig 5.02

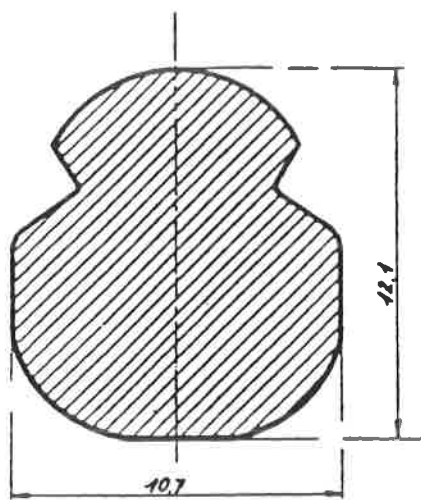


fig 5.03

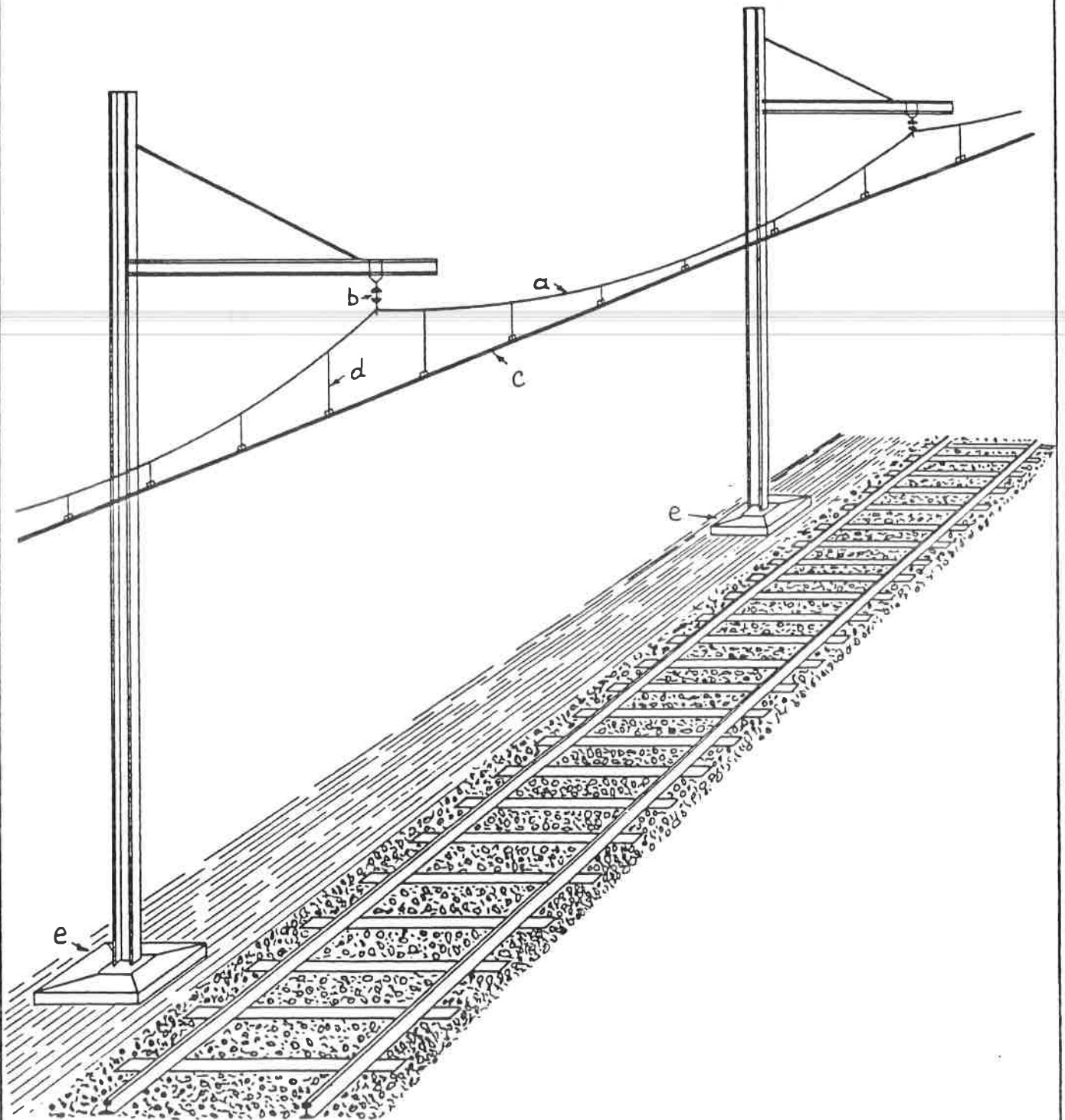


fig 5.04

C 1270 | 5
1968

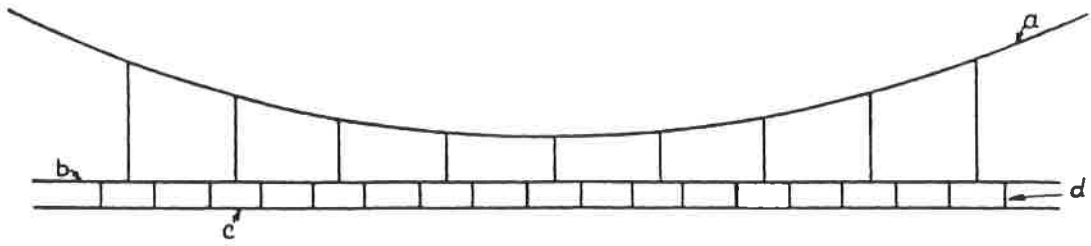


fig 5.05

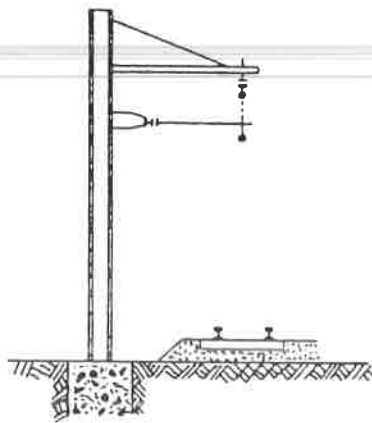


fig 5.06

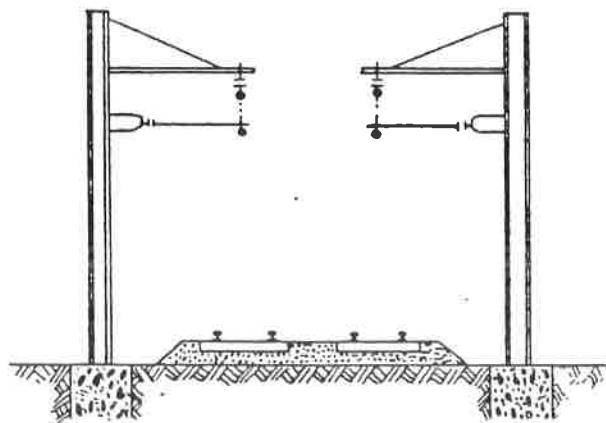


fig 5.07

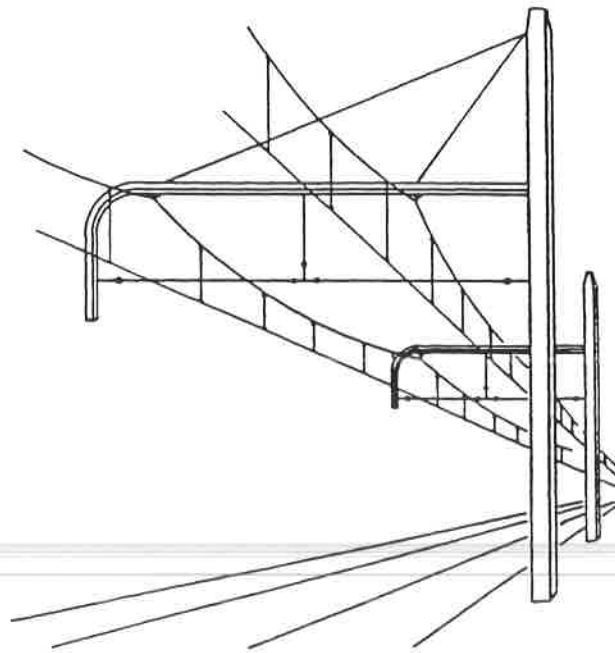


fig 5.08

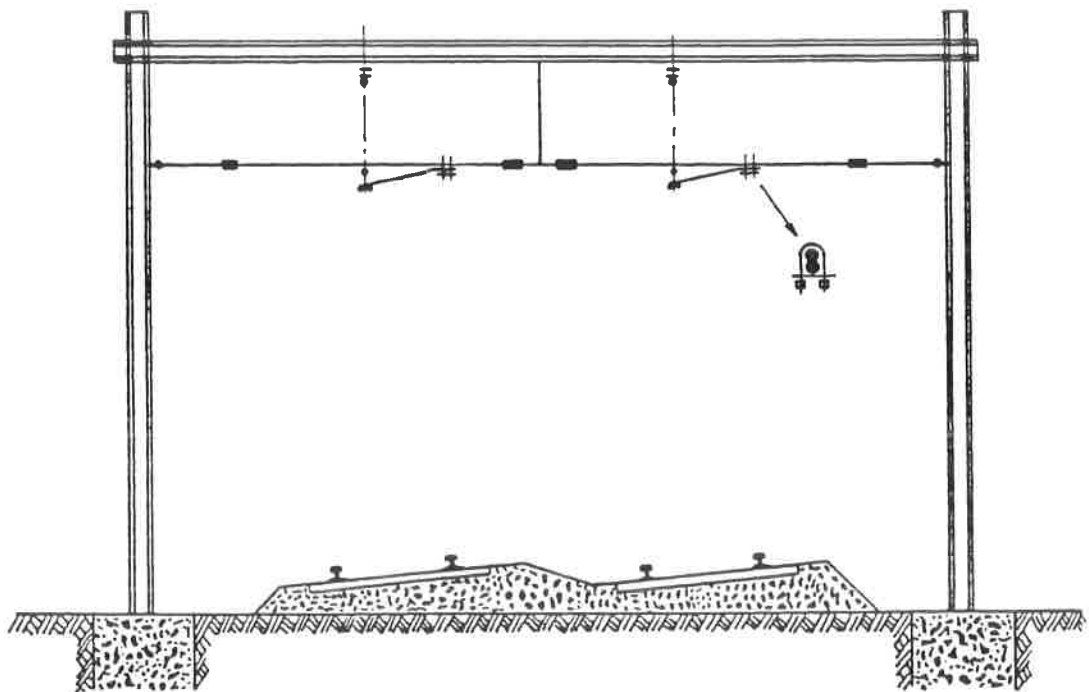


fig 5.09

C 1270 | 5
1968

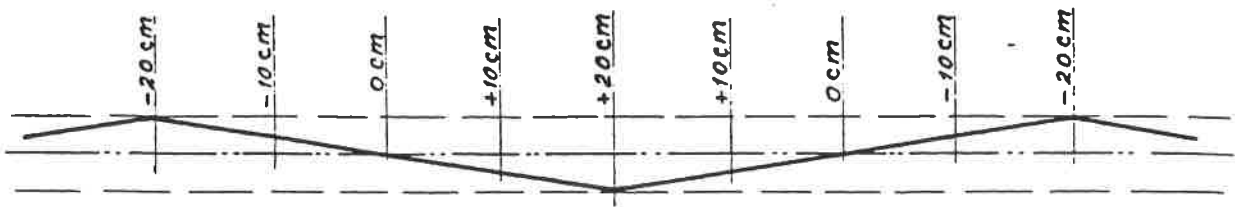


fig 5.10

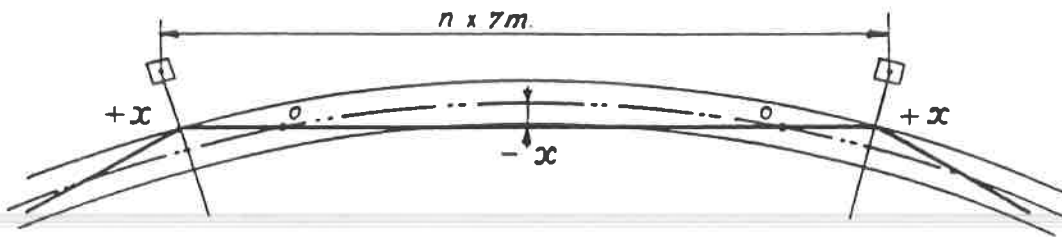


fig 5.11

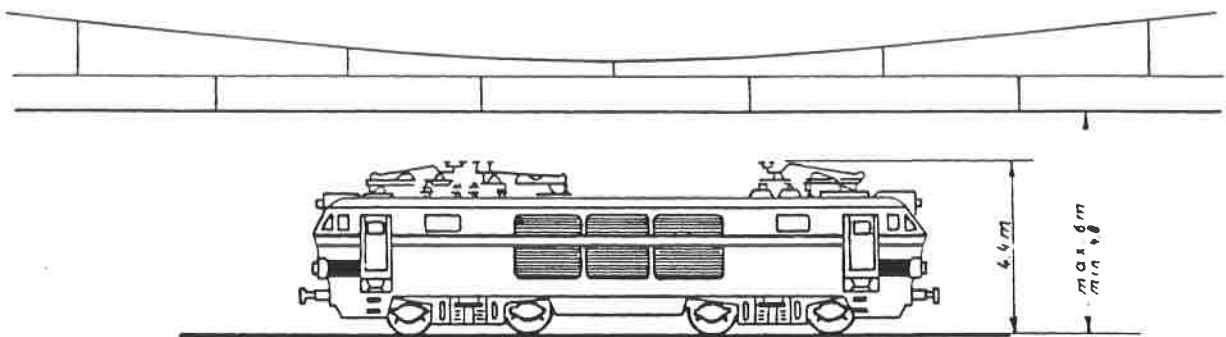


fig 5.12

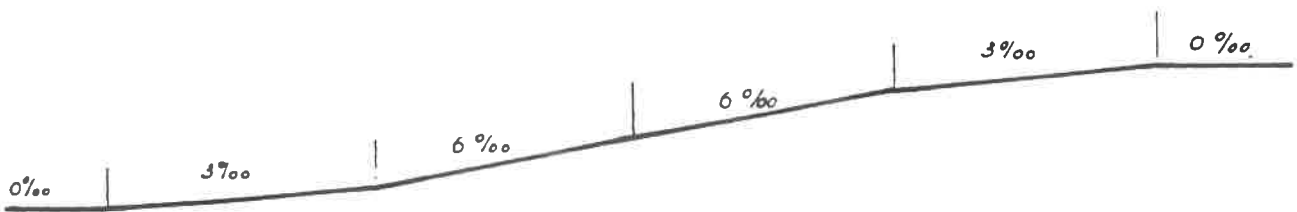
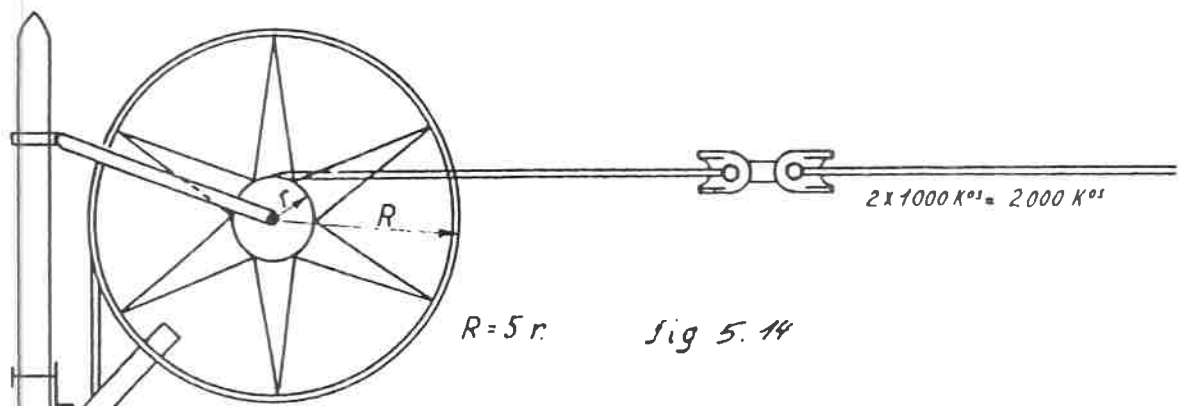
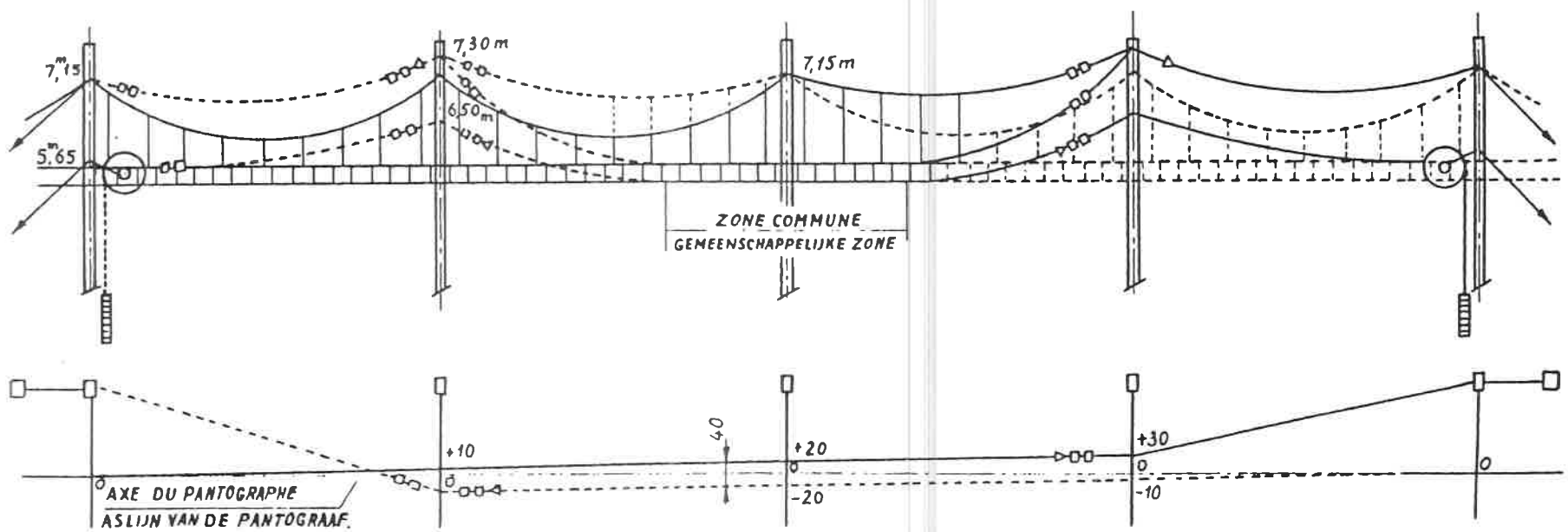


fig 5.13

C 1270
1968
5



$R = 5r$ sig 5.14



sig 5.15

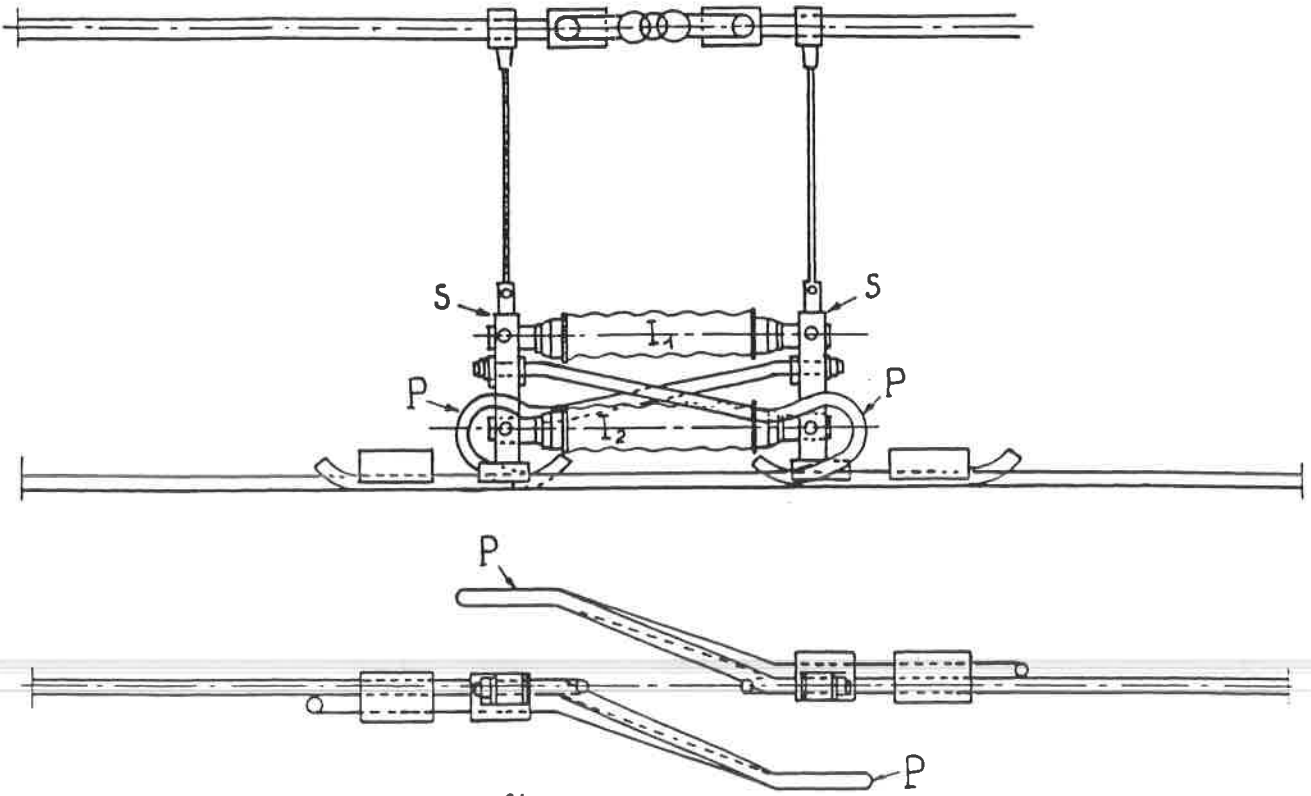


fig 5.16

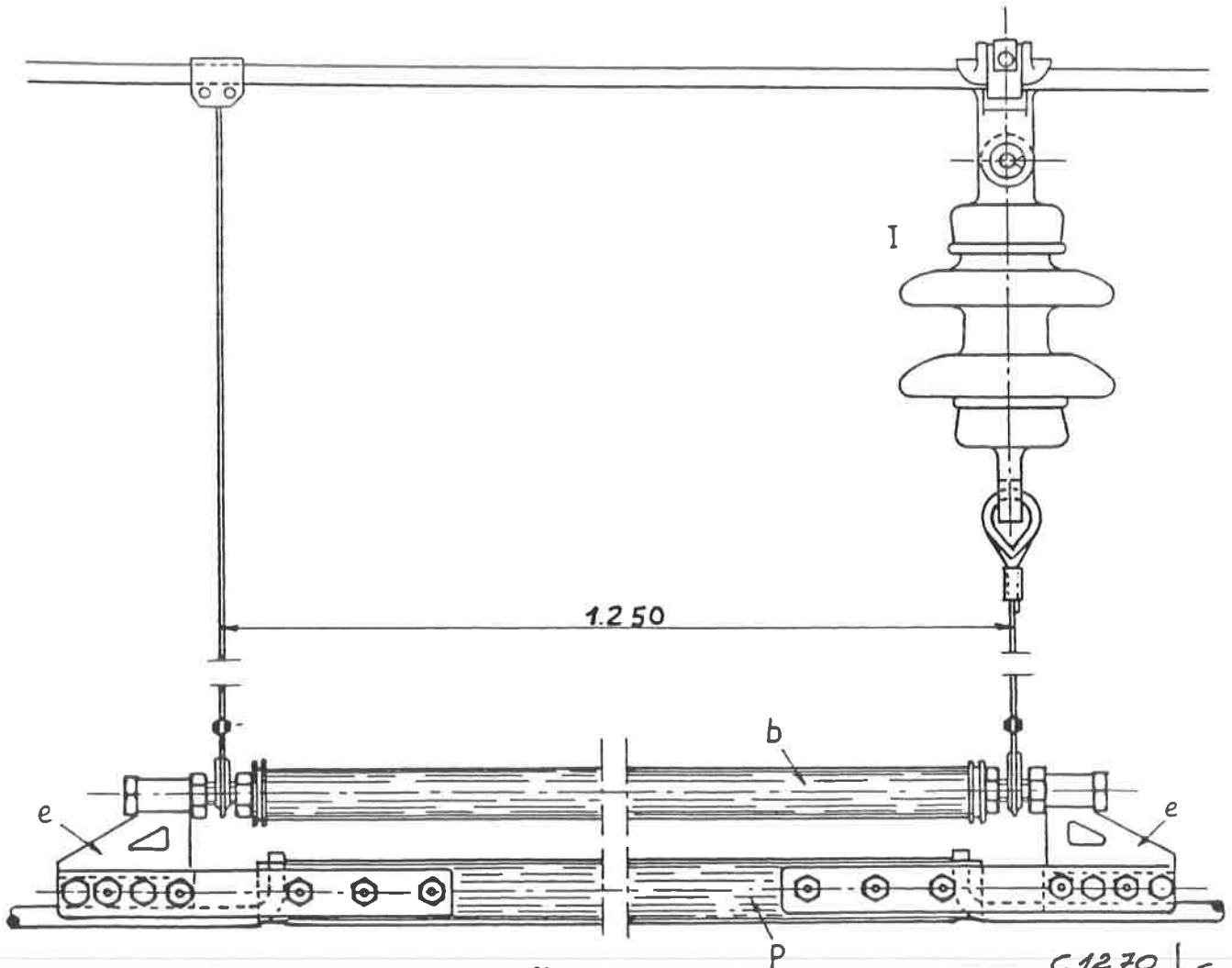
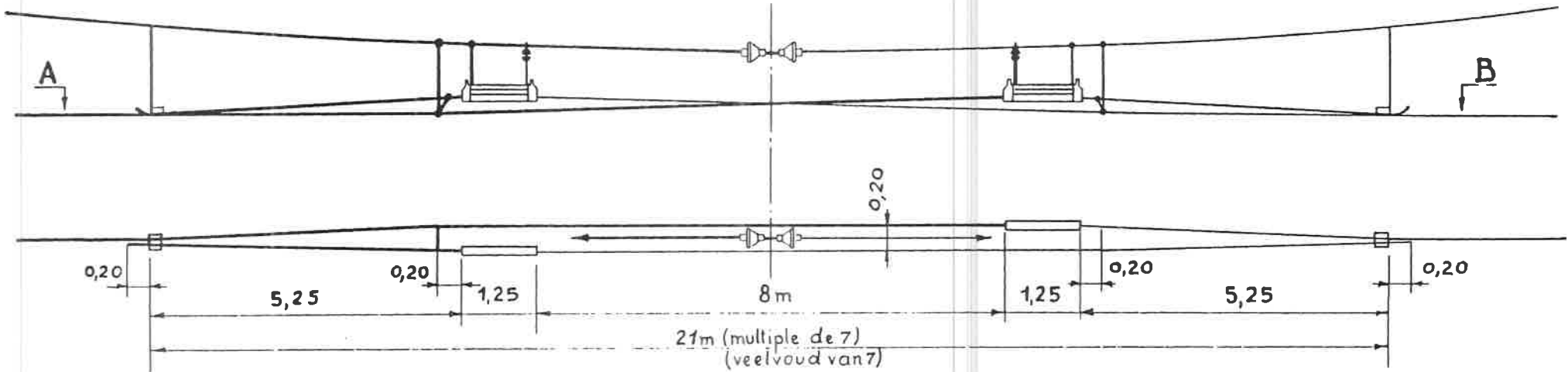


fig 5.17

C1270 | 5
196B

C1270
1968
5



— Zône A
— Zône B

fig 5.18

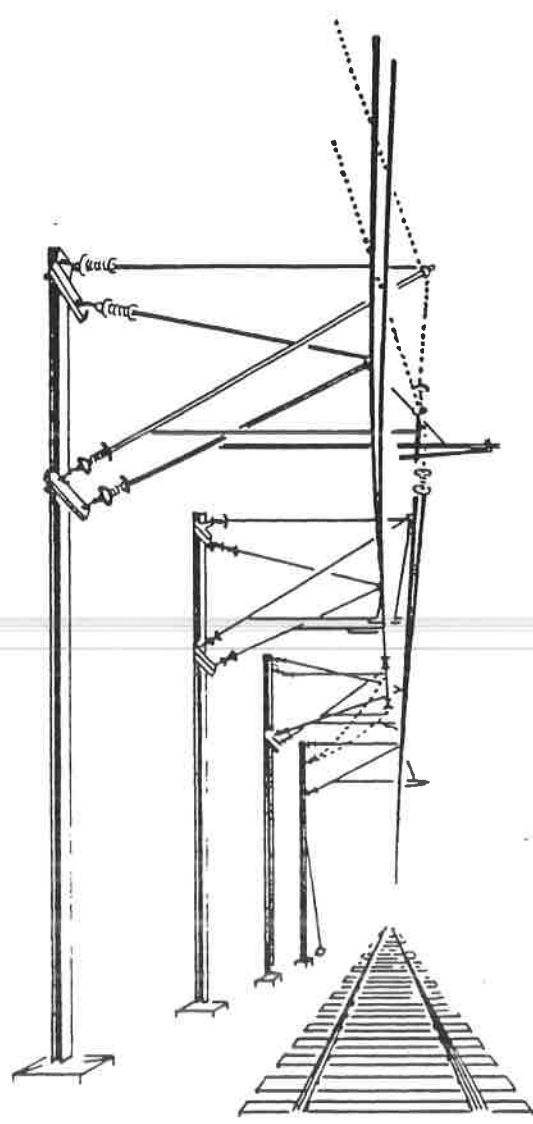


fig 519

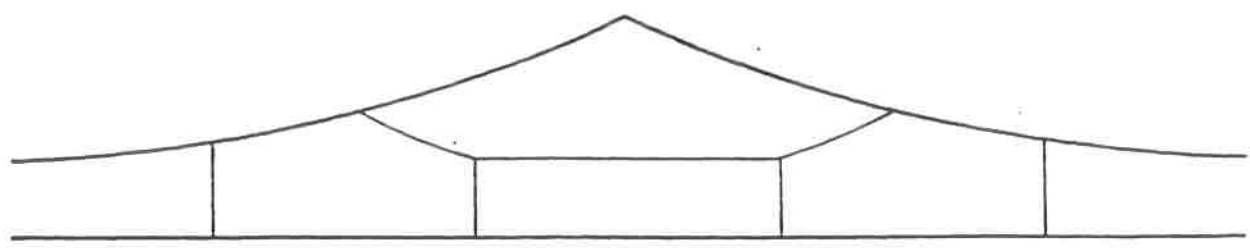


fig 520

C1270 | 5
1968

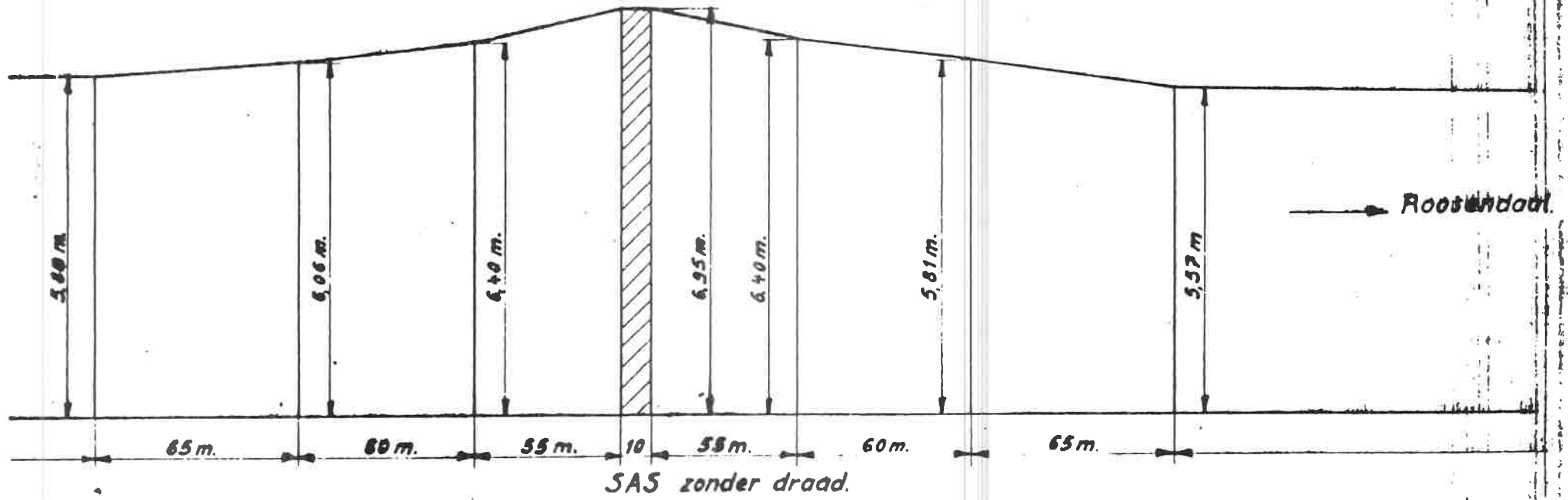


fig 5.21

Schaal: H. in m/m. $\frac{1}{1}$.
L. in m/m. $\frac{1}{2}$.

C1270 | 5
1968

ELECTROMAGNETISME (rappel).6.01. Flux magnétique.

L'expérience d'Oersted a prouvé qu'un courant électrique crée autour de lui un champ magnétique.

Les lignes de force du champ magnétique produit par un courant rectiligne sont des circonférences concentriques contenues dans un plan perpendiculaire à la direction du courant. Le sens de ces lignes de force est conforme à la règle de Maxwell: "Un tire-bouchon progressant le long du conducteur dans le sens du courant tourne dans le sens des lignes de force". Réciproquement: "Un tire-bouchon tournant dans le sens des lignes de force progresse le long du conducteur dans le sens du courant" (fig. 6.01).

Les lignes de force du champ magnétique produit par un courant circulant dans une spire ont, si l'on applique la règle de Maxwell, toutes le même sens. Elles sortent par l'une des faces de la spire (appelée face Nord), s'épanouissent dans l'espace et rentrent par l'autre face (appelée face Sud) (fig. 6.02).

Ces lignes de force forment un faisceau, une sorte de flux qui s'échappe de la face Nord pour rentrer par la face Sud (fig. 6.03). Par analogie avec le circuit électrique, on admet qu'à l'intérieur de la spire toutes les lignes de force rassemblées circulent de la face Sud vers la face Nord et que la spire est traversée par un flux magnétique.

L'unité de mesure du flux magnétique, lequel se désigne par la lettre grecque Φ (phi) porte le nom de Wéber (symbole Wb).

(Dans le système d'unité CGS utilisé anciennement, l'unité de flux était le Maxwell (M) $1 \text{ Wb} = 10^8 \text{ M}$).

6.02. Force magnétomotrice.

L'analogie ainsi dressée entre la grandeur électrique d'unité de courant I et la grandeur magnétique de flux Φ peut s'établir également pour les autres grandeurs.

Considérons en effet le cas d'une bobine cylindrique formée d'un fil conducteur monté régulièrement en hélice et appelée "Solénoïde" (fig. 6.04). Le flux sort par la face Nord, s'épanouit dans l'espace et rentre par la face Sud; il circule de la face Sud à la face Nord à l'intérieur du solénoïde.

2.

En électricité, la force électromotrice E est la cause qui donne naissance au courant I qui circule dans le circuit.

En magnétisme, la cause qui produit le flux Φ est appelée la force magnétomotrice (symbole M).

Dans notre solénoïde, cette force magnétomotrice (f.m.m.) est proportionnelle au produit du nombre de spires de l'enroulement (n) par l'intensité du courant qui le traverse.

$$M = n I$$

La f.m.m. s'exprime en ampère-tour.

(Gilberts dans le système CGS).

6.03 . Loi d'Hopkinson - Reluctance - Perméabilité.

La loi d'Ohm ($I = \frac{E}{R}$) trouve également son analogie en magnétisme dans la loi d'Hopkinson $\Phi = \frac{M}{R}$.

Dans cette formule R représente la reluctance (ou résistance magnétique). C'est la résistance qu'offre le milieu au passage du flux.

La perméabilité du milieu s'exprime par le coefficient μ (prononcez mu), de sorte que la reluctance d'un circuit de longueur l et de section s se met sous la forme

$$R = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{l}{s}$$

Si nous reprenons le solénoïde de la fig. 6.04 en y introduisant un barreau de fer doux, nous diminuons fortement la reluctance du circuit. Pour un même nombre d'ampères-tours, les effets d'ordre magnétique produits par le solénoïde deviennent beaucoup plus intenses.

6.04. Induction.

Dans un circuit électrique, la densité de courant δ a été définie comme le nombre d'ampères par millimètre carré de section du conducteur

$$\delta = \frac{I}{S} = \frac{\text{Amp.}}{\text{mm}^2}$$

Par analogie, on appelle "induction magnétique" (B) le quotient de la valeur, du flux par la section qui lui est offerte

Cette induction (densité de flux) s'exprime en Wéber par mètre carré (symbole Wb/m²)

$$B = \frac{\Phi}{s}$$

(en Gauss dans le système CGS).

6.05. Intensité du champ magnétique.

Calculons rapidement la chute de tension par unité de longueur, d'un conducteur de longueur L et de section s, parcouru par un courant I.

Nous avons:

$$E = R \times I = \rho \frac{L}{s} \times I$$

d'où

$$\frac{E}{L} = \rho \frac{I}{s}$$

comme $\frac{I}{s} = \delta$ nous aurons

$$\frac{E}{L} = \rho \delta = F \text{ appelé intensité du champ électrique.}$$

La chute de tension par unité de longueur est donc égale au produit de la résistivité du conducteur par la densité de courant.

Etablissons par analogie, dans un circuit magnétique de section s et de longueur AB, le rapport de la forme magnétomotrice M/par unité de longueur (fig. 6.05).

$$\frac{M}{L} = R \times \frac{\Phi}{L} = \frac{1}{\mu} \times \frac{1}{s} \times \Phi$$

d'où

$$\frac{M}{L} = \frac{1}{\mu} \frac{\Phi}{s}$$

Ce quotient $\frac{M}{L}$ désigné par la lettre H est appelé intensité du "champ magnétique". Il s'exprime en ampère-tour par mètre (At/m). De la relation ci-dessus $H = \frac{\Phi}{\mu s}$

on tire en remplaçant $\frac{\Phi}{s}$ par B

ou encore

$$H = \frac{B}{\mu}$$

$$\mu = \frac{B}{H}$$

6.06. Conclusion.

Des analogies dressées ci-avant on peut établir le tableau comparatif ci-après:

Circuit électrique		Circuit magnétique		
	Symbole	Unité	Symbole	Unité
Intensité	I	Amp.	Flux	Φ Wb
Force électromotrice	E	volt.	Force magnétomotrice	M At
Résistance	R	ohm	Reluctance	R
Résistivité	ρ	ohm-cm	Perméabilité	μ H/m
Densité de courant	δ	s/mm ²	Induction	B Wb/m ²
Intensité du champ électrique	F	V/m	Intensité du champ magnétique	H At/m
$I = \frac{E}{R}$		$\Phi = \frac{M}{R}$		
$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$		$R = \frac{l}{\mu} \cdot \frac{1}{S}$		
$\delta = \frac{I}{S}$		$B = \frac{\Phi}{S}$		
$F = \rho \delta$		$H = \frac{B}{\mu}$		

6.07. Coefficient de self induction.

Le flux magnétique est produit par un courant est proportionnel à son intensité I ($\Phi = \frac{nI}{R}$).

Il s'ensuit que la variation du flux $\Delta \Phi$ produite par la variation de I soit ΔI est proportionnelle à ΔI .

$$\text{Donc } E = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \mathcal{L} \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Le coefficient de proportionnalité \mathcal{L} entre I et Φ est appelé coefficient de self induction " \mathcal{L} ".

L'unité de 1 Henry est donc le coefficient d'un circuit ou une tension de self de 1 volt est engendrée par une variation de courant de 1 A.

○ 6.08. Conducteur dans un milieu homogène (fig. 6.06).

Considérons un conducteur de longueur L se mouvant à la vitesse v dans un champ magnétique Φ perpendiculaire à L.

Il est donné naissance à une f.é.m.

$$E = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

Si l'induction autour du conducteur est B, la variation $\Delta \Phi$ peut s'écrire

$$\Delta \Phi = B.L.v. \Delta t$$

puisque $L v \Delta t$ constitue la surface engendrée dans le temps Δt .

Par substitution, il vient:

$$E = \frac{B.L.v \Delta t}{\Delta t} = B L v.$$

Le sens de la f.é.m. est donné par la règle de la main-droite.

Bien qu'il soit possible de réaliser une grande variété de générateurs de courant, des raisons technologiques et économiques ont fait que le principe de base suivant se soit généralisé.

Des pôles magnétiques, alternativement Nord et Sud, donc toujours par paires, sont placés concentriquement autour d'un "induit" monté sur un axe. Ce "rotor" est muni de conducteurs qui seront le siège de f.é.m. (fig. 6.07²).

Les pôles sont munis d'enroulements qui sont alimentés en courant continu; ce sont des électro-aimants.

Partons du pôle Nord, le flux traverse d'abord l'entrefer qui sépare le pôle du rotor, entoure les conducteurs lui faisant face, traverse une partie du rotor pour retrouver le pôle Sud en entourant les conducteurs face à celui-ci.

Le circuit magnétique se ferme via la carcasse de l'appareil.

Faisons tourner le rotor; le flux qui est invariable est pour ainsi dire coupé perpendiculairement sur sa direction par les conducteurs.

Chaque conducteur est donc le siège d'une f.é.m.

$$E = BLv$$

Si la vitesse est constante la f.é.m. sera proportionnelle à l'induction.

Afin d'obtenir une f.e.m; plus grande, l'on pourra brancher plusieurs conducteurs en série de façon à ce que la f.é.m. soit la somme de toutes les f.é.m. des conducteurs se trouvant devant un pôle donné.

$$E = \sum B L v$$

6.

avec $v = 2 \pi r n$ (n = nombre de tours par sec.)

Appelons "d" la distance entre 2 conducteurs contigus (mesurée sur la périphérie du rotor) et appelons n le nombre de conducteurs, nous trouvons:

$$n d = 2 \pi r$$

$$\text{et } v = n d N$$

donc

$$E = n N \sum B L d$$

Le terme $\sum B L d$ est la somme des flux passant par toutes les sections accumulées qui se trouvent sous un pôle, c'est le flux total qui passe par le pôle.

$$E = n N \Phi$$

(à une constante près).

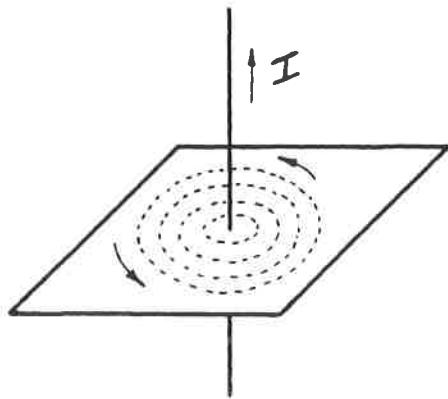


fig 6.01

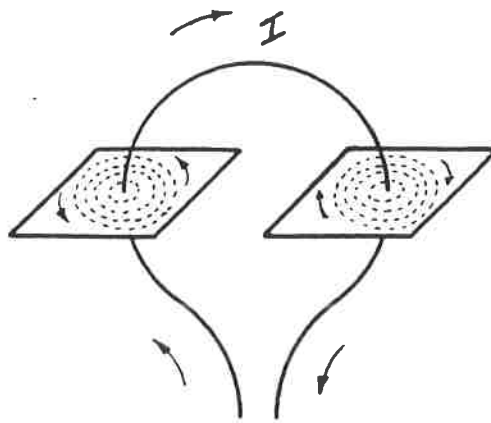


fig 6.02

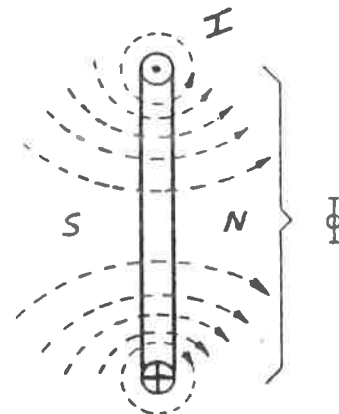


fig 6.03

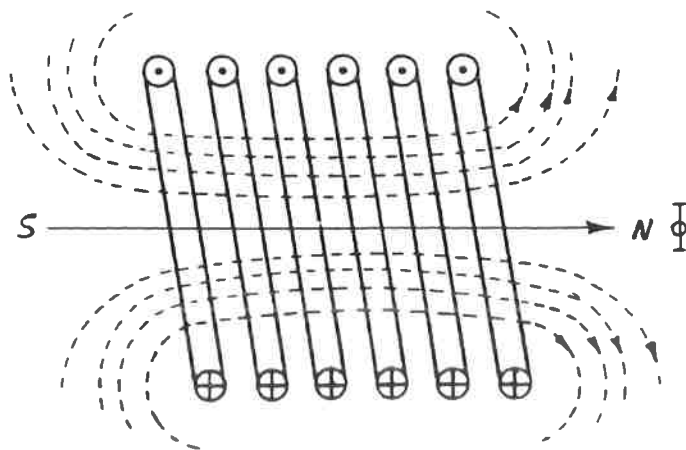


fig 6.04

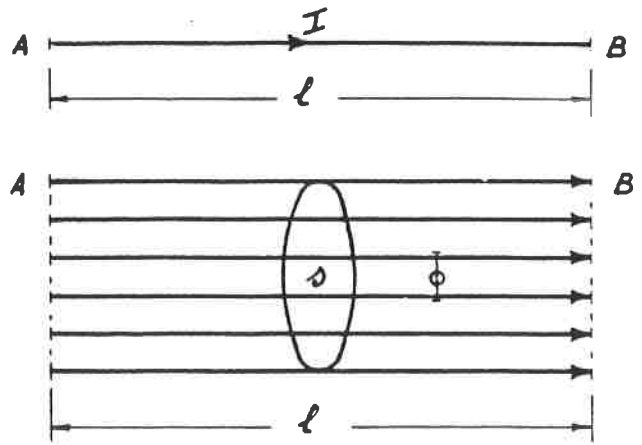


fig 6.05

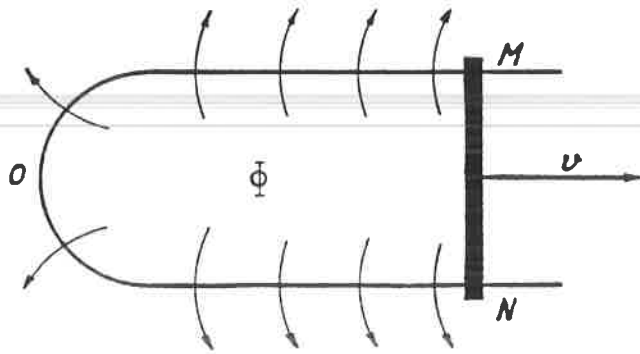


fig 6.06

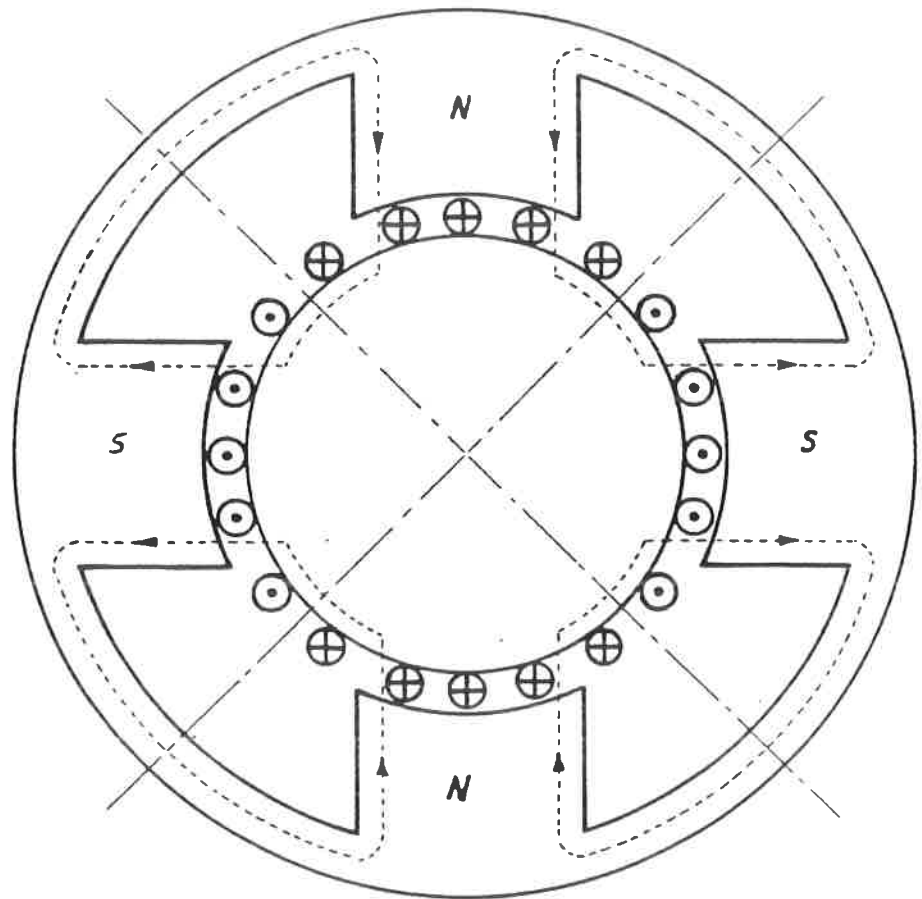


fig 6.07

LE MOTEUR SERIE.7.01. Choix du moteur de traction.

Il existe plusieurs types de moteurs à courant continu : moteur à excitation shunt, série ou compound. Quel est le type qui a été choisi en traction électrique ?

Du point de vue rendement, à égalité d'accélération, le mode d'excitation qui conduit à la consommation minimum d'énergie est l'excitation shunt, l'excitation série conduit à la consommation maximum; l'excitation compound à une consommation intermédiaire dépendant du rapport entre les ampères-tours fournis par les 2 excitations.

Par contre, le moteur série a pour lui sa simplicité et le bon marché de sa construction, sa robustesse et sa puissance massique élevée, la simplicité dans la régularisation et la vitesse, le couple important au démarrage très utile en traction.

Le moteur série a quelques inconvénients : la variation trop grande de la vitesse avec l'effort de traction, la variation trop grande, pour un même effort de traction, de la vitesse avec la tension en ligne, l'impossibilité de fonctionner en génératrice, spontanément et sans l'intervention du conducteur dans les pentes et de se garantir ainsi contre toute vitesse excessive, l'impossibilité d'assurer la récupération de l'énergie potentielle dans les pentes et de l'énergie cinétique lors des ralentissements et arrêts sans faire appel à des équipements compliquées. Le moteur shunt résoud ces inconvénients. Le moteur compound fait le pont entre les deux types.

Il faut ajouter que le moteur série, ayant été adopté dès le début, fut beaucoup perfectionné et il est arrivé à un tel degré de perfectionnement que, sauf dans des cas particuliers, c'est lui qui a été adopté en traction électrique.

7.02 Equations fondamentales du moteur à courant continu à excitation série.

Un moteur à courant continu comprend en principe :

une partie fixe : l'inducteur
une partie mobile : l'induit

L'inducteur comprend la carcasse et les pôles d'aimantation. Il est destiné à créer le flux magnétique Φ .

Celui-ci est donné par la loi fondamentale de l'électromagnétisme : $\sum n I = \mathcal{A} \Phi$

2.

où n = nombre de spires autour d'un pôle
 I = courant traversant ces spires
 \mathcal{R} = réluctance du circuit magnétique

$$\mathcal{R} = \frac{l}{\mu_0 \mu s}$$

l = longueur des circuits magnétiques
 s = section " " "
 μ = perméabilité du matériau
 μ_0 = coefficient.

Une fois connu le moteur, la réluctance \mathcal{R} est connue par les dimensions géométriques de celui-ci (avec toute-fois une approximation sur μ).

On voit que : Φ = fonction de I .

Donc, le flux est fonction du courant circulant dans les bobines entourant les pôles.

L'induit est constitué d'une masse en métal magnétique : l'armature découpée en encoches sur la périphérie.

Dans ces encoches sont logés les conducteurs en cuivre isolé.

Sur l'avant du moteur se trouve le collecteur constitué de lames de cuivre isolées entre elles.

Les conducteurs sont réunis entre eux d'une part et d'autre part au collecteur suivant un bobinage bien déterminé caractéristique du genre de moteur et de son utilisation (fig. 7.01).

L'ensemble des conducteurs constitue donc un circuit électrique fermé, réuni de part et d'autre aux lames du collecteur.

Si, maintenant, on vient alimenter ce circuit par les lames du collecteur à l'aide de balais disposés convenablement sur ce collecteur, on sera ramené à l'alimentation de plusieurs circuits équivalents en parallèle (figure 7.02).

Dès qu'un conducteur (fig. 7.03) soumis à un champ magnétique H est parcouru par un courant I (sens \odot) il naît une force f , d'où un couple $f \times r$. L'induit se met à tourner. La somme des couples relatifs à chaque conducteur va donner le couple total C .

Par contre, dès que le conducteur va se mouvoir dans le champ magnétique des pôles (figure 7.04), il sera le siège d'une force contre-électromotrice "e" tendant à pousser le courant dans le sens inverse (sens \otimes).

La somme des forces contre-électromotrices relatives à chacun des conducteurs va donner la force contre-électromotrice totale E.

On pourrait montrer que : $E = \frac{p}{c} n N \Phi$

où $2p$ = nombre de pôles du moteur
 $2c$ = nombre de circuits en parallèle dans le bobinage
 n = nombre de conducteurs du moteur
 N = vitesse du moteur
 Φ = Flux d'un pôle du moteur

La tension U d'alimentation du moteur sera donc équilibrée par la force-contre électromotrice E et la chute ohmique dans la résistance d'armature R_a .

Cette résistance R_a comprend la résistance des câbles de jonction - résistance des balais - résistance de contact balai-collecteur - résistance des conducteurs de l'induit.

On a donc finalement l'équation fondamentale du moteur à courant continu

$$U = E + R_a I,$$

I étant le courant parcourant l'armature.

Dans le cas du moteur série, le courant d'armature parcourt également les bobinages des pôles.

Ceux-ci étant de résistance R_s , l'équation fondamentale du moteur série est donc :

$$U = \frac{p}{c} n N \Phi + (R_a + R_s) I \quad (1)$$

Or, p , c et n sont fixés pour un moteur donné; d'où, en posant $\frac{p}{c} n = K = \text{constante}$, l'équation (1) devient :

$$U = K N \Phi + (R_a + R_s) I \quad (2)$$

Le flux étant fonction du courant circulant dans les bobinages des pôles et de courant étant, dans le moteur série, le courant d'armature I, le flux dépend donc uniquement du courant I, d'où :

$$\Phi = f(I) \quad (3)$$

7.03 Couple.

L'énergie électrique fournie au moteur vaut :

$$UI = EI + (R_a + R_s) I^2$$

4.

et peut se décomposer en 2 parties :

- énergie perdue en chaleur : $(R_a + R_s) I^2$ (perdue dans le moteur)
- énergie mécanique : EI (fournie par le moteur).

Or, d'après les lois de la mécanique, la puissance mécanique est égale au produit du couple C par la vitesse angulaire ω ;

$$\text{d'où : } C \omega = EI$$

$$C = \frac{E \cdot I}{\omega} = \frac{\frac{1}{c} n N \Phi I}{2 \pi N} = \frac{\frac{1}{c} n}{2 \pi} \Phi I$$

$$\text{Si l'on pose } \frac{\frac{1}{c} n}{2 \pi} = \frac{K}{2 \pi} = K'$$

$$\boxed{C = K' I \Phi} \quad (4)$$

et comme d'après l'équation (3) $\Phi = f(I)$; on a :

$$\boxed{C = K' I f(I)} \quad (5)$$

Le couple d'un moteur série est donc fonction uniquement du courant.

7.04 Vitesse.

L'équation (2) permet de calculer la vitesse N

$$\text{En effet } U = K N \Phi + (R_a + R_s) I$$

$$U - (R_a + R_s) I = K N \Phi$$

$$\boxed{N = \frac{U - (R_a + R_s) I}{K \Phi}} \quad (6)$$

et comme $\Phi = f(I)$, on a :

$$\boxed{N = \frac{U - (R_a + R_s) I}{K f(I)}} \quad (7)$$

La vitesse d'un moteur série alimenté à une tension déterminée U est donc fonction uniquement du courant.

La figure 7.05 représente les courbes caractéristiques du moteur de traction de la locomotive type 122.

7.05 Commutation.

Par étude de la commutation, on entend l'étude des phénomènes qui prennent naissance lors du passage d'une lame sous le balai.

Figure 7.06 a.

Le balai est tout entier sous la lame 1; les spires 1 et 2 sont parcourues par le même courant I dans le même sens.

Figure 7.06 b.

La spire 1 est court-circuitée. Le courant I de la spire 0 va tendre à s'écouler d'une part par la lame 1 et le balai; d'autre part, par la spire 1, la lame 2 et le balai mais une force contre-électromotrice va naître dans cette spire 1 et retarder le phénomène.

Dans la jonction AA', il passe donc un courant $I - i_s$.

Au fur et à mesure de l'avancement du balais, i_s augmente et tend vers I, le courant dans AA' tendant vers zéro.

Mais par suite du retard dû à la force contre-électromotrice, à l'instant précis où le balai quitte la lame 1, le courant dans AA', donc dans la lame 1, n'est pas nul, il y a donc production d'étincelles.

Figure 7.06 c.

Le balai est tout entier sous la lame 2. Les spires 1 et 2 sont parcourues par le même courant I, mais en sens inverse.

On ne peut ajuster la durée de commutation qui est imposée par la largeur du balai et la vitesse du collecteur.

Pour ajuster le courant dans la spire 1 en court-circuit de manière qu'il atteigne la valeur du courant de travail I, à la fin de la commutation et qu'on évite ainsi les étincelles, il faut agir sur la force contre-électromotrice qui engendre le retard; cette force contre-électromotrice se compose :

- 1) d'une force contre-électromotrice due au renversement du courant dans la spire, valant $-\mathcal{L} \frac{\Delta I}{\Delta T}$

où

\mathcal{L} = coefficient de self de la spire qui commute ;

6.

ΔI = variation du courant I depuis une valeur donnée I dans un sens donné jusqu'à la même valeur I dans l'autre sens

ΔT = temps nécessaire pour effectuer la variation de + I à - I.

2) une force contre-électromotrice due au champ transversal.

En effet, le courant parcourt les conducteurs comme l'indique la figure 7.07; on voit immédiatement qu'il existe un champ magnétique H_t qu'on appelle "champ transversal".

Lors du passage dans l'axe neutre des conducteurs 1 et n, le balai va mettre la spire (1 - n) en court-circuit.

S'il existe un champ transversal H_t , la spire (1 - n) va pendant un court instant occuper les 2 positions représentées à la figure 7.06.

Le champ transversal entre tantôt par une face, tantôt par l'autre; d'où naissance d'une force contre-électromotrice.

En résumé, il faudra donc créer un champ, appelé champ de commutation et tel que la force électromotrice due à ce champ équilibre la force contre-électromotrice de renversement.

Ces 2 forces contre-électromotrices sont donc directement fonction du courant d'armature I. Pour les équilibrer constamment, il faudra donc une force électromotrice qui dépende aussi directement du courant d'armature. On a créé, à cet effet, des pôles de commutation alimentés généralement par le courant d'armature I et créant une force électromotrice opposée à la force contre-électromotrice de commutation.

7.06 Démarrage.

L'équation du moteur série $U = K N \Phi + (R_a + R_s) I$ montre que si $N = 0$ on a $U = (R_a + R_s) I$.

Exemple.

La résistance combinée ($R_a + R_s$) d'un moteur d'auto-motrice est de l'ordre de 0,5 ohms; si le moteur série était alimenté à la tension de la ligne de contact 3 000 volts,

on aurait :

$$I = \frac{3\ 000}{0,5} = 6\ 000 \text{ Ampères}$$

On serait conduit à des courants énormes. A titre de comparaison, le courant maximum d'un moteur de traction est pour une automotrice de 250 Ampères environ, pour une locomotive de 500 à 600 Ampères environ.

Il est nécessaire d'abaisser la tension d'alimentation aux bornes du moteur de façon que le courant absorbé reste dans les limites acceptables. Au fur et à mesure que le moteur accélère, N augmente, donc aussi la force contre-electromotrice.

Dès lors, pour que le courant I garde une valeur aussi voisine que possible de sa valeur maximum admissible, condition d'une bonne utilisation de la puissance du moteur, il faut augmenter la tension aux bornes du moteur.

Comment, en disposant d'une tension de ligne essentiellement constante (3.000 Volts), allons-nous faire varier la tension aux bornes du moteur pendant la phase de démarrage ?

~~Dans aucun domaine, on n'a autant cherché la perfection que dans celui des commandes .~~

3 grands systèmes ont été employés :

- 1) Démarrage au moyen de résistance intercalées entre la ligne et le moteur et qu'on élimine au fur et à mesure que le moteur accélère.
- 2) Démarrage au moyen d'un groupe convertisseur qui consiste à entraîner, par un moteur une génératrice dont on fait varier la tension en agissant sur son excitation. La tension variable de la dynamo alimente alors le moteur de traction.

Ce second système s'étant peu développé, nous ne l'étudierons pas.

- 3) Démarrage au moyen d'un hacheur à Thyristors.

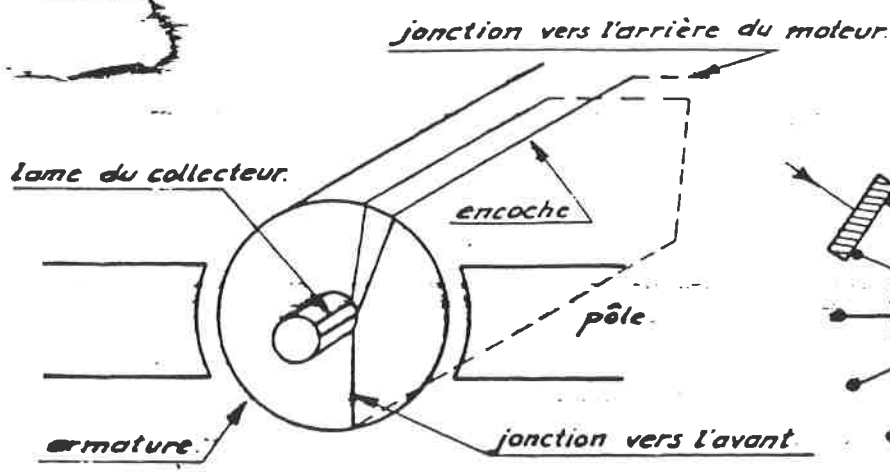


Fig. 7.01

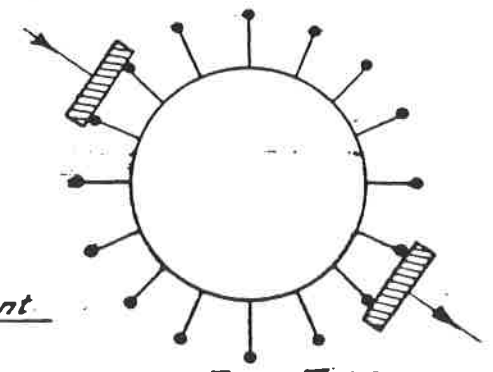


Fig. 7.02:

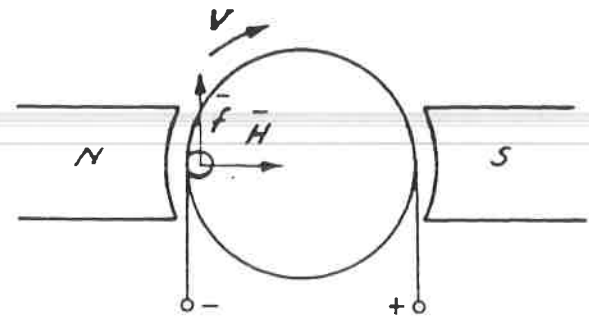


Fig. 7.03.

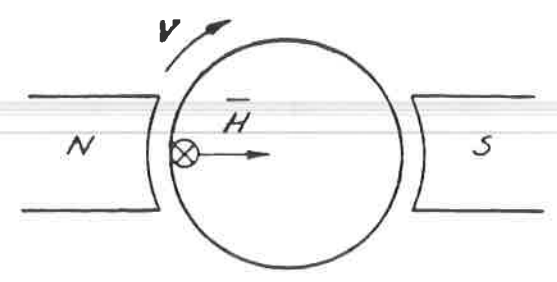


Fig. 7.04.

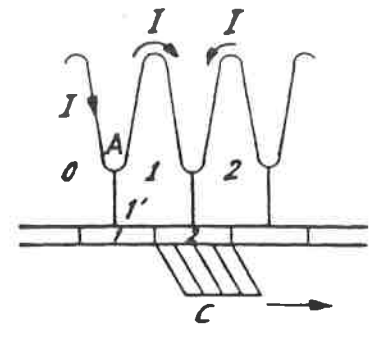
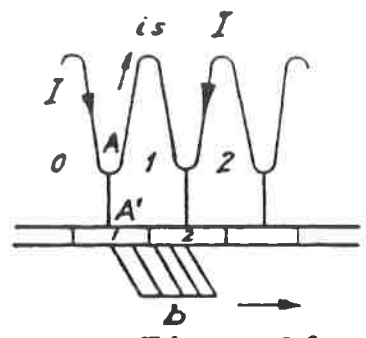
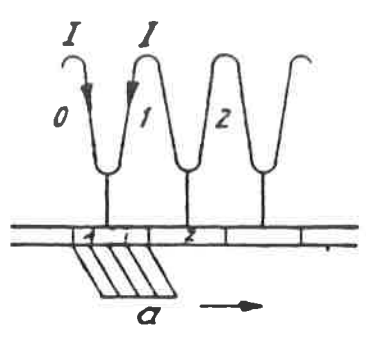


Fig. 7.06.

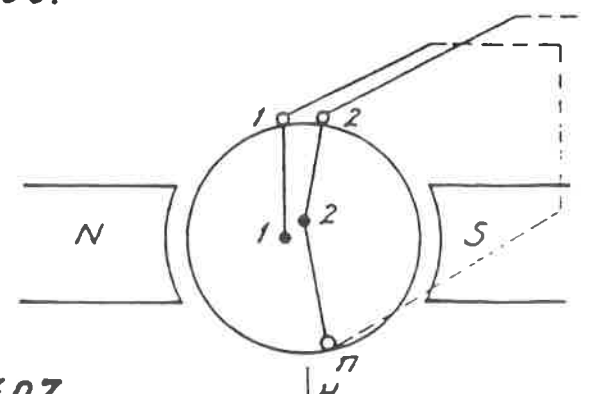
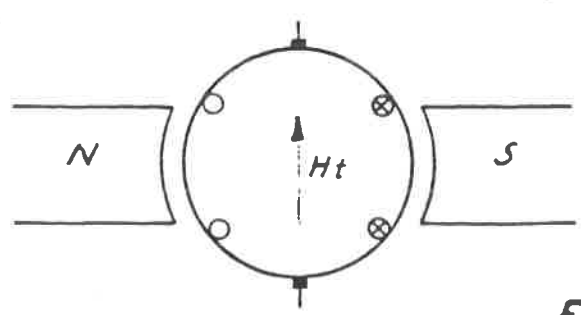


Fig. 7.07.

Loco Type 122. Courbes caractéristiques 1500 V.

Moteur CF 729 N.

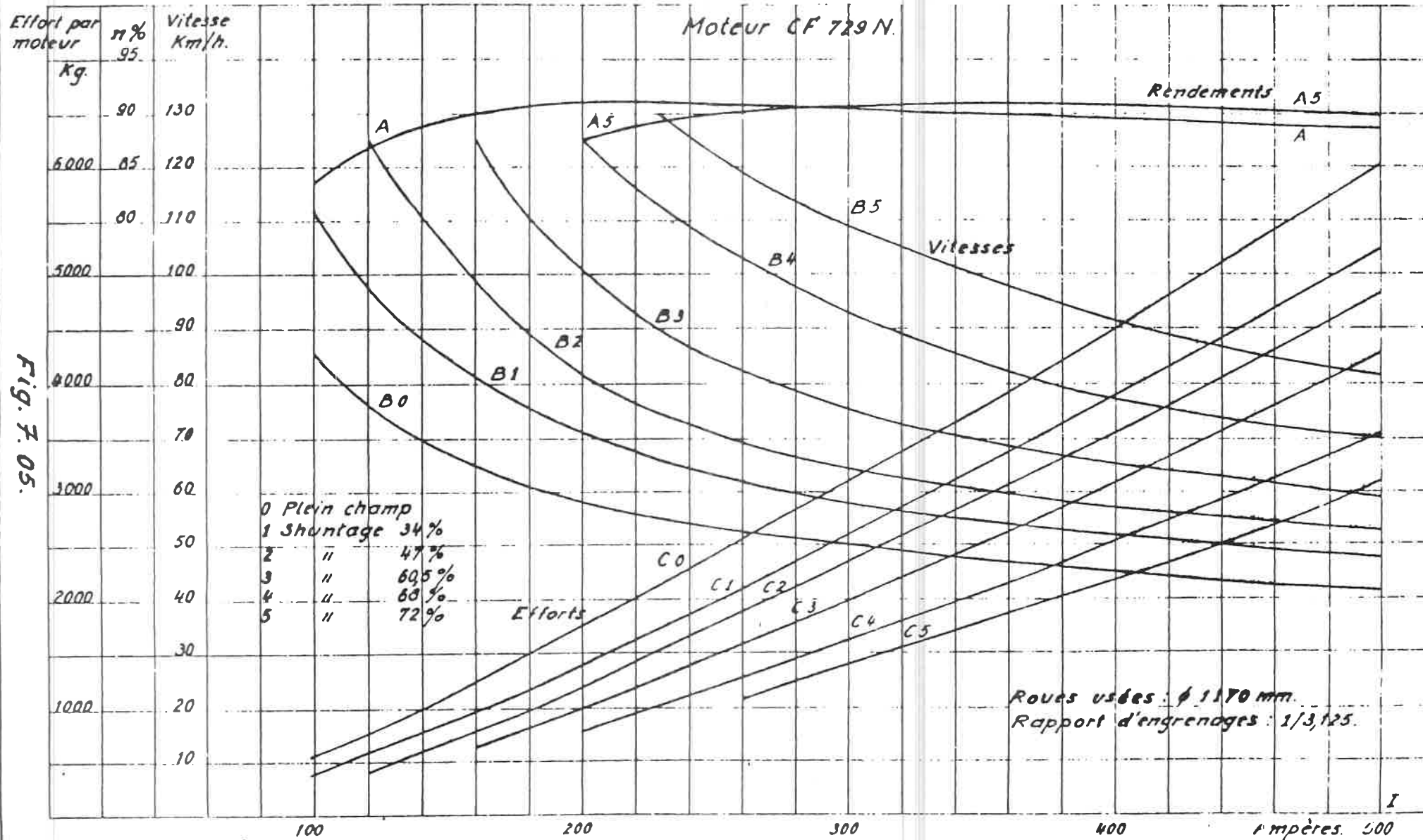


Fig. 7. 05.

3.01. Démarrage en parallèle.

Nous avons vu à la leçon précédente que le surcroît de tension de la ligne par rapport à la tension du moteur devait être compensée par un moyen quelconque. Le moyen le plus simple employé dès le début consiste à intercaler dans le circuit des résistances que l'on diminue progressivement par paliers plus ou moins réguliers au fur et à mesure que le moteur accélère.

Il faut prendre son parti du travail des pertes qui, à cette occasion, se transforment en chaleur dans les résistances de démarrage.

Examinons, par exemple, le cas de 2 moteurs couplés en parallèle.

Supposons une résistance à l'avancement moyenne de P_r kg durant toute la phase de démarrage.

Au courant de démarrage I (moyen) correspond un effort moyen à la jante P également constant.

L'accélération a sera donc également constante
 $P - P_r = M \times a$

Dans cette formule M représente la masse du train.

Si l'on représente sur un graphique (fig. 8.01) en ordonnée la vitesse (ou le nombre de tours/min. du moteur) et en abscisse le temps, nous obtenons une droite.

La force contre-électromotrice du moteur $E = k n \Phi$ est proportionnelle à la vitesse et donc également proportionnelle au temps t .

Dans ces conditions, puisque la tension aux bornes du moteur vaut : $U_m = E + (R_a + R_s) I$, si nous négligeons le terme $(R_a + R_s) I$, petit vis-à-vis de E , on a :

$$U_m = E$$

et la tension aux bornes du moteur U_m est une fonction linéaire du temps (fig. 8.02).

La différence entre la tension de la ligne U et la tension aux bornes du moteur U_r est la tension U_r aux bornes de la résistance de démarrage.

Nous désignerons par T le temps que dure le démarrage (par durée de démarrage, on entend le temps pendant lequel les résistances de démarrage restent en service) et par I_m le courant absorbé par les moteurs pendant le démarrage.

2.

Rendement.

C'est le rapport entre l'énergie utile fournie aux moteurs et l'énergie totale absorbée.

Nous voyons que la surface hachurée de la fig. 8.02 est exactement la moitié de l'énergie totale : $2 I U t$

Le rendement est donc

$$\eta = \frac{I U t}{2 I U t} = 0,5$$

8.02. Changement de couplage pendant le démarrage.

On constate que les pertes diminuent lorsqu'on fait d'abord démarrer les 2 moteurs en série jusqu'à ce que la moitié de la tension du réseau soit appliquée aux bornes de chaque moteur, puis qu'on les couple en parallèle.

En couplage série, l'équation d'équilibre est :

$$U = 2 K N \Phi + R I + 2 (R_a + R_s) I$$

où R représente la valeur de la résistance de démarrage. En négligeant le terme $2 (R_a + R_s) I$ petit devant les 2 autres termes, on a approximativement :

$$U = 2 K N \Phi + R I.$$

A la fin de l'élimination de la résistance R, on a :

$$U = 2 K N \Phi ; \text{ d'où : } N = \frac{U}{2 K \Phi}$$

A l'article précédent où les 2 moteurs étaient couplés directement en parallèle, on avait :

$$U = K N' \Phi ; \text{ d'où : } N' = \frac{U}{K \Phi}$$

$$\text{Il en résulte que } N = \frac{N'}{2}$$

Comme la vitesse varie proportionnellement au temps, on voit que la marche des 2 moteurs en série, toute résistance éliminée, est atteinte après un temps qui vaut $\frac{T}{2}$

A ce moment, la tension aux bornes de chaque moteur vaut $\frac{U}{2}$; on les couple alors en parallèle avec résistance qu'on diminue de façon à finalement amener la tension U aux bornes de chaque moteur après un temps T.

Rendement.

Calculons d'abord l'énergie totale absorbée durant le démarrage (fig. 8.03) :

a) en série : $I U \frac{t}{2}$

b) en parallèle : $\frac{3}{2} I U t$

Energie perdue dans les résistances :

a) en série : la moitié ou $\frac{I U t}{4}$

b) en parallèle : également la moitié ou : $\frac{3 I U t}{4}$

L'énergie utile est donc :

$$\frac{I U t}{4} + \frac{3 I U t}{4} = I U t$$

Et finalement le rendement :

$$\eta = \frac{2 I U t}{3 I U t} = 0,67$$

On voit que le rendement est meilleur avec des couplages différents des moteurs.

Cette amélioration s'accroît avec le nombre de moteurs.

Jusqu'ici, nous avons négligé la résistance des moteurs. Cette résistance influence différemment les moteurs lorsqu'ils sont en série ou en parallèle.

L'étude que nous venons de faire l'a été dans le cas où le dernier couplage se fait avec les moteurs en parallèle.

A ce moment, la pleine tension du réseau est appliquée aux bornes des moteurs.

Dans les moteurs à courant continu qui sont des moteurs à collecteur, la tension entre 2 lames successives est limitée par le danger d'arc et est assez basse.

Actuellement, on ne dépasse pas 1500 volts comme tension de service aux bornes d'un moteur.

Ainsi, dans les pays où l'on a adopté la traction électrique en courant continu à 1500 volts, le dernier couplage

4.

est le couplage parallèle, mais par contre, pour ceux qui ont adopté le système à 3000 volts et en particulier notre pays, la dernière phase du couplage sera "série-parallèle", c'est-à-dire que ce n'est pas chaque moteur mais chaque paire de moteurs qui sera couplée en parallèle.

Ainsi donc, au dernier couplage, nous aurons 2 moteurs en série sous 3000 volts, soit 1500 volts aux bornes de chaque moteur. Toutefois, comme nous le verrons plus loin, en cas de patinage de l'un des essieux moteurs, la tension se partage inégalement entre les 2 moteurs en série sous 3000 volts, la tension étant plus grande aux bornes du moteur qui entraîne l'essieu qui patine. Il arrive donc que la tension aux bornes de l'un des moteurs soit momentanément nettement plus élevée que 1500 volts. C'est pour cette raison que dans les réseaux à 3000 Volts, les moteurs de traction quoique ayant une tension de service de 1500 volts sont isolés pour résister momentanément à une tension de 3000 volts.

3.03. Shuntage des inducteurs des moteurs.

Un nouveau pas peut être fait dans l'amélioration du rendement au démarrage en affaiblissant le champ des inducteurs des moteurs au passage d'un couplage à l'autre.

Traitions, par exemple, le cas de 4 moteurs.

Nous tiendrons compte ici de la chute ohmique (5 % env.). Supposons que l'affaiblissement du champ soit tel que chaque vitesse correspondant à une marche des moteurs sans résistance soit augmentée de 30 % environ avant de passer au couplage suivant.

Au rendement du moteur près, on peut écrire que

$$C \omega = E I$$

(Energie mécanique = Energie électrique).

Or E est constant pour un couplage déterminé.

Nous supposerons que C va rester constant pendant la phase de démarrage.

Dans ces conditions I variera proportionnellement à ω .

Lorsque les 4 moteurs sont en série, on a donc :

$$0,8 U = 4 K N' \Phi$$

$$N' = \frac{0,8 U}{4 K \Phi}$$

Lorsque les 4 moteurs sont en parallèle, on a :

$$0,95 U = K N \Phi$$

$$N = \frac{0,95 U}{K \Phi} \quad (\text{au temps } T)$$

$$\text{donc } N' = \frac{0,8}{4} \cdot \frac{U}{K \Phi} = \frac{0,8}{4} \times \frac{N}{0,95} = 0,21 N$$

L'augmentation de la vitesse de 30 % sera obtenue après un temps qui vaudra $0,21 T \times 1,3 = 0,27 T$.

La valeur du courant est alors de 1,3 Im.

On peut dès lors tracer le graphique de la figure 8.04 pour lequel nous nous sommes contentés d'en expliquer plus haut la première partie. Les 2 autres parties s'expliqueraient sur la même base.

En calculant le rapport η de l'énergie fournie au moteur et de l'énergie prise au réseau, on trouverait :

Nombre de moteurs	Valeur de η pour une augmentation de la vitesse de 20 %.	Valeur de η pour une augmentation de la vitesse de 30 %
2	0,77	0,80
4	0,80	0,83
6	0,83	0,85

On obtient donc par le shuntage des inducteurs une amélioration sensible du rendement au démarrage.

8.04. Comparaison du démarrage avec résistance et avec groupe convertisseur.

Il faut remarquer qu'il s'agit de rendements calculés uniquement pendant la phase de démarrage. Pour les groupes convertisseurs, il faut en outre tenir compte des pertes à vide pendant toute la période qui suit le démarrage proprement dit. Dans ces conditions, on voit que, du point de vue rendement, le système par résistance vaut le meilleur des systèmes à convertisseur (à part quelques cas particuliers où les démarrages sont extrêmement fréquents : locomotive de manoeuvre par exemple).

6.

A divers points de vue, le système à convertisseur est nettement défavorable. Il est lourd, compliqué, coûteux d'installation et d'entretien, moins sûr en exploitation.

Ces considérations expliquent que malgré quantité de propositions prévoyant des groupes convertisseurs, le démarrage classique par résistance, bien que paraissant une solution primaire à première vue, s'est maintenu comme étant le plus indiqué.

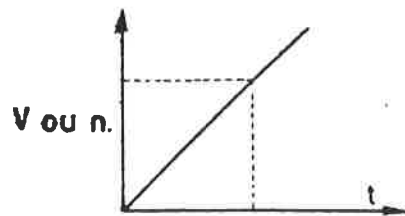


Fig. 8.01.

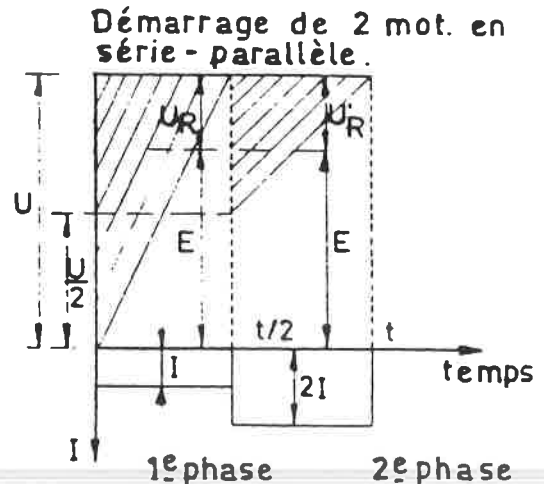
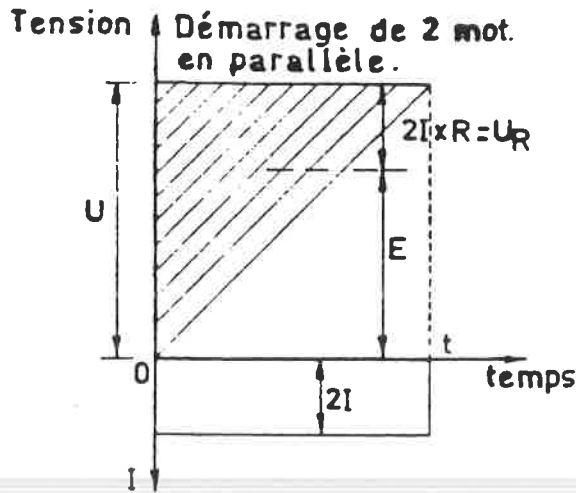


Fig. 8.02.

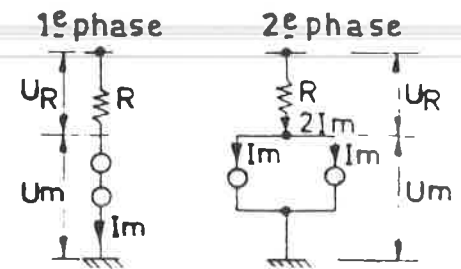
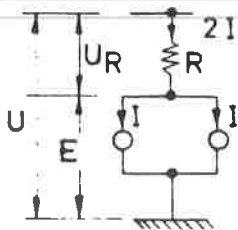


Fig. 8.03.

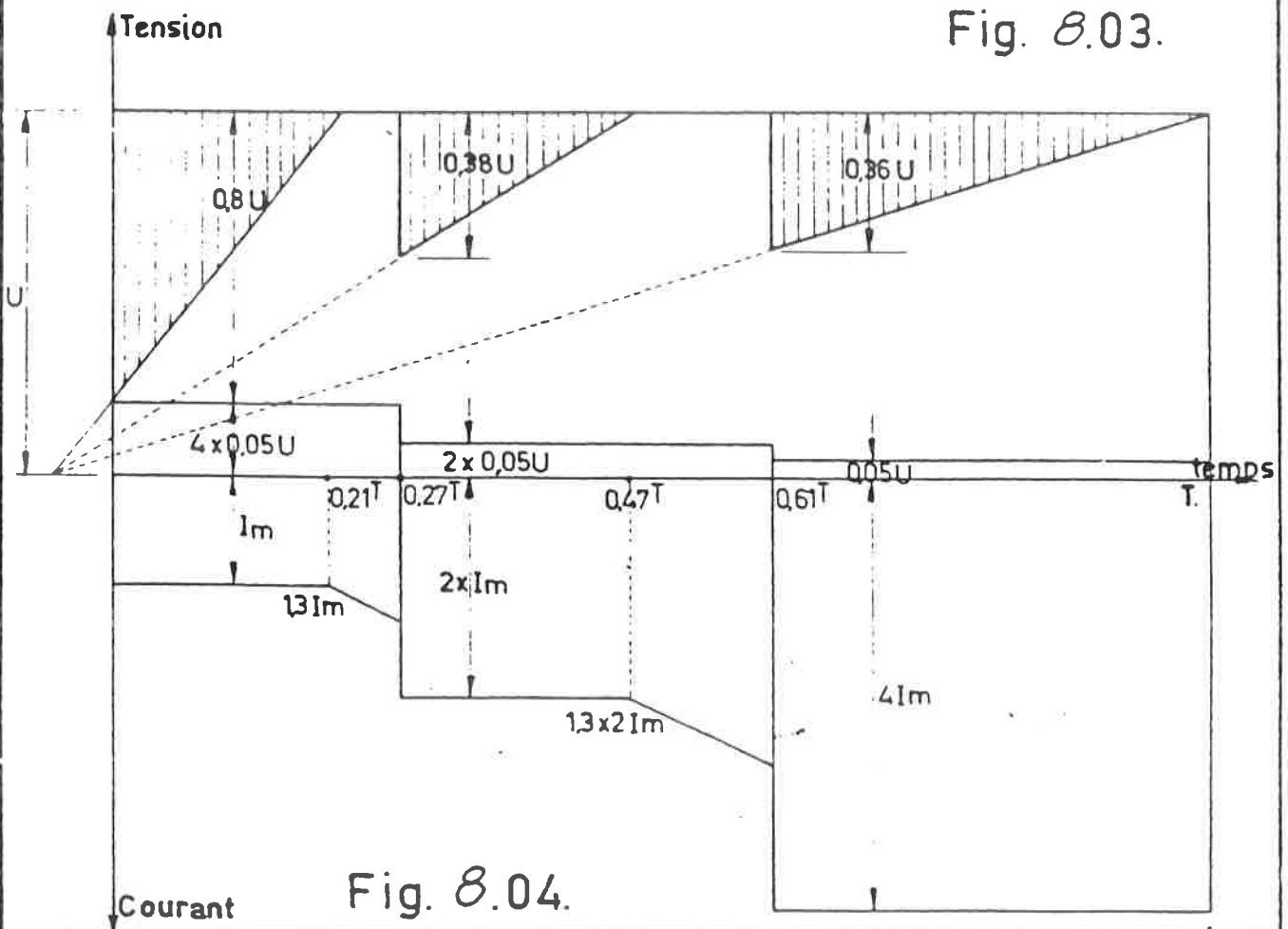


Fig. 8.04.

9.01. Démarrage.

Nous avons vu que, pour démarrer le moteur, il était indispensable de mettre une résistance en série avec le moteur en vue de limiter le courant de démarrage.

Cette résistance R est calculée de façon à ne pas dépasser le courant maximum autorisé : I_{\max} . Ce courant maximum est fixé soit par le moteur lui-même, soit par l'adhérence (voir plus loin).

L'équation du moteur série :

$$U = KN \Phi + (R_a + R_s) I + RI$$

devient au démarrage :

$$U = (R_a + R_s) I_{\max} + RI_{\max}$$

Jusqu'à ce moment la vitesse N est nulle.

On démarre avec un effort F_1 . Au fur et à mesure que le moteur accélère, sa vitesse augmente; le courant diminue et l'effort également (figure 9.01).

Pour une certaine valeur I_{\min} du courant correspondant à une vitesse N_2 du moteur, l'effort est tombé à la valeur F_2 .

On diminue alors la valeur de la résistance de démarrage de R à R_1 en vue d'augmenter l'effort correspondant et de revenir à une valeur voisine de l'effort initial F_1 .

On dit qu'on a passé un cran de démarrage.

Lors du passage du cran, la vitesse N_2 est restée constante; la résistance de démarrage a diminué de R à R_1 ; le courant a augmenté de I_{\min} à I_{\max} et l'effort de F_2 à F_1 .

On poursuit de même jusqu'à ce que toute la résistance de démarrage soit hors service, toute la tension étant appliquée aux bornes du moteur.

On dit alors qu'on se trouve sur un cran de marche économique.

Pour passer d'un cran au suivant, c'est le courant qui sert de guide. On se fixe une valeur I_{\min} du courant, appelée courant de reprise, pour laquelle on passe le cran.

On n'est donc pas maître de la pointe de courant qui se produit au passage du cran. Celle-ci dépend des gradins de résistance qui ont été prévus par le constructeur de la machine.

2.

La figure 9-09 montre les courbes de démarrage de la locomotive série 28.

On voit qu'il y a 24 crans de démarrage numérotés de 0 à 24 en série et également 24 en série parallèle. (Il est à noter que le nombre de crans n'est pas toujours nécessairement le même en série et en série parallèle, c'est un pur hasard).

La courbe en traits gras et en "zig-zag" marque la progression cran par cran.

On constate que le courant de reprise I_{min} y est de 330 A; il lui correspond un effort de 14,2 tonnes. Le courant maximum I_{max} est en moyenne de 350 A et l'effort correspondant de 15,25 tonnes.

Comme on le remarque, les 7 premiers crans série sont passés par des courants inférieurs au courant de reprise. Il s'agit de "crans d'approche".

Il y correspond des courants inférieurs au courant de reprise et croissant depuis le cran 0 jusqu'au cran 7. L'effort correspondant suit les mêmes fluctuations.

Le but de ces crans d'approche est d'appliquer progressivement l'effort de démarrage normal en vue d'éviter les chocs.

Leur nombre varie suivant le type de locomotive et d'automotrice et ce, pour les mêmes raisons que celles développées ci-dessous.

Le démarrage peut se faire :

1° - soit avec un rapport $\frac{I_{min}}{I_{max}}$ faible.

Dans ces conditions, le courant moyen $\frac{I_{max} + I_{min}}{2}$ sera faible et l'effort moyen également.

L'accélération sera faible au démarrage, les pointes de courant élevées et les chocs dus aux variations d'efforts également. Le confort des voyageurs et le matériel en souffriront.

Par contre, cette méthode de démarrage n'exigera que peu de matériel d'où simplicité de l'appareillage, encombrement et poids réduits, diminution des frais d'installation, d'entretien et de réparation.

2° - soit avec un rapport $\frac{I_{min}}{I_{max}}$ élevé.

L'effort moyen sera élevé et proche de l'effort maximum, ce qui conduira à une accélération élevée au démarrage.

Les variations d'effort seront peu sensibles. Le confort des voyageurs sera meilleur et le matériel souffrira moins.

Par contre, cette méthode de démarrage conduit à un nombre élevé de crans d'où un matériel plus compliqué, plus coûteux d'établissement, d'entretien et de réparation.

Ces 2 méthodes de démarrage ont à la fois des partisans et des adversaires.

Comme nous le verrons plus loin, nous avons à la SNCB du matériel comptant peu de crans de démarrage, comme du matériel en comptant beaucoup avec les avantages et inconvénients signalés plus haut.

Toutefois, il semble que dans ce domaine, la meilleure solution soit un compromis entre les 2, c'est-à-dire un nombre modéré de crans.

Il ne sert à rien d'augmenter indéfiniment le nombre de crans; à partir d'un certain point, on ne gagne plus grand chose.

Dans les plus récentes réalisations, on a adopté comme limite extrême :
$$\frac{\text{Effort maximum au démarrage}}{\text{Effort moyen au démarrage}} = 1,08.$$

9.02. Transition.

Lors des démarrages, nous avons vu (art 8.02) qu'il y avait intérêt à démarrer d'abord les moteurs en série, puis de les coupler en série parallèle.

Le passage d'un couplage de moteur à un autre s'appelle la transition.

Deux méthodes sont couramment utilisées pour le changement de couplage :

9.03. Méthode par court-circuitage d'un groupe.

Cette méthode est illustrée à la figure 9.02 pour le cas de 4 moteurs.

Elle consiste en ceci :

Les 4 moteurs étant en série, toutes résistances éliminées, on shunte un groupe de 2 moteurs, puis on déconnecte le groupe shunté.

On marche donc momentanément avec 2 moteurs seulement en service, ceux-ci étant connectés en série avec une résistance.

Dans la dernière phase, le groupe de moteur primitivement éliminé est remis en service.

On a alors 4 moteurs couplés 2 à 2 en série parallèle avec une résistance de démarrage en série avec chaque groupe.

Ce qui a été décrit plus haut constitue le principe de la méthode; on peut évidemment modifier à souhait la façon de la réaliser mais dans tous les cas, on en revient aux idées de base décrites plus haut.

Cette méthode présente l'avantage d'être très simple et de ne pas exiger de contacteurs supplémentaires. Par contre, elle présente l'inconvénient d'occasionner des chocs. En effet, pendant le temps relativement court que dure la transition, on enregistre des variations d'efforts très sensibles.

Couplage fin série : les moteurs 1 et 2 donnaient un effort égal à celui des moteurs 3 et 4.

1er cran transition : l'effort des moteurs 1 et 2 est sensiblement diminué par rapport aux moteurs 3 et 4 par suite du shuntage des moteurs 1 et 2.

(La valeur de cet effort dépend de la valeur de la résistance de shuntage).

2me cran transition : l'effort des moteurs 1 et 2 est nul.

1er cran série parallèle : Les efforts des moteurs 1 et 2 et des moteurs 3 et 4 sont sensiblement égaux. Leur valeur est pratiquement la même que celle atteinte lors du couplage fin série.

L'influence de ces variations d'effort peut être diminuée par un choix judicieux des résistances et une répartition adéquate des moteurs dans les différents bogies. Il n'en reste pas moins vrai que cette méthode engendrera toujours des chocs, quoi qu'on fasse.

9.04. Méthode du Pont.

Cette méthode est illustrée à la figure 9.03 pour le cas de 4 moteurs.

Voici en quoi elle consiste.

Les moteurs étant en série, toutes résistances éliminées, on shunte chacun des groupes de 2 moteurs par une résistance.

De la sorte, il s'établit 2 circuits (fig. 9 .04):

- L'un des circuits (traits pleins) est constitué par les 4 moteurs en série et parcouru par le courant i_1
- L'autre circuit (traits pointillés) est constitué par la mise en série des résistances *du réostat* et est parcouru par le courant i_2

Comme l'indique les flèches, la connexion centrale AB appelée le pont, est parcourue par 2 courants de signes contraires i_1 et i_2 . C'est donc finalement le courant $i_1 - i_2$ qui parcourt la branche centrale.

Dans la 3e phase, on supprime la connexion centrale AB; les 4 moteurs sont alors couplés en série parallèle avec une résistance de démarrage dans chacun des groupes.

~~Les résistances de shuntage des moteurs sont calculées de manière que la différence de courant $i_1 - i_2$ qui parcourt la branche centrale soit voisine de zéro, autrement dit que les courants i_1 et i_2 soient sensiblement égaux.~~

Ainsi, lors du passage de fin série au premier cran série parallèle, la variation de courant dans les moteurs est sensiblement nulle. De ce fait, il n'y a pas de variation de couple donc pas de choc.

De plus, la branche AB étant parcourue par un courant sensiblement nul, le contacteur qui ouvre cette branche, le contacteur de pont, ne souffre pas lors de son ouverture.

Il y a lieu de remarquer toutefois que les résistances de shuntage de moteur étant en série sous 3.000 Volts, il en résulte un courant i_2 bien déterminé.

Par contre, les 4 moteurs étant en série sous 3.000 V. le courant i_1 qui les parcourt est variable suivant la vitesse des moteurs au moment du passage à fin série.

Il en résulte que le courant parcourant le pont n'est nul que pour une valeur bien déterminée du courant i_1 qui parcourt les moteurs.

On dit alors que le pont est équilibré.

Pour toutes les autres valeurs, le pont est déséquilibré, i_1 et i_2 étant différents.

Quoi qu'il en soit, la méthode du pont est nettement la meilleure pour le passage de la transition; elle ne présente que l'inconvénient d'exiger un ou deux contacteurs supplémentaires : le conducteur de pont.

6.

Un autre inconvénient est le fait qu'un groupe de moteurs est toujours branché directement sur les 3 kV qui sollicite fortement l'isolation lors du démarrage par temps humide.

Comme nous le verrons plus loin, le courant i_1 des moteurs lors du couplage fin série des automotrices est constant la plupart du temps; le pont sera donc équilibré dans la plupart des cas.

Il existe cependant des locomotives où les résistances varient pendant la phase de transition jusqu'au moment où la différence des courants $i_1 - i_2$ est sensiblement nulle; la transition est alors équilibrée dans tous les cas.

Bien qu'à première vue cette transition équilibrée soit fort tentante, il ne faut pas perdre de vue que cela va de pair avec une complication parfois très importante de l'appareillage.

La transition par la méthode du "pont ordinaire" (par opposition à la transition par la méthode du pont complètement équilibré) suffit amplement en pratique.

9.05. Shuntage des inducteurs des moteurs.

L'équation du moteur série s'écrit :

$$U = KN\Phi + (R_a + R_s) I$$

dans laquelle U , K , R_a et R_s sont constants.

Si nous affaiblissons le champ des inducteurs, donc si nous diminuons Φ , comme par suite de l'inertie mécanique N n'a pas varié, il en résultera une augmentation du courant I .

Le couple sans shuntage valait

$$C = K I \Phi$$

Le couple après shuntage vaudra

$$C' = K I' \Phi'$$

avec $\Phi > \Phi'$ et $I < I'$

L'étude de la courbe de magnétisation des moteurs montrerait que l'augmentation du courant est plus importante que celle du flux.

De ce fait, on a C shunté $>$ C plein champ.

L'effort est plus grand après shuntage qu'avant. Au moment du shuntage, il se produit donc une pointe de courant et d'effort.

Ainsi donc (figure 9.05), l'effort moyen constant pendant la phase d'élimination des résistances de démarrage jusqu'à la vitesse N1, décroît ensuite avec la vitesse suivant la courbe caractéristique du moteur série. Si maintenant, à partir d'une vitesse N2, nous shuntons, il va en résulter une brusque augmentation d'effort (courbe en traits gras) allant de pair avec une brusque augmentation de courant.

Cette brusque augmentation de courant et d'effort doit être limitée dans le même esprit que ce qui a été dit pour le passage des crans de démarrage.

Dans certains cas, le cran de shuntage n'est atteint qu'après plusieurs crans intermédiaires en vue de limiter les variations importantes de courant et d'effort.

Ainsi, la figure 9.06 donne les courbes caractéristiques pour le couplage en série des 4 moteurs de la locomotive *num 28*, d'abord à plein champ, puis à divers degrés de shuntage.

Les courbes en traits pleins correspondent à des crans appelés "crans économiques" parce qu'ils correspondent à des couplages avec toute résistance de démarrage éliminée.

Les courbes en traits fins représentent les crans intermédiaires prévus pour passer du cran série plein champ au 1er cran de shuntage, puis du 1er cran au 2e et ainsi de suite.

On voit, par exemple, que lorsqu'on passe du cran à 50 % de shuntage au cran 63 % de shuntage, le courant passe respectivement de 315 A à 400 A, soit une différence de 85 A.

Par contre, l'absence de cran intermédiaire provoquerait une variation de courant de 315 à 480 A, soit une différence de 165 A, soit le double.

On appelle degré d'excitation, le rapport

$$\frac{\text{champ inducteur après shuntage}}{\text{champ inducteur avant shuntage}}$$

9.06. Modes de shuntage.

L'affaiblissement du champ des inducteurs peut se faire de 2 manières différentes :

1. En éliminant ou en court-circuitant un certain nombre de spires des inducteurs (figure 9.07);

Ceci provoque, en effet, la réduction des ampères-tours nI par suite de la réduction du nombre de spires.

8.

2. En shuntant l'inducteur complet par une résistance (figure 9.08). Ceci a pour effet de réduire le courant traversant les inducteurs: il au lieu de I et de diminuer en conséquence les ampères tours (nI au lieu de $n\bar{I}$).

Vu la zone dans laquelle on utilise la courbe magnétique des moteurs de traction, on peut dire que le degré d'excitation vaudra :

pour la 1ère méthode : $\frac{\text{nombre de spires après shuntage}}{\text{nombre de spires avant shuntage}}$

pour la 2ème méthode : $\frac{\text{courant dans inducteurs après shuntage}}{\text{courant dans inducteurs avant shuntage}}$

On définit également, dans cette 2e méthode le degré de shuntage qui vaut :

$\frac{\text{courant dans résistance de shuntage}}{\text{courant dans inducteur avant shuntage}}$

9.07. Limite du shuntage.

On est limité dans le degré de shuntage par les difficultés de commutation.

Nous avons vu, en effet, qu'il fallait équilibrer les forces contre-électromotrices naissant à la commutation par une force électromotrice produite par les pôles de commutation et proportionnelle au courant d'armature.

Or, au fur et à mesure que l'on affaiblit le champ des inducteurs, on modifie les forces contre-électromotrices qui naissent à la commutation. Par contre, le courant d'armature n'est pas modifié, donc la force électromotrice d'équilibrage non plus.

Il en résulte donc un déséquilibre à la commutation qui s'amplifie avec le degré de shuntage. Un degré de shuntage de 75 % semble être actuellement la limite pratique.

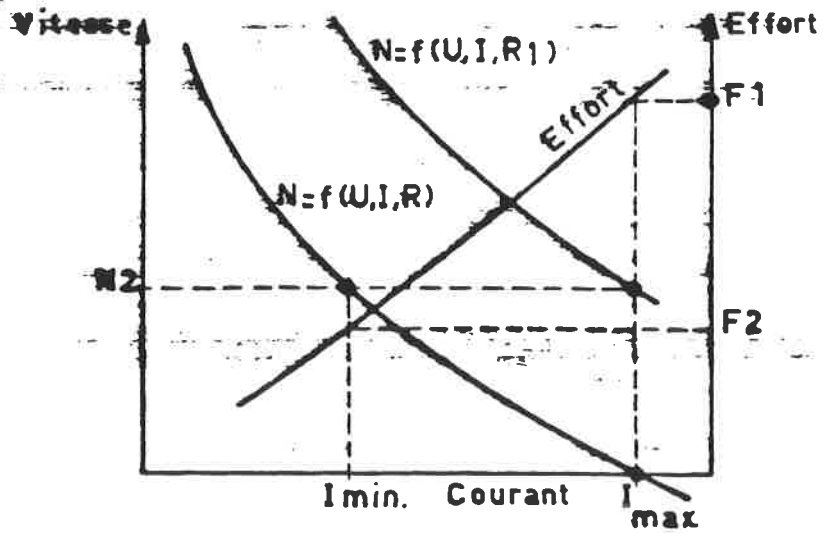
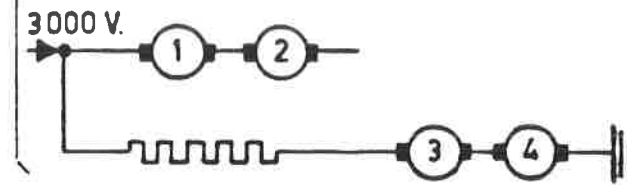
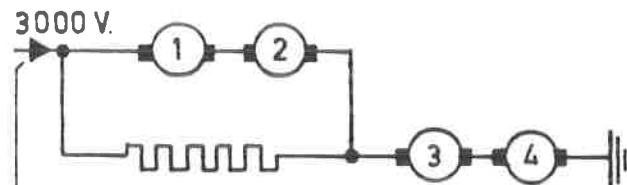
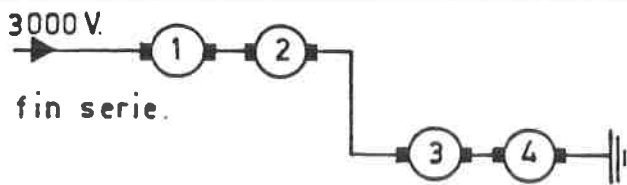
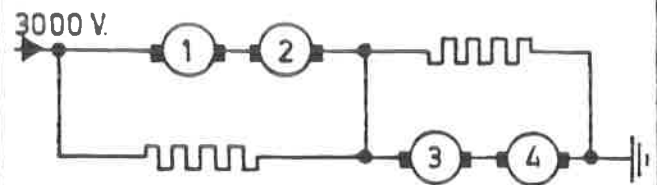
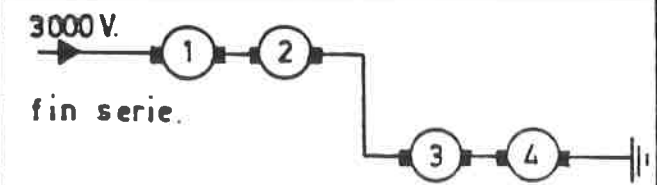


Fig. 9/01



1^{er} cran
serie - paral.



1^{er} cran
serie - paral.

Fig. 9/02

Fig. 9/03

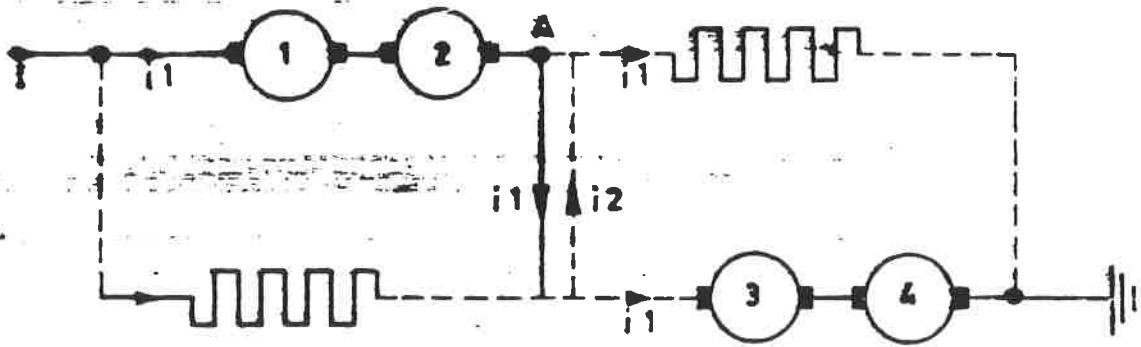


Fig. 9.04

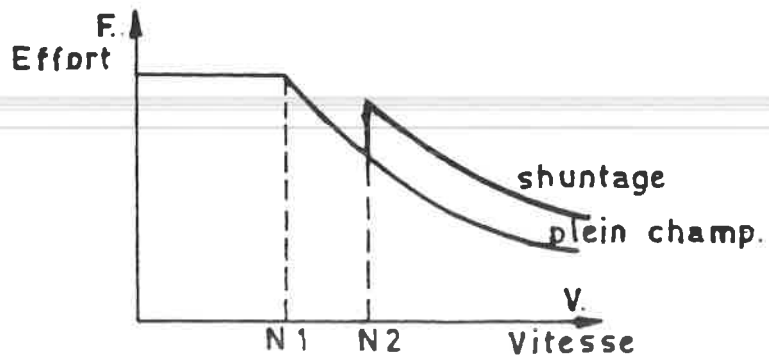


Fig. 9.05

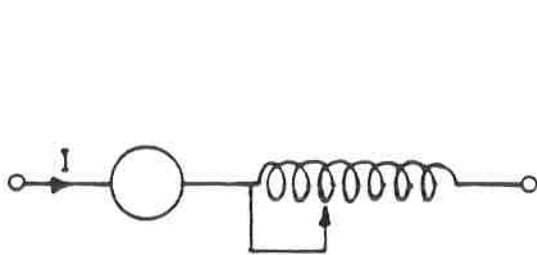


Fig. 9.07

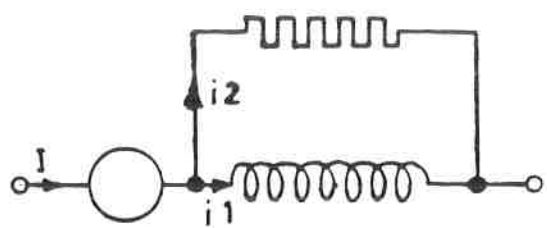
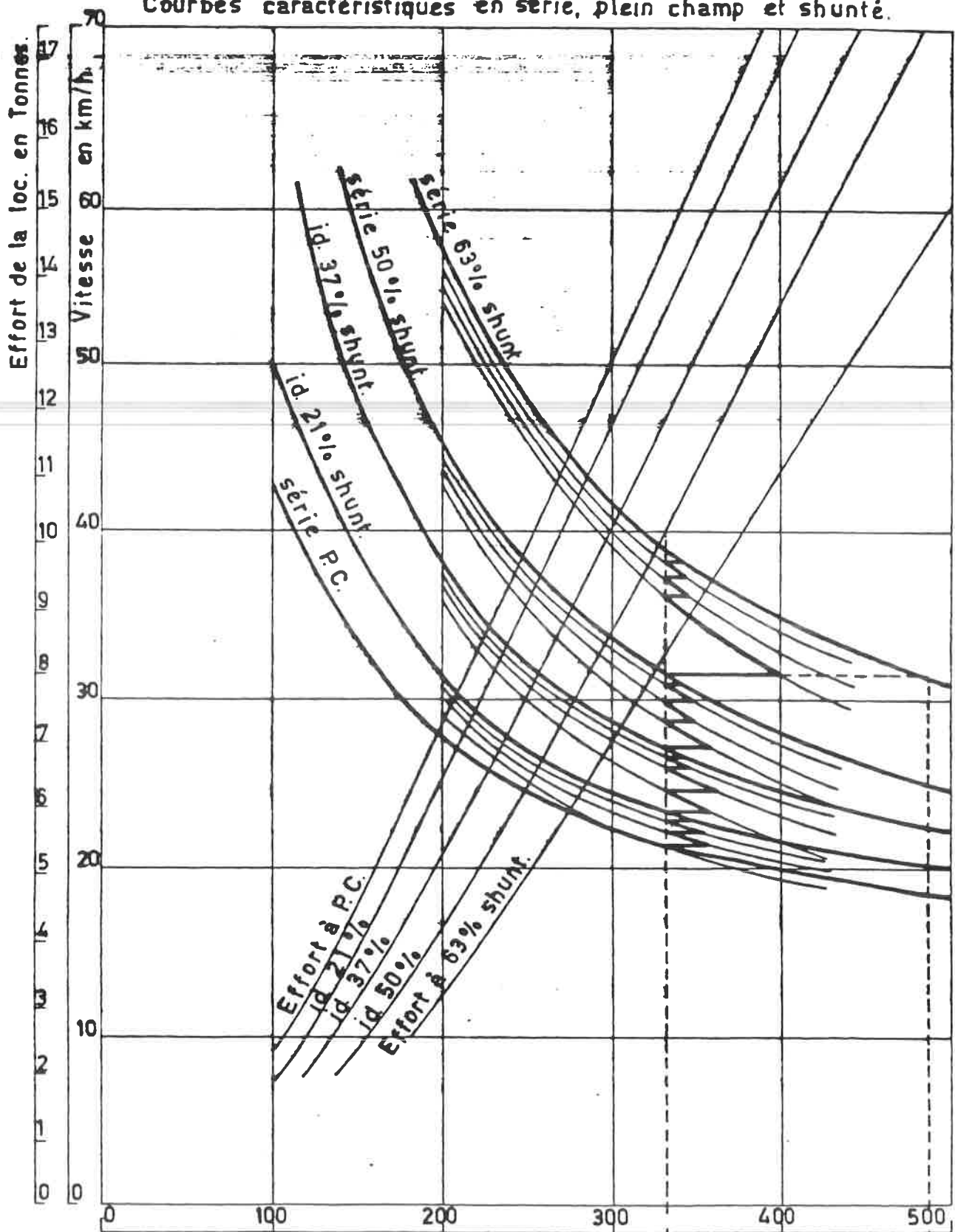


Fig. 9.08

LOCOMOTIVE SÉRIE 38

Courbes caractéristiques en série, plein champ et shunté.

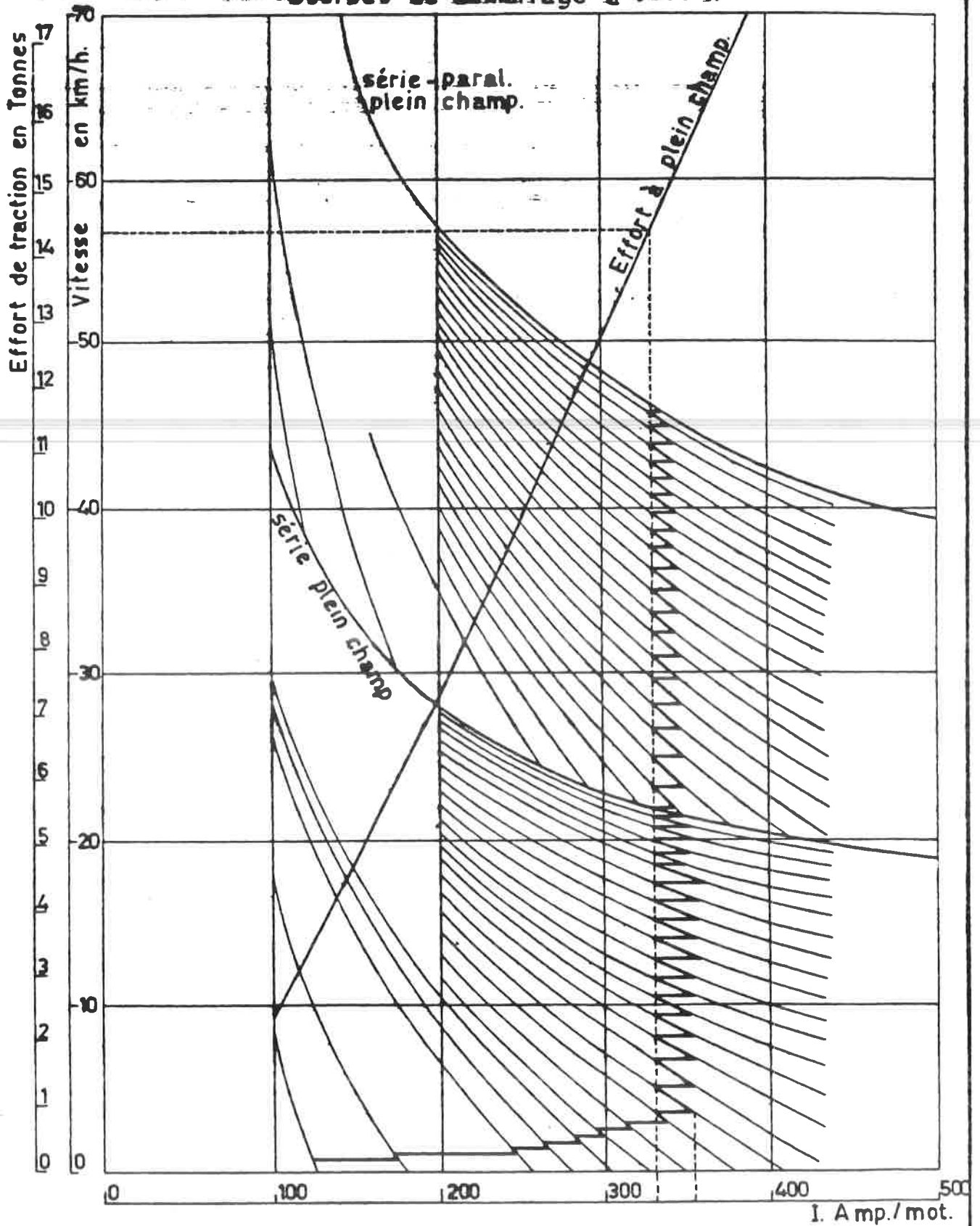


I amp./mot.
C 1270
1968/9

Fig. 906

LE SERIE 20.

Courbes de démarrage à 3000 V.



C 1270
1968/9

Fig. 909

MOTEUR DE TRACTION10.01. Inversion du sens de marche.

Le sens de la force f qui tend à faire tourner le moteur est donné par la règle des 3 doigts de la main gauche.

Pour inverser le sens de marche, il suffira donc d'inverser le sens de la force f (fig.10.01).

Ceci peut se faire en inversant soit le sens du courant i , soit le sens du champ des inducteurs H .

L'inversion simultanée de ces 2 éléments ne change pas le sens de marche du moteur.

Pratiquement, on inversera donc le sens de marche du moteur:

1. soit en inversant les connexions aux bornes de l'excitation;
2. soit en inversant les connexions aux bornes de l'induit.

L'une et l'autre méthode sont employées en pratique.

L'inversion du moteur ne peut se faire que sur des moteurs à l'arrêt.

En effet, supposons (fig.10.02) le moteur alimenté comme indiqué en A: le moteur tourne dans le sens indiqué par v et la force contre-électromotrice tend à établir un courant dans le sens indiqué par i , sens qui est l'inverse du courant I traversant le moteur.

Si, maintenant, nous coupons l'alimentation du moteur, celui-ci continue à tourner dans le même sens sur la vitesse acquise.

Si nous inversons le sens de marche (par exemple, en inversant les connexions de l'excitation), il va en résulter un changement de la force contre-électromotrice qui aura maintenant le sens indiqué par i à la fig. 10.03.

La force électromotrice va maintenant s'ajouter à la tension appliquée au moteur et donner lieu à un courant I très élevé qui risque de provoquer la carbonisation des isolants. De plus, le couple va s'inverser puisque le champ s'est inversé. Sur un moteur en rotation entraîné

par l'inertie considérable de l'automotrice ou de la locomotive, on va donc venir appliquer brusquement un couple de sens contraire au sens de rotation du moteur; il en résultera un choc mécanique important pouvant entraîner le bris des organes de la transmission.

Changer de sens de marche lorsque les moteurs ne sont pas arrêtés est donc une opération extrêmement dangereuse qui ne peut être utilisée qu'en cas de catastrophe imminente.

10.02. Commande d'élimination des résistances de démarrage.

Nous avons vu que les crans économiques fin série plein champ ou shunté fin série parallèle plein champ ou shunté n'étaient atteints qu'après une élimination progressive des résistances de démarrage.

Cette élimination peut se faire soit manuellement, soit automatiquement.

Commande manuelle.

C'est le conducteur qui choisit lui-même, à son gré, le moment où il va passer d'un cran de démarrage au suivant; il choisit donc lui-même le courant de reprise; à cet effet, il consulte le ou les ampèremètres des moteurs de traction.

Le nombre de crans étant caractéristique de la locomotive, le conducteur ne peut rien y changer. Par contre, il peut changer à son gré l'effort au démarrage en modifiant le courant de reprise.

De plus, il peut faire varier le courant de reprise d'un cran au suivant et s'attarder sur un cran déterminé.

Commande automatique.

Le conducteur n'a aucune action sur le démarrage; il choisit uniquement la position finale sur laquelle il s'arrêtera: fin série plein champ ou shunté, fin série parallèle plein champ ou shunté.

Le passage des crans se fait automatiquement sans aucune action du conducteur sous un courant de reprise bien déterminé, fixé une fois pour toutes.

L'appareil qui règle le passage des crans est le "relais d'accélération".

Ce relais est réglé pour commander le circuit permettant le passage des crans pour la valeur du courant de reprise qu'on s'est fixée.

1003. Comparaison des 2 méthodes de commande.Cas des automotrices.

La commande automatique est de loin la plus intéressante; elle s'est largement répandue; toutes les automotrices de la SNCB en sont équipées.

Cette commande présente l'avantage de donner les démarrages les plus rationnels puisque la valeur du courant de reprise, donc le réglage du relais d'accélération, a été calculé après une étude du problème; on ne laisse rien au gré du conducteur. De plus, cette valeur ayant été fixée une fois pour toute, le passage d'un cran au suivant se fera toujours pour la même valeur du courant de reprise. Les démarrages se feront donc toujours dans les mêmes conditions. De plus, la durée de marche sur un cran déterminé aura été étudiée de façon à éviter tout échauffement excessif des résistances de démarrage.

Dans le cas des automotrices, on peut fixer une fois pour toutes le courant de reprise, donc en fin de compte l'effort de démarrage parce que la charge est faible vis-à-vis de la tare et que par conséquent la charge remorquée est sensiblement constante.

Exemple: une automotrice double type 1939 pèse à vide: 110 tonnes.

La charge complète: voyageurs, bagages, eau, outillage se monte à 18 tonnes.

soit $\frac{18}{110} = 16,5 \%$ de la tare.

La charge remorquée varie donc entre 110 tonnes et 128 tonnes seulement, soit de 16,5 % maximum.

Cas des locomotives.

En locomotives, le problème est complètement différent: la charge remorquée est essentiellement variable; la locomotive peut ne remorquer qu'elle même (locomotive à vide); elle peut, par contre, remorquer des trains de marchandises de 1500 tonnes. Entre ces 2 limites extrêmes, on peut trouver toutes les charges intermédiaires.

Il importe donc que le conducteur puisse agir à son gré sur l'effort moteur de sa locomotive suivant la charge remorquée.

De plus, dans une locomotive, on prend des rapports effort par moteur/charge par essieu beaucoup plus élevés que dans une automotrice, ce qui fait que l'on est beaucoup plus près de la limite d'adhérence (voir plus loin pour cette notion) et qu'on risque beaucoup plus facilement de dépasser la limite d'adhérence. L'adhérence variant

4.

fortement avec ces conditions atmosphériques, il faut pouvoir doser l'effort moteur de façon à rester en dessous de la limite d'adhérence quelles que soient les conditions atmosphériques.

Les considérations développées plus haut expliquent que la commande manuelle se soit largement répandue. Cependant depuis quelques années, la commande automatique tend à se développer.

Cette commande automatique doit cependant être perfectionnée par rapport à ce qui existe sur les automotrices. En effet, vu la nécessité d'avoir un effort de démarrage ajustable suivant la charge remorquée et les conditions atmosphériques, le conducteur doit pouvoir régler à distance le courant de reprise, donc le relais d'accélération.

A cet effet, on peut disposer:

soit de plusieurs relais d'accélération réglés d'avance à des valeurs différentes et d'un commutateur que le conducteur manoeuvre pour utiliser l'un ou l'autre relais selon ses besoins, soit d'un relais dont le conducteur fait varier à distance la valeur de réglage.

Cette seconde méthode est la meilleure; elle permet comme en commande manuelle de démarrer avec n'importe quel effort; par contre, elle présente l'avantage de libérer le conducteur de l'examen continu des ampèremètres des moteurs de traction pendant le démarrage.

Toutefois, dans certains cas spéciaux, il est nécessaire d'avoir une commande manuelle. Pour cette raison, la meilleure solution pour les locomotives est la commande automatique avec relais d'accélération réglable d'une façon continue et avec possibilité de commande manuelle (solution adoptée sur les locomotives types 120 et 122).

10.04. Intérêt du shuntage.

Nous avons dit que l'affaiblissement du champ des inducteurs des moteurs de traction entre les différents couplage de ces moteurs améliorerait le rendement au démarrage.

Ce n'est pas là le seul intérêt du shuntage. L'affaiblissement du champ s'emploie aussi et surtout pour obtenir un plus grand nombre de vitesses économiques.

En effet, nous avons vu que la vitesse N du moteur série valait:

$$N = \frac{U - (R_a + R_s) I}{K \Phi}$$

Où U , R_a , R_s et K sont des constantes.

Puisque le flux Φ ne dépend que du courant I , on peut dire que la vitesse N n'est fonction que de I .

$$N = f(I)$$

Si nous shuntons les inducteurs, l'équation précédente va devenir

$$N' = \frac{U - (R_a + R's) I}{K \Phi'}$$

où U , R_a , $R's$ et K sont des constantes.

~~$R's$ a changé de valeur par rapport au cas précédent~~ puisqu'on a mis une résistance en parallèle sur la résistance R_s des inducteurs.

D'autre part, le flux Φ' dépend toujours uniquement du courant I mais sa variation en fonction de I n'est pas la même que dans le cas précédent vu que l'on a shunté les inducteurs.

Il en résulte donc que la vitesse N' , tout en étant toujours uniquement fonction de I , varie d'une autre façon que dans le cas précédent:

$$N' = f'(I)$$

Ainsi donc, on obtiendra autant de courbes différentes de la vitesse N en fonction du courant I qu'il y a de degrés de shuntage différents.

Ces courbes sont des courbes de marche économique puisqu'elles correspondent à des couplages des moteurs sans résistance de démarrage en service.

De même qu'à chaque degré de shuntage, il correspond une courbe différente de la vitesse N en fonction du courant I , il correspond également une courbe différente de l'effort à la jante F_m en fonction de la vitesse N .

A titre d'exemple, la fig. 10,04 donne les courbes effort-vitesse de la locomotive *série 22* pour les couplages série et série-parallèle, respectivement à plein champ et au shuntage maximum.

6.

La charge remorquée, par contre, possède un effort résistant R qui varie avec la vitesse et le profil de la ligne.

L'équilibre est atteint au moment où l'effort moteur P de la locomotive ou de l'automotrice est égal à l'effort résistance R de la charge remorquée.

$$P = R$$

Sur la fig. 10 .04, on a dessiné les courbes effort résistant vitesse pour quelques types de charges remorquées.

On voit, par exemple, que dans le cas d'un train de marchandises de 1400 tonnes en rampe de 2 mm/m, nous avons les vitesses d'équilibre suivantes:

- en couplage série plein champ: 27,5 km/h;
- en couplage série shuntage maximum: 45,5 km/h;
- en couplage série parallèle plein champ: 53 km/h.

Les degrés de shuntage compris entre série plein champ et série shuntage maximum donneraient autant de vitesses d'équilibre supplémentaires comprises entre 27,5 km/h et 45,5 km/h.

Ces vitesses d'équilibre sont également appelées vitesses économiques vu qu'elles correspondent à des fonctionnements sans résistance de démarrage en service.

On voit donc que le shuntage multiplie le nombre de vitesses économiques, donc la souplesse de la machine. Ainsi, en l'absence de shuntage, il ne pourrait y avoir que 2 vitesses économiques: l'une à fin série plein champ, l'autre à fin série parallèle plein champ.

L'idéal, dans le cas d'une locomotive surtout, est que l'ensemble des courbes plein champ et shuntage pour les 2 couplages série et série parallèle forment un ensemble continu donnant entre série plein champ et série parallèle shuntage maximum un ensemble de vitesses économiques croissant progressivement; en d'autres termes, il ne doit pas y avoir de "trou" entre les différents couplages.

Le shuntage permet également de mieux utiliser la puissance du moteur; en effet, au fur et à mesure que la vitesse du moteur croît, le courant I diminue, la tension U étant constante. La puissance U I fournie au moteur diminue et l'effort moteur également.

Si nous shuntons, le courant I va augmenter, la tension U étant toujours constante; la puissance $U I$ fournie au moteur va augmenter et le couple moteur également.

Remarquons pour finir que l'intérêt du shuntage est beaucoup moins évident sur les réseaux à courant alternatif.

En effet, dans ce cas, la puissance aux moteurs peut être réglée au moyen de crans sur le transformateur.

Le problème de la conduite économique ne se pose donc pas.

10.05 Définitions - Caractéristiques.

Régime continu. Le régime continu d'un moteur de traction est celui qu'un moteur peut supporter au banc d'essai pendant une période illimitée dans les conditions de l'essai d'échauffement sans que les limites d'échauffements soient dépassées.

Régime unihoraire. Le régime unihoraire d'un moteur de traction est celui qu'un moteur peut supporter au banc d'essai, pendant une heure (l'essai étant commencé lorsque le moteur est froid et poursuivi dans les conditions de l'essai d'échauffement) sans que les limites d'échauffements soient dépassées.

Courant continu : c'est le courant correspondant au régime continu.

Courant unihoraire : c'est le courant correspondant au régime horaire.

Courant maximum : c'est le courant maximum pouvant être admis dans le moteur pendant un court instant (1 minute, par exemple) sans entraîner de détériorations électrique ou mécanique au moteur et sans dommage pour le collecteur.

En général, le courant maximum d'un moteur de traction est égal à 1,7 x courant unihoraire.

Tension nominale. La tension nominale d'un moteur est la tension spécifiée aux bornes de ce moteur.

Cette tension nominale est la même que la tension nominale du réseau de traction dans tous les cas où le moteur est alimenté directement par la ligne de contact.

Pour les moteurs travaillant d'une façon permanente en série de n unités, la tension nominale du moteur est désignée par le rapport $\frac{U}{n}$ de la tension nominale d'alimentation U au nombre n de moteur.

Ainsi, dans le cas de la SNCB, la tension nominale d'alimentation U de la ligne de contact est de 3 000 volts.

Les moteurs de traction sont couplés en permanence par 2 en série. La tension nominale des moteurs est de $\frac{3\ 000}{2} = 1\ 500$ volts.

10.06 Puissance d'un moteur.

La puissance d'un moteur de traction est la puissance mécanique disponible sur l'arbre du moteur, exprimée en kilowatts ou en chevaux.

On distingue la puissance continue correspondant au régime continu et la puissance unihoraire correspondant au régime unihoraire.

Sauf indication spéciale, la puissance nominale d'un moteur de traction est sa puissance unihoraire.

Puissance d'une automotrice ou d'une locomotive.

Conventionnellement, la puissance d'une locomotive ou d'une automotrice est définie par la somme des puissances de ses moteurs mesurées sur l'arbre, en plate-forme d'essais.

La puissance nominale d'une locomotive ou d'une automotrice est la somme des puissances unihoraires de ses moteurs.

Pour chacune des puissances unihoraire et continue d'une locomotive ou d'une automotrice, il faut indiquer la vitesse correspondante. On mentionnera aussi la vitesse maximum en km/h.

Exemple : une locomotive pouvant marcher à une vitesse maximum de 100 km/h et ayant d'une part une puissance nominale de 1 400 kW à 60 km/h et une puissance continue de 1 000 kW à 70 km/h sera désignée comme suit :

"1 400 kW à 60 km/h, 1 000 kW à 70 km/h (maximum 100 km/h)".

Le nombre indiquant la puissance continue est à souligner. A moins d'indications contraires, les vitesses indiquées pour les puissances unihoraire et continue sont celles correspondant à plein champ.

10.07 Classification des isolants.

Parmi les diverses classes d'isolants, nous retiendrons seulement les 2 classes qui nous intéressent :

Classe A : coton, soie, papier et matières organiques similaires imprégnés, ainsi que toutes les substances dénommées émail entrant dans la constitution du fil émaillé.

Classes B, F et H : composées de mica, verre, amiante ou d'un mélange de ces matières.

Ces classes se distinguent par la nature de l'agglomérant :

B - shelloac

F - alkide (glyptal) ou Epoxy (araldite)

H - Silicones (verniss ou huile).

10.08 Limites d'échauffement.

Le tableau ci-dessous donne les limites d'échauffement admissibles au banc d'essai par rapport à la température de l'air de refroidissement pour les divers organes des moteurs, isolés avec des matières définies plus haut, l'essai étant effectué dans les conditions requises.

Isolants	Régime	Organes	Méthode de mesure des températures	Echauffement
Classe A	Continu	Enroulements d'armature et de champ	Résistance	85° C
		Collecteur	Thermomètre	100° C
	Unihoraire	Enroulement d'armature et de champ	Résistance	100° C
		Collecteur	Thermomètre	105° C
Classe B	Continu et unihoraire	Enroulement d'armature	Résistance	120° C
		Enroulement de champ	Résistance	130° C
		Collecteur	Thermomètre	105° C
Classe F	Continu et unihoraire	Enroulement d'armature	Résistance	140° C
		Enroulement statorique	Résistance	155° C
		Collecteur	Thermomètre	105° C
Classe H	Continu et Unihoraire	Enroulement d'armature	Résistance	160° C
		Enroulement statorique	Résistance	180° C
		Collecteur	Thermomètre	105° C

La température conventionnelle admise pour l'air de refroidissement est de 25° C.

Lorsque la température de l'air de refroidissement durant l'essai t_a diffère de 25° C, l'intensité nominale correspondant à 25° C : I_{25} doit être déduite de l'intensité I_a obtenue lors de l'essai en utilisant la formule de correction suivante :

C 1270/1968/10

$$I_{25} = I_a \left(1 + \frac{t_a - 25}{800} \right).$$

10.09 Conditions de l'essai d'échauffement.

Tension durant l'essai.

Pour les moteurs ventilés, la tension appliquée au moteur pendant la durée de l'essai d'échauffement doit être, aussi bien pour les essais en régime unihoraire que pour les essais en régime continu, la tension nominale du moteur telle qu'elle a été définie plus haut.

Excitation du moteur durant l'essai.

Pour les moteurs à excitation réglable, on doit spécifier l'excitation à laquelle l'essai doit être exécuté.

Ventilation durant l'essai.

L'essai d'échauffement doit être effectué avec le moteur disposé pour le service normal, en laissant en place tous ceux des organes du moteur qui peuvent influencer l'échauffement du moteur, mais sans ventilation correspondant à celle produite par le mouvement du véhicule.

Si une ventilation forcée du moteur est prévue en service, elle doit également être en service lors de l'essai.

10.10 Mesure des températures lors de l'essai d'échauffement.

Mesure de la température de l'air de refroidissement durant l'essai.

La température de l'air de refroidissement doit être mesurée au moyen de thermomètres disposés en différents points autour du moteur, à une distance de 1 à 2 mètres et protégés contre tout rayonnement ainsi que contre les courants d'air.

En cas de refroidissement par ventilation forcée, la température de l'air arrivant au moteur, mesurée à son entrée, est considérée comme température de l'air de refroidissement durant l'essai.

La valeur à adopter pour la température de l'air de refroidissement durant un essai doit être la moyenne des lectures relevées sur des thermomètres, placés comme indiqué ci-dessus, à des intervalles égaux de temps durant le dernier quart de la durée de l'essai.

Mesure par thermomètre de la température du collecteur.

La température est déterminée au moyen de thermomètres appliqués immédiatement après l'arrêt sur les parties accessibles du collecteur aux endroits présumés les plus chauds.

Mesure par variation de résistance de la température des enroulements.

On sait que la résistance des conducteurs en cuivre augmente avec la température du conducteur.

L'échauffement des enroulements peut donc être déterminé par l'augmentation de leur résistance.

L'échauffement d'un enroulement en fin d'essai est déterminé par la relation suivante :

$$t_2 - t_a = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (235 + t_1) + t_1 - t_a$$

dans laquelle :

t_a = température en degrés C° de l'air de refroidissement durant l'essai;

t_2 = température en degrés C° de l'enroulement en fin d'essai;

t_1 = température en degrés C° de l'enroulement froid au moment de la mesure de sa résistance initiale.

R_2 = résistance en ohms de l'enroulement en fin d'essai;

R_1 = résistance en ohms de l'enroulement froid.

Résistance initiale R_1 .

Avant de procéder aux essais d'échauffement d'un moteur de traction, il est nécessaire de s'assurer, au moyen de mesures par thermomètres, que les enroulements de ce moteur sont, à 4° C près, en équilibre de température avec le milieu ambiant.

Mesure de la résistance à chaud - Courbe de refroidissement.

La courbe de refroidissement obtenue par des mesures successives de résistances doit être extrapolée dans le but de fixer l'échauffement à l'origine de la période de refroidissement.

La courbe de refroidissement ne peut être assimilée à une exponentielle simple que durant une courte période; il y a donc lieu :

- 1° De s'attacher à ce que la première mesure soit faite au plus tard 30 secondes après l'origine;
- 2° D'effectuer des mesures successives à intervalles n'excédant pas 15 secondes durant les 2 premières minutes et 20 secondes pendant les 3 minutes suivantes.

On détermine graphiquement par un tracé à grande échelle l'échauffement à l'origine en extrapolant par une ligne droite la courbe de refroidissement tracée en utilisant une échelle logarithmique pour l'échauffement et une échelle linéaire pour le temps.

Les points d'abscisse supérieurs à 90 secondes ne doivent pas intervenir dans le tracé de la courbe dont on n'utilise, pour l'extrapolation, que la portion correspondant aux points d'abscisse inférieurs à 90 secondes.

10.11 Remarques sur la mesure des températures par variation de résistances.

En mesurant la température d'un induit d'un moteur de traction par la méthode de variation de résistance, l'expérience a montré que l'on peut obtenir des résultats dignes de confiance en prenant soin que les mesures avant et après l'essai d'échauffement soient relevées entre la même paire de lames du collecteur et directement sur le collecteur. Le courant doit être ajusté à la même valeur pour chacune des 2 séries de mesures, avant et après la marche d'essai et la chute de tension en volts est mesurée entre la même paire de lames que celle où est amené le courant. Des paires de contacts séparés sont utilisés pour le relevé de la tension et l'amenée du courant.

Lorsqu'on emploie la méthode du voltmètre et de l'ampèremètre pour la mesure des résistances à froid et à chaud, la valeur du courant utilisé doit être d'environ 20 pour cent du courant correspondant au régime unihoraire.

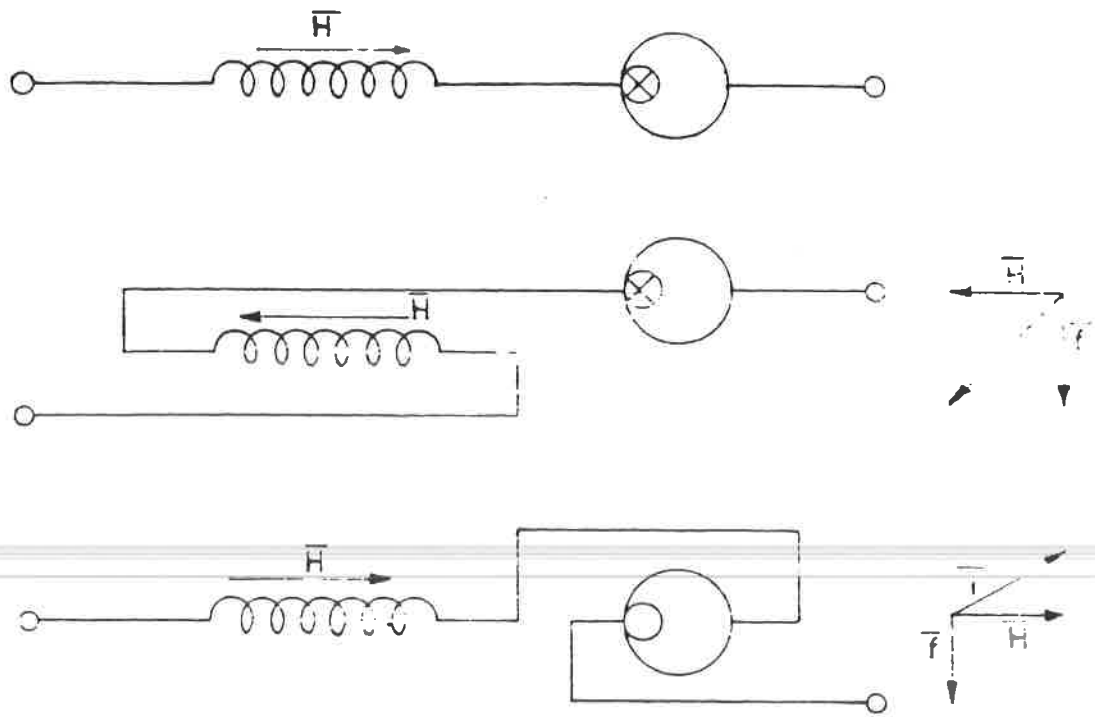


Fig. 10.01

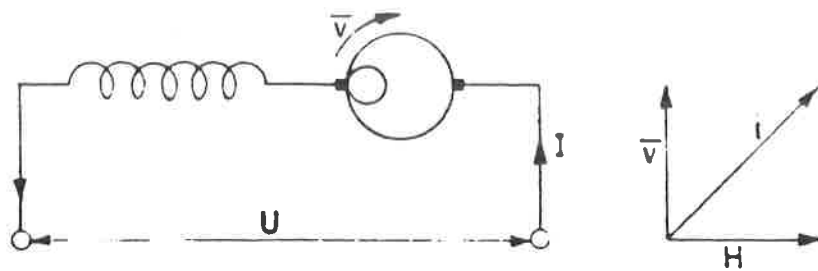


Fig. 10.02

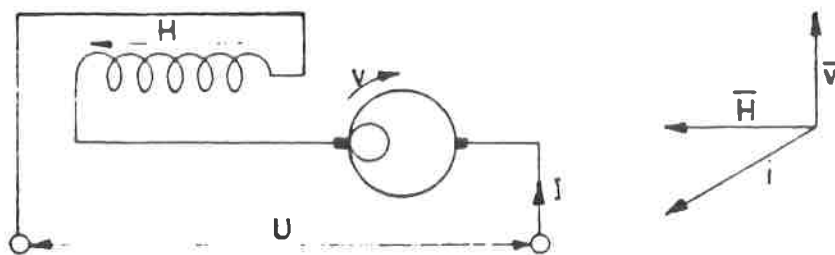


Fig. 10.03

LOCOMOTIVE SERIE 22.

Courbes des efforts en fonction de la vitesse.

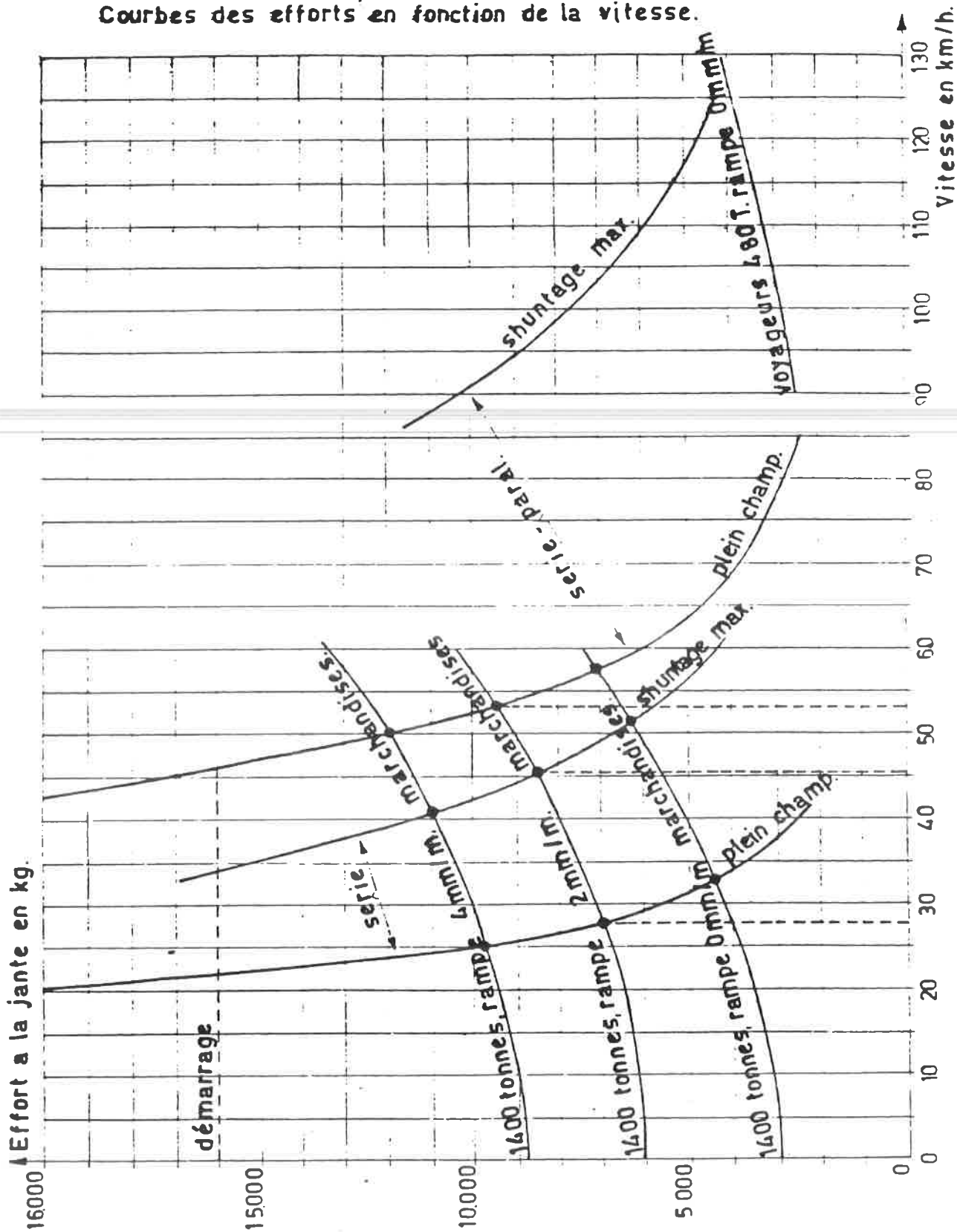


Fig. 10.04.

C1270 | 10
1968

MOTEUR DE TRACTION (suite).

11 01. Mesure du rendement - Méthode de Hutchinson.

Par rendement d'un moteur de traction, on entend le rapport de la puissance mécanique à l'arbre du moteur à la puissance aux bornes du moteur $U_m I_m$, soit:

$$\eta = \frac{\text{Puissance à l'arbre}}{U_m I_m}$$

Il existe différentes méthodes pour mesurer ce rendement. Comme généralement on construit une série de plusieurs moteurs identiques, on utilise pour la mesure du rendement, la méthode de récupération en accouplant directement deux moteurs d'un même type par leurs arbres d'induits.

L'un des moteurs fonctionne en moteur, l'autre en génératrice; les pertes sont fournies par une ligne d'alimentation à tension convenable et par un survolteur intercalé dans le circuit des 2 machines. Les connexions sont effectuées suivant le schéma de la fig. 11 01 qui illustre la méthode de Hutchinson.

Si l'on désigne par:

U_m la tension aux bornes du moteur
 U_s " " du survolteur
 U_1 " de la ligne d'alimentation
 I_m le courant traversant le moteur
 I_g " " la génératrice
 I_l " " la ligne
 R = la résistance totale de l'armature (sans balais) et des pôles auxiliaires d'un moteur
 e_b = la somme des chutes de tension au contact des balais positifs et négatifs de chaque machine,

on montrerait que le rendement η est donné par la relation

$$\eta = 1 - \frac{U_s I_s + U_1 I_1 + R (I_m^2 - I_g^2) + e_b I_l}{2 U_m I_m}$$

Cette relation suppose que les 2 machines sont identiques, ce qui est logique vu qu'il s'agit d'une série de machines.

2.

On admettra pour e_b la valeur de 3 volts.

Pour avoir une mesure précise, on procède à la lecture des instruments de mesure après que la charge sera restée constante au moins une minute. On fera deux lectures en inversant les 2 machines et en prenant la moyenne arithmétique des 2 rendements trouvés.

La fig. 11.02 donne, à titre d'exemple, la courbe de rendement en fonction de la charge d'un moteur de locomotive. Comme on le voit, ce rendement est très élevé (maximum 94,5 %) et assez peu variable avec la charge.

11.02. Essai de rigidité diélectrique.

La tension d'essai est appliquée entre l'enroulement et la carcasse. L'essai de rigidité diélectrique s'effectue après l'essai d'échauffement (la température des enroulements étant d'environ 75° C) et après l'essai de survitesse.

La tension d'essai est alternative, la fréquence du courant étant comprise entre 25 et 100 périodes par seconde.

L'essai doit être commencé à une tension de moins du tiers de la tension d'essai et augmentée graduellement jusqu'à la pleine tension.

La pleine tension doit être maintenue pendant une période de 60 secondes à une valeur de $2,25 U + 2\ 000$ volts, U étant la tension nominale du réseau.

Dans notre pays, la tension U étant de 3 000 volts, l'essai de rigidité se fait donc à $2,25 \times 3\ 000 + 2\ 000 = 6\ 750 + 2\ 000 = 8\ 750$ volts.

11.03. Essai de commutation.

Les essais de commutation sont effectués à chaud, après l'essai d'échauffement.

L'essai consiste à faire tourner le moteur sous différents courants et tensions indiqués dans la commande.

Pour la réalisation de chacun des essais, on fait tourner le moteur pendant 30 secondes dans chacun des deux sens de rotation. Avant de passer d'un sens de rotation à un autre, on peut éventuellement faire fonctionner le moteur pendant 5 minutes à une régime moins dur que celui de l'essai.

Chacun des essais de commutation devra être supporté par le moteur sans détérioration mécanique, ni flash, ni dommages permanents, les dommages permanents étant ceux susceptibles de nuire au bon fonctionnement du moteur postérieurement à l'achèvement de l'essai.

11.05. Essai de démarrage.

Le moteur, immobilisé, est soumis pendant une minute à une intensité égale à 1,7 fois le courant unihoraire.

11.07. Détermination des courbes N/I (fig. 11.03).

La courbe de magnétisation du moteur est connue. Elle est déterminée au banc d'essai. Il s'agit en somme de la caractéristique à vide du moteur entraîné comme dynamo à vitesse constante et excitation indépendante. L'on mesure la tension à ses bornes (fem) en fonction du courant d'excitation.

Puisqu'il s'agit d'un moteur série, le courant I de l'induit est égal au courant I de l'excitation (sans shuntage).

Nous nous proposons de déterminer pour chaque valeur de I, la vitesse N correspondante.

Pour une vitesse N (500 t/min dans notre exemple), nous connaissons la relation permettant de déterminer E en fonction de I

$$E = kN\Phi$$

Pour le même courant I, mais à la vitesse N_1 , nous aurions la relation:

$$E_1 = k N_1 \Phi$$

En divisant, nous trouvons

$$\frac{E}{E_1} = \frac{N}{N_1}$$

d'où N_1

$$N_1 = E_1 \frac{N}{E}$$

E_1 n'étant pas connu, nous pouvons en déterminer la valeur par la relation

$$U = E_1 + r I$$

d'où $E_1 = U - r I$

Enfin:

$$N_1 = N \frac{U - r I}{E}$$

Dans l'exemple de la fig. 11.03, 3 points ont été calculés pour des courants respectifs de 400, 200 et 100 A ($r = 0,5 \Omega$)

4.

$$N_1 = 500 \frac{1500 - 0,5 \cdot 400}{1150} = 550 \text{ t/min}$$

$$N_2 = 500 \frac{1500 - 0,5 \cdot 200}{950} = 750 \text{ t/min.}$$

$$N_3 = 500 \frac{1500 - 0,5 \cdot 100}{600} = 1200 \text{ t/min}$$

avec résistance de démarrage, la formule devient:

$$N_1 = N \frac{U - (R + r)I}{E}$$

et avec 4 moteurs en série:

$$U = 4 E + 4 r I + R I$$

$$\text{d'où } 4 E = U - (4 r + R) I$$

et

$$N_1 = N \frac{U - (4 r + R) I}{4 E}$$

II.08. Caractéristique de shuntage. (fig. 11.04).

Traçons d'abord la courbe $E = f(\Phi)$ à plein champ pour une vitesse donnée, par exemple $N=1000 \text{ t/min}$

Nous aurons

$$E_{100 \text{ A}} = 1200 \text{ V}$$

$$\text{et } E_{130 \text{ A}} = 1430 \text{ V}$$

Au lieu de mettre en abscisse I inducteur,

→ nous pouvons inscrire I induit (moteur série et $\Phi = 1$).

Traçons à présent la même courbe mais à 50 % de shuntage tout en laissant sur le même graphique le courant I moteur (induit) comme abscisse.

Le courant magnétisant est donc $0,5 I$ et la nouvelle courbe se déplace vers la droite.

Pour $I = 100 \text{ A}$, nous aurons 50 A dans l'inducteur; le point 1 vient 1'.

Pour $I = 200 \text{ A}$ (point 2), nous aurons au point 2' 100 A dans l'inducteur.

Avant shuntage, nous avons la relation suivante=

$$U = E + r I$$

c.à.d. sur la fig. 11.04 au point B

$$1500 = 1430 + 0,5 \times 130$$

La droite rI représente la chute ohmique de tension dans le moteur.

Le point B après shuntage vient en B' intersection de la droite rI et de la nouvelle courbe E à 50 % shuntage.

Nous voyons sur le graphique:

- que I augmente de 130 A à 240 A
- que E est tombé de 1430 V à 1380 V

La nouvelle relation devient: $1500 = 1380 + 240 \times 0,5$

11.09. Insération des résistances.

Supposons la courbe N-I comme (fig. 11.05) . A 400 A correspond 600 t/min.

Nous nous proposons de calculer la nouvelle vitesse N_1 après insération du $2,5\Omega$ en série

$$(r = 0,5 \Omega)$$

$$U = k N \Phi + (r + R)I$$

$$\text{d'où } N = \frac{U - (r + R)I}{k \Phi}$$

Déterminons d'abord $k \Phi$ au moyen de la formule sans résistances.

$$U = k N \Phi + r I$$

$$k \Phi = \frac{1500 - 0,5 \cdot 400}{600} = 2,2$$

et ensuite:

$$N_1 = \frac{1500 - (0,5 + 2,5) 400}{2,2} = 135 \text{ t/min}$$

Les autres points de la courbe ont été calculés de la même façon sur la fig. 11.05.

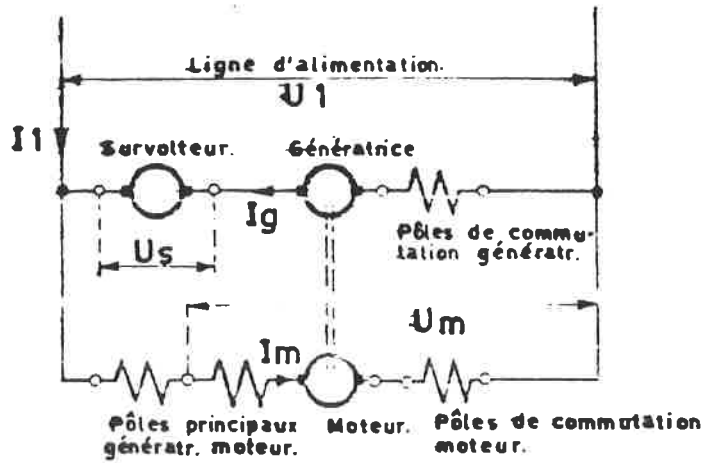


Fig. 11.01.

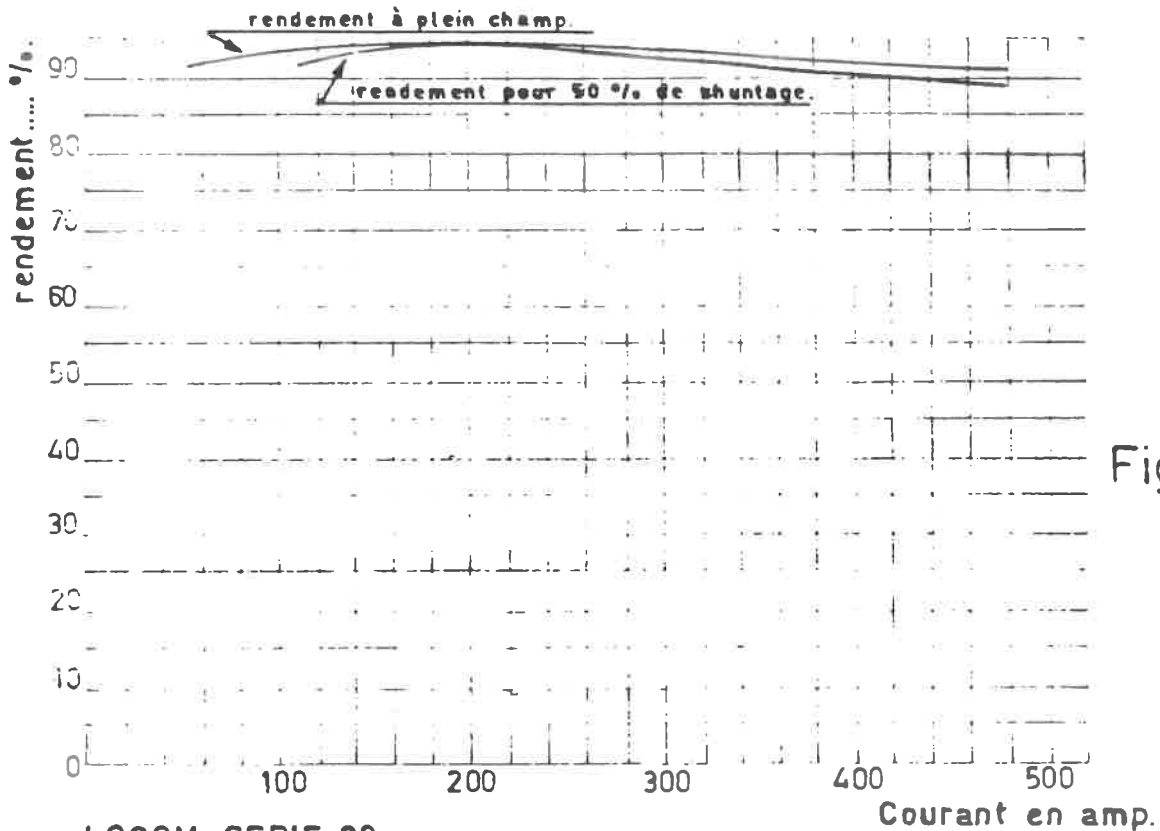


Fig.11.02.

LOCOM. SERIE 29
Mot. CF 718 N.

- Régime unihor. - Plein champ.
550 C.V. - 1500V. 293 A. - 570 t/m.
- Régime continu. - Plein champ.
450 C.V. - 1500V. 293A. - 615 t/m.

1270 | 11
1968

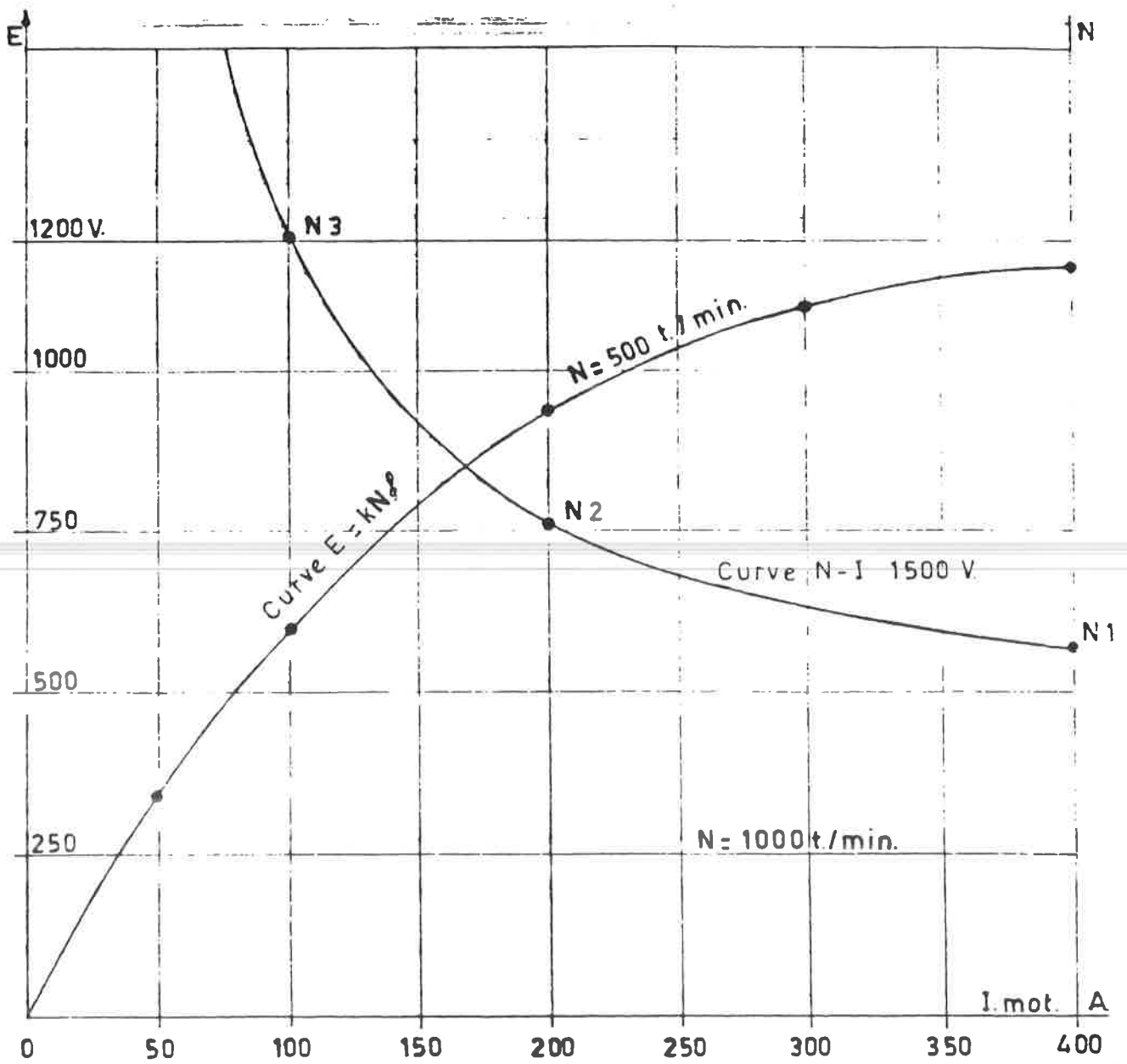
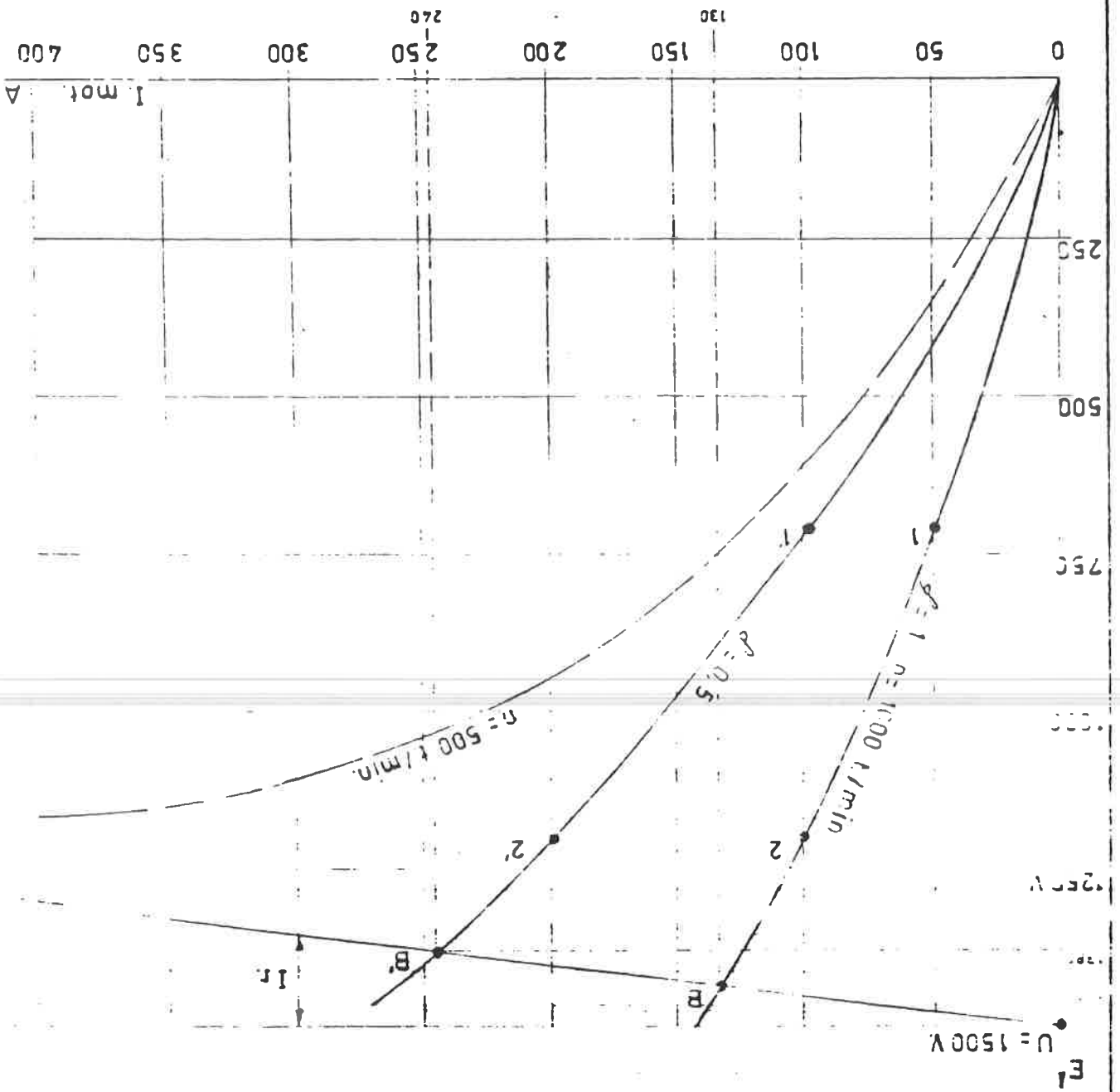


Fig. 17.03

C4270
1968

Fig. 17.04.



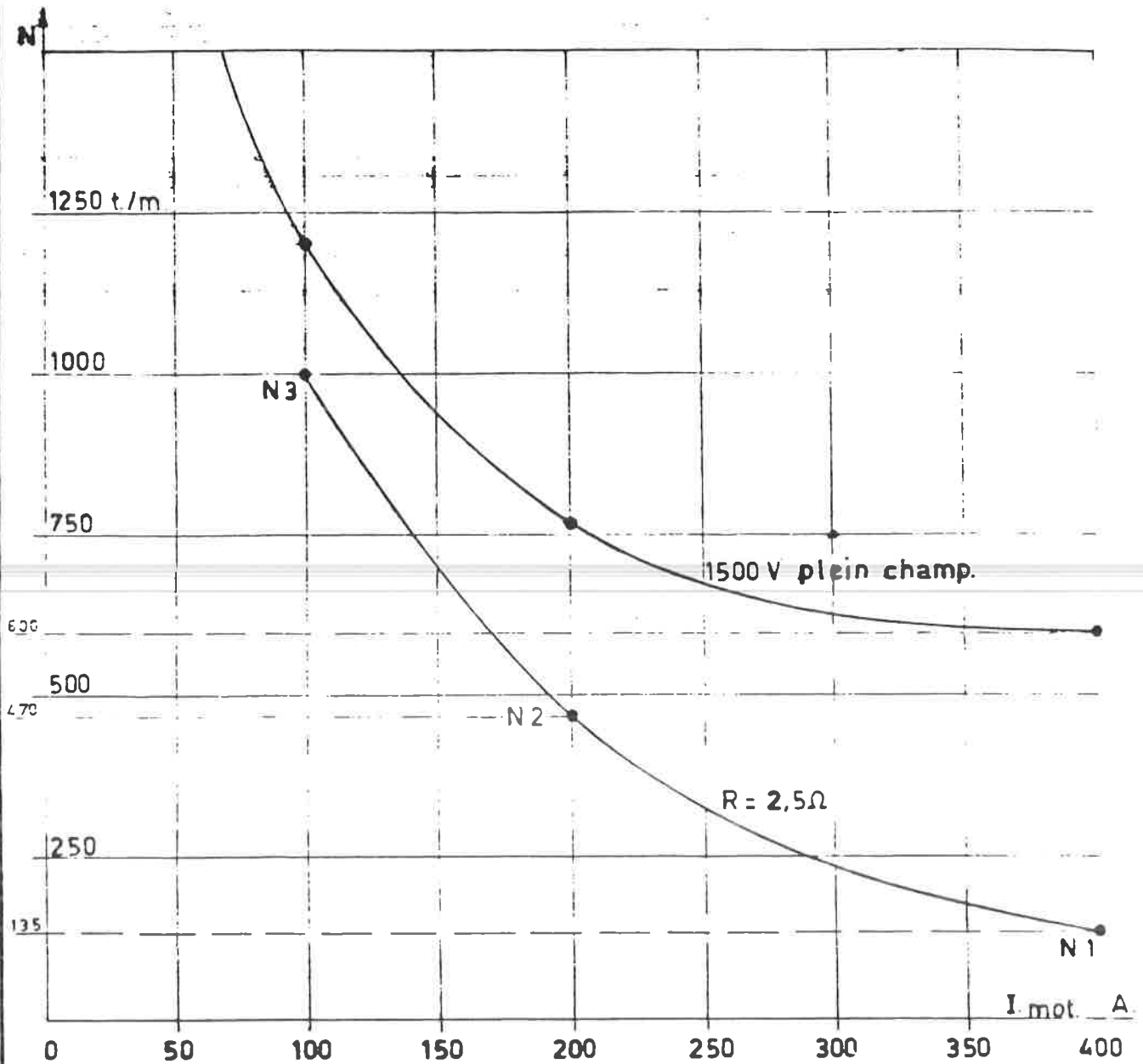


Fig.11.05

$$k\beta 1 = \frac{1500 - 0,5 \cdot 400}{600} = 2,2$$

$$k\beta 2 = \frac{1500 - 0,5 \cdot 200}{750} = 1,88$$

$$k\beta 3 = \frac{1500 - 0,5 \cdot 100}{1200} = 1,2$$

$$N 1 = \frac{1500 - (0,5 + 2,5) 400}{2,2} = 135 t/m$$

$$N 2 = \frac{1500 - (0,5 + 2,5) 200}{1,88} = 470 t/m$$

$$N 3 = \frac{1500 - (0,5 + 2,5) 100}{1,2} = 1000 t/m$$

C1270 | 11
1968

PROBLEMES DE TRACTION.12.01. Résistances à l'avancement.

Contrairement à ce qui était coutume en traction vapeur, l'effort de traction d'un engin moteur n'est pas défini au crochet de traction mais bien à la jante.

Si nous appelons:

P l'effort à la jante en kg

Q le poids total du train en kg

l'accélération du train à un moment quelconque du parcours sera donnée par la relation ($k = ma$)

$$J = \frac{(P - R) 9,81}{Q} \quad \text{m/sec}^2$$

où R représente la somme de toutes les résistances à l'avancement (en kg).

Si $P > R$ le train accélère

Si $P < R$ le train décélère

Si $P = R$ il y a équilibre: la vitesse restera constante

La valeur de P dépend des caractéristiques du véhicule moteur et de la vitesse.

La valeur de R dépend d'un certain nombre de facteurs que nous allons analyser successivement:

- Résistance propre au type de véhicule
- Résistance due à la gravité
- Résistance due aux courbes
- Résistance due aux masses tournantes.

12.02. Résistance propre au type de véhicule.

Comme ^{pour} un grand nombre de phénomènes physiques, on a essayé de représenter en une formule les valeurs de résistance mesurées pratiquement.

La formule se présente sous la forme générale:

$$R = a + bV + cV^2$$

où a, b et c sont des constantes dépendant du type de matériel et V la vitesse en km/h.

2.

Le premier terme constitue théoriquement la résistance à vitesse 0, c.à.d. la résistance d'arrachement du train.

Théoriquement, il est situé entre 1 et 3 kg par tonne mais nous verrons plus loin que dans la pratique, il est beaucoup plus élevé à vitesse zéro.

Le deuxième terme est proportionnel à la vitesse, il est constitué par:

- le roulement des roues sur le rail
- le frottement des bourrelets de roue contre le rail;
- le frottement dans les boîtes d'essieu;
- les chocs dans la voie et entre véhicules.

Le troisième terme est constitué surtout par la résistance de l'air. Il est fonction du carré de la vitesse et dépend surtout de la surface frontale du véhicule (maître couple).

La forme aérodynamique joue également un rôle en ce sens qu'elle influe sur les tourbillons en dessous et à l'arrière du véhicule.

12.03. Automotrices.

La formule établie par la "General Electric Company" est souvent employée à la SNCB.

S'il y a une distinction entre la voiture de tête et les suivantes c'est uniquement à cause du terme en V^2 .

Voiture de tête:

$$r = 0,65 + \frac{13,15}{Q} + 0,014 V + 0,004512 \frac{SV^2}{G}$$

Autres voitures:

$$r = 0,65 + \frac{13,15}{Q} + 0,014 V + 0,000639 \frac{SV^2}{G}$$

dans quoi:

r = résistance en kg/t
Q = charge par essieu en t
G = NQ = poids du véhicule en t
V = vitesse en km/h
S = surface frontale du véhicule en m²

Cette dernière valeur (maître couple) est égale à 10 m² pour les automotrices.

La fig. 12.1 représente l'effort résistant total (en ordonnée) en fonction de la vitesse (en abscisse) pour différents types d'automotrices.

En divisant cette valeur par le poids de l'automotrice par exemple 124 t (type 62-63), nous pouvons établir le diagramme de la fig. 12.2.

Nous voyons que la résistance varie de 1,49 kg/t à 0 km/h jusqu'à 10,3 kg/t pour 130 km/h.

12.04. Locomotive électrique.

La locomotive formant véhicule de tête, le coefficient en V^2 sera évidemment prédominant.

Différentes formules ont été utilisées:

$$r = 3 + \frac{v^2}{1600} \text{ kg/t}$$

peut s'écrire encore

$$r = 3 + 0,000625 v^2 \text{ kg/t}$$

Cette formule donne pour $V = 0$ une résistance de 3 kg/t et pour $V = 100 \text{ km/h}$: $3 + 6,25 = 9,25 \text{ kg/t}$.

Une autre formule, plus récente (formule française) tient compte de façon plus précise des meilleures qualités du roulement des locomotives modernes .

$$R = 0,65 L + 13 N + 0,01 L V + 0,03 v^2$$

ce qui donne par exemple pour une locomotive de 80 t à 4 essieux à la vitesse 0:

$$R = 0,65 \times 80 + 13 \times 4 = 104 \text{ kg.}$$

ou en kg/t

$$r = \frac{104}{80} = 1,3 \text{ kg/t}$$

et à 100 km/h:

$$R (0,65 \times 80) + (13 \times 4) + (0,01 \times 80 \times 100) + (0,03 \times 10000) =$$

$$52 + 52 + 80 + 300 = 484 \text{ kg.}$$

ou en kg/t

$$r = \frac{484}{80} = 6,05 \text{ kg/t}$$

Sur le diagramme de la fig. 12.3, l'on a comparé les 2 courbes de résistance de démarrage.

La formule de la résistance spécifique se trouve aisément en divisant tous les termes par 80 (t)

$$r = 1,3 + 0,01 V + 0,000375 V^2 \quad \text{kg/t}$$

A remarquer que la valeur exacte de la résistance de la locomotive importe peu pour des trains de quelque importance. En effet, la résistance totale du train est parfois 10 ou 20 fois plus grande que celle de la locomotive.

12.5. Trains de voyageurs.

Ici également, les formules ont évolué avec le matériel.

Ancienne formule SNCB: $r = 2 + 0,00025 V^2$

cela donne 2 kg/t à 0 km/h et 4,5 kg/t à 100 km/h.

Formule nouvelle (française): appliquée depuis la remorque des trains TEE sur Paris:

$$r = 1,5 + \frac{V^2}{4500}$$

ou encore

$$r = 1,5 + 0,000222 V^2$$

cela donne 1,5 kg/t à 0 km/h et 3,72 kg à 100 km/h.

Comment de telles différences ont-elles pu être justifiées ?

Les anciennes formules datent du temps des voitures à boîtes d'essieu à palier lisse et bogies Pennsylvania.

Depuis l'introduction des boîtes à rouleaux et des bogies type Schlieren à stabilité plus grande l'on avait constaté dans la pratique que les performances réalisées dépassaient celles données par les calculs.

Le diagramme de la fig. 12.4 donne la résistance totale en kg en fonction de la vitesse pour des trains de 200 à 600 t remorqués par une locomotive électrique de 85 t en palier - Formule française.

Les courbes en pointillés sont calculées avec l'ancienne formule.

12.6. Trains de marchandises.

Pendant plus de 20 ans les calculs ont été faits au moyen des valeurs données dans la "Brochure des distances virtuelles" du 1.4.42 éditée par la Direction M.A.

La fig. 12.05 est une copie de la page 22 qui donne la résistance au roulement suivant le pourcentage de wagons vides. Il est notoire en effet qu'un train chargé "roule mieux" qu'un train de wagons vides de même tonnage).

Ce dernier est plus long puisqu'il comprend un plus grand nombre de wagons, donc plus de frottement sur le rail de réactions, etc....

Exemple: 60 wagons vides peut faire une charge de 800t alors que cette même charge peut être réalisée par 10 wagons Talbot de 80 t.

Nous voyons dans cette brochure que la résistance peut varier de $3,48 \text{ kg/t}$ à $7,73 \text{ kg/t}$ pour une même vitesse de 50 km/h suivant qu'il y a 0 ou 100 % de vides.

Pour les calculs des performances, il est nécessaire de considérer le cas le plus défavorable c.à.d. 100 % de vides tandis que pour des calculs de consommation l'on tient compte d'une moyenne générale soit 60 % de vides.

Depuis que de nombreux wagons sont également équipés de boîtes à rouleaux (Talbots, etc...) l'emploi de formules plus appropriées s'est également imposé.

Il s'agit de formules françaises de la Direction d'études de traction électrique de la SNCF.

- a) Formule valable pour trains de marchandises courants (charge moyenne par essieu 10 tonnes)

$$r = 1,5 + 0,00625 V^2 \text{ kg/t}$$

- b) Formule valable pour trains complets chargés (charge moyenne par essieu 18 t):

$$r = 1,2 + 0,00025 V^2 \text{ kg/t}$$

La fig.12.06 donne la résistance à l'avancement (train + locomotive) pour différentes charges allant de 1000 à 2500 t.

Comparez avec les courbes de la fig;12.06 établies pour les mêmes charges mais en marchandises ordinaires.

12.7. Pesanteur.

Considérons un véhicule (fig. 12.7) d'un poids Q placé sur une voie inclinée de i mm par m.

L'on constate que $i = \text{tg } \alpha$.

6.

En décomposant Q en un effort normal N et un effort parallèle à la voie r , nous constatons que

$$r = Q \sin \alpha$$

Vu la valeur très faible de α (moins de 2° pour une rampe de 30 ‰) on peut écrire

$$r = Q \operatorname{tg} \alpha$$

donc $r = Q i$

Pour un poids Q de 1 kg, nous voyons que la résistance (positive ou négative) est égale à 1 kg.

Si l'on désigne i en mm/m ou ‰ l'on voit que

$$r = \frac{1000 \times i}{1000} = i \text{ kg}$$

La résistance due à une rampe est égale à autant de kg/t qu'il y a de mm/m.

Exemple: sur la ligne du Luxembourg, il y a des rampes de 16 ‰ .

Un train de 700 t + 80 t pour la locomotive devra donc vaincre en plus de la résistance de roulement un effort de:

$$785 \times 16 = 12\,500 \text{ kg}$$

Cet effort est de loin supérieur aux résistances à l'avancement en palier même à 140 km/h.

D'autre part, l'on constate qu'il suffit d'une pente de 4 ‰ pour laisser un train accélérer jusqu'à environ 100 km/h sans effort de traction.

12.8. Courbes.

Dans une courbe, les bourrelets de roues frottent plus contre les rails. Cette résistance est d'autant plus forte que le rayon de la courbe est plus faible.

De multiples essais ont donné comme formule pour la résistance spécifique

$$r = \frac{750}{R} \text{ ou encore } r = \frac{800}{R}$$

En voie principale, des rayons de 800 m sont courants; ils provoquent donc une résistance supplémentaire de 1 kg/t.

Dans certains cas, l'on tiendra compte d'un "profil corrigé" en assimilant la résistance de la courbe à une rampe supplémentaire.

$$i' = 1 + \frac{750}{R}$$

A remarquer que la résistance d'arrachement d'un train à l'arrêt dans une courbe est de beaucoup supérieure aux valeurs données par la formule, ce phénomène est encore accentué en cas de courbe et contre-courbe.

12.9. Masses tournantes.

Nous savons que l'accélération J m/sec² du convoi est donnée par la relation

$$J = \frac{P_a}{M} \quad \text{m/sec}^2$$

(l'effort accélérateur est égal à l'effort moteur moins l'effort résistant) et

$$M = \frac{Q}{9,81}$$

La masse du train en kg.sec².

Cette formule donnerait des accélérations plus fortes que celles constatées dans la pratique. Pourquoi ? Parce que en plus d'une accélération linéaire, J l'effort moteur sert également à donner une accélération angulaire aux masses tournantes telles que les roues, les essieux, les induits des moteurs de traction, les dynamos, etc....

Le calcul exact de toutes ces masses tournantes serait très long.

L'on tient simplement compte d'un coefficient correctif γ et le calcul se fait avec une masse supposée légèrement plus grande.

Exemple.

Pour un train de voyageurs à bogies, l'on prendra $\gamma = 1,08$.

Pour les wagons: $\gamma = 1,06$.

Pour des calculs avec locomotives circulant seule: $\gamma = 1,175$ (ou même parfois 1,2).

L'accélération *réelle* sera donc donnée par la formule:

$$J = \frac{P_a}{\gamma M}$$

Fig. 12B1

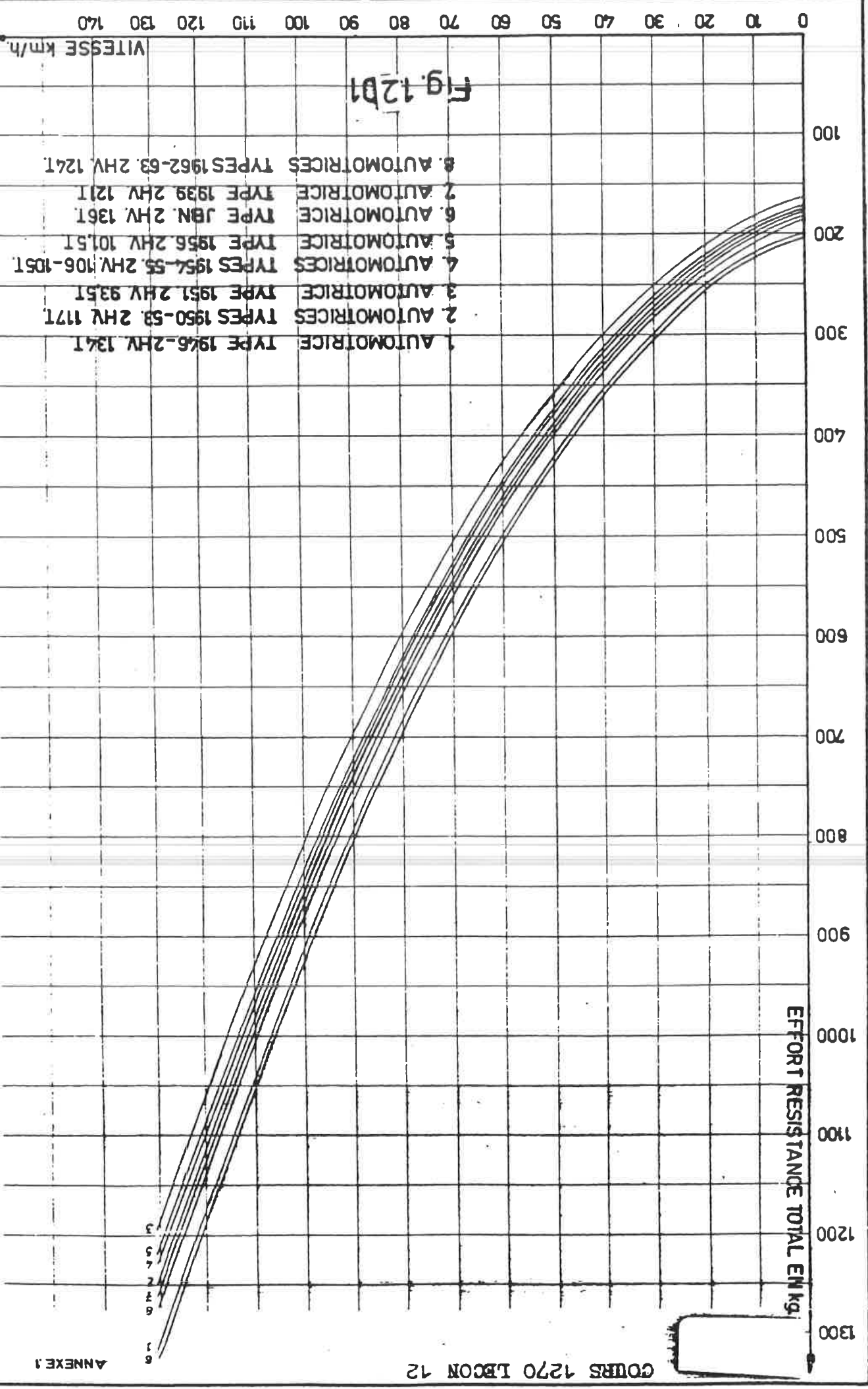


Fig. 1202

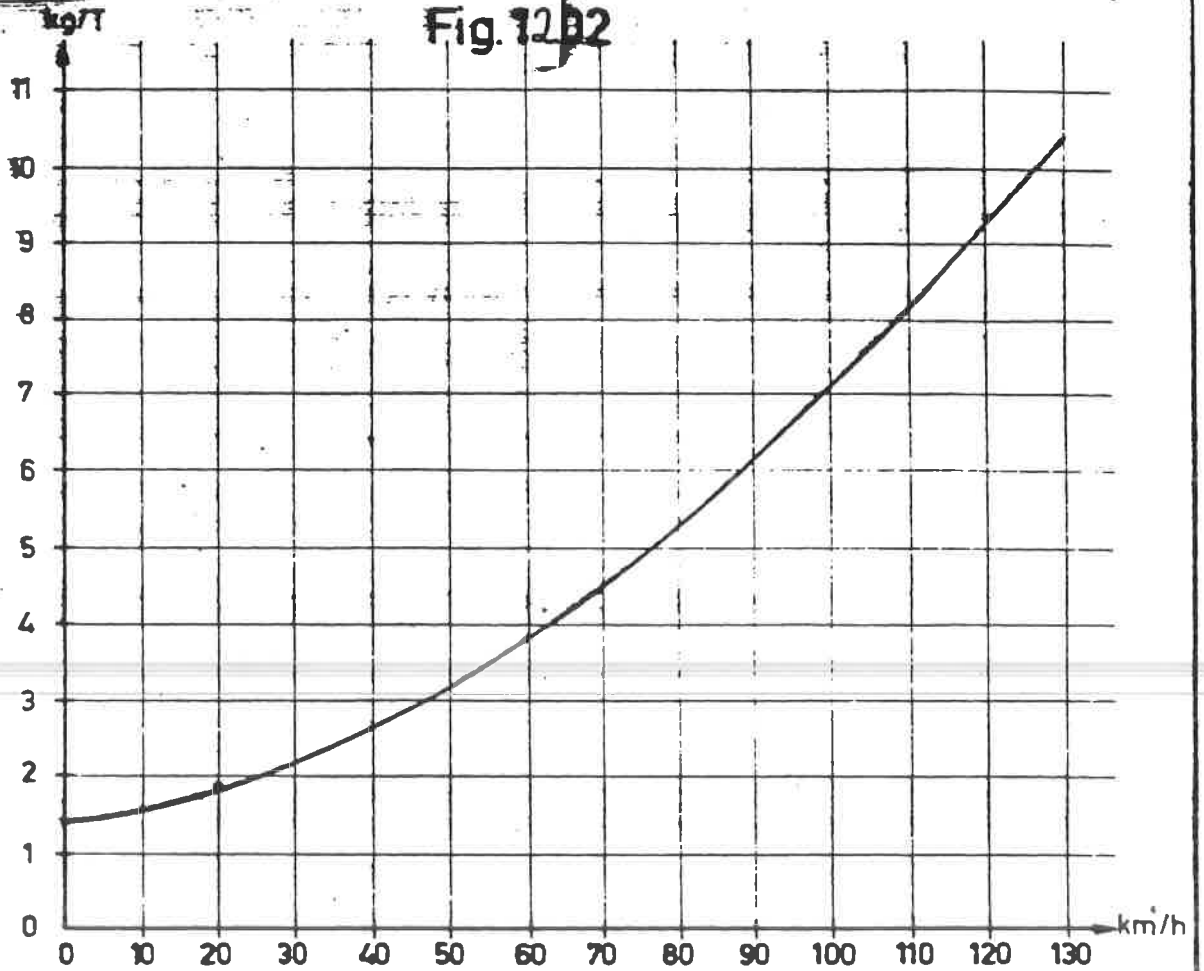
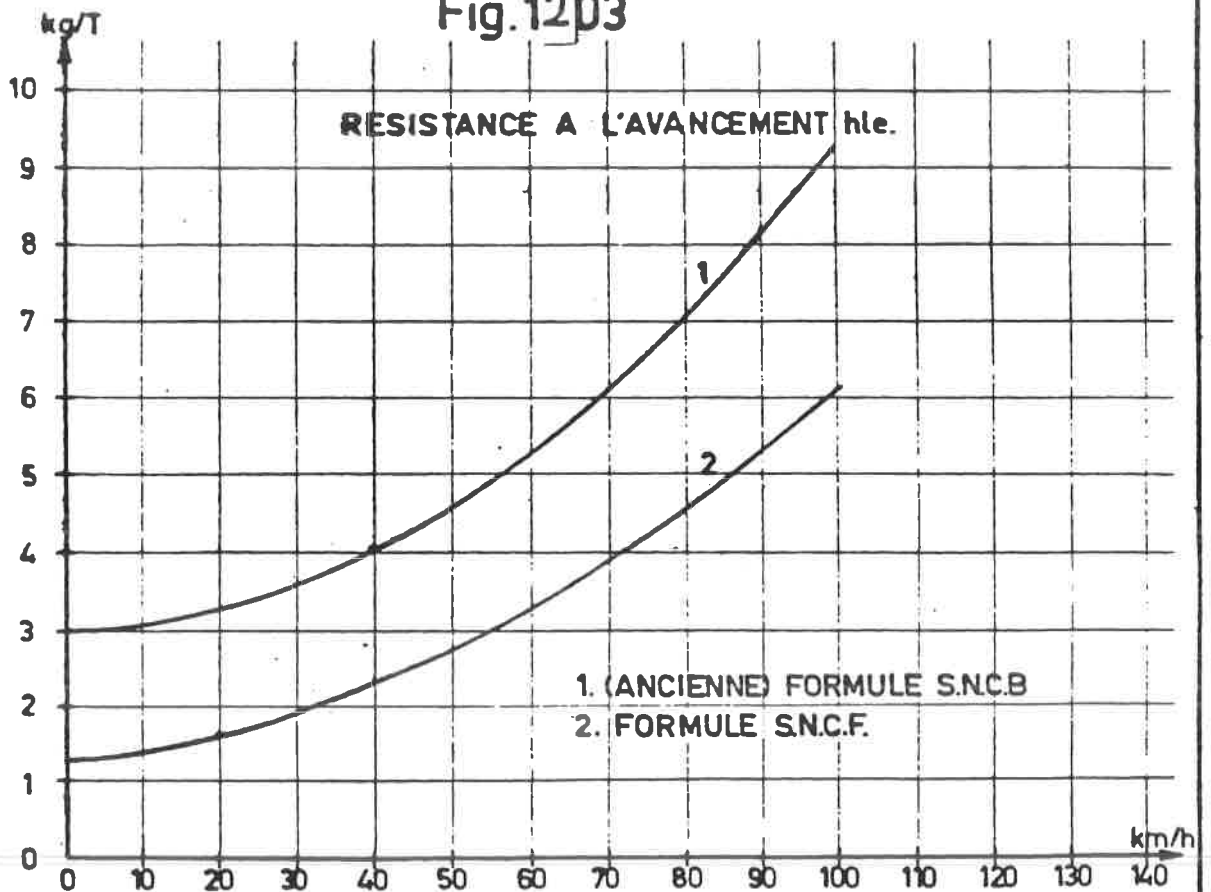


Fig. 1203



RESISTANCES SPECIFIQUES DES RAMES HKM (EN KG. PAR TONNE)

(1942)

V Km./St.	V Km./U.	V Km./H.	Güterzüge — Goederentreinen — Trains de marchandises											Locomotive
			ZUSAMMENSETZUNG IN LEEREN WAGEN SAMENSTELLING LEEGE WAGENS COMPOSITION EN WAGONS VIDES											Locomotive
														Locomotive
			0 %	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %	P - 1127
0	0	0	1.59	1.65	1.73	1.82	1.92	2.03	2.18	2.40	2.66	2.99	3.46	586
1	1	4	1.59	1.65	1.73	1.82	1.92	2.03	2.18	2.40	2.66	2.99	3.46	591
2	4	17	1.59	1.65	1.73	1.82	1.92	2.03	2.19	2.41	2.67	3.00	3.47	596
3	9	38	1.59	1.65	1.73	1.82	1.92	2.03	2.19	2.41	2.68	3.00	3.48	601
4	16	68	1.60	1.66	1.74	1.83	1.93	2.04	2.20	2.42	2.68	3.01	3.49	606
6	25	106	1.60	1.66	1.74	1.83	1.93	2.04	2.20	2.42	2.69	3.02	3.50	611
6	36	153	1.61	1.67	1.75	1.84	1.94	2.05	2.21	2.43	2.70	3.04	3.52	616
7	49	208	1.62	1.68	1.76	1.85	1.95	2.06	2.22	2.45	2.72	3.06	3.54	621
8	64	271	1.63	1.69	1.77	1.87	1.97	2.08	2.24	2.47	2.74	3.08	3.57	626
9	81	343	1.64	1.70	1.78	1.88	1.98	2.09	2.26	2.48	2.76	3.10	3.59	631
10	100	424	1.65	1.71	1.79	1.89	1.99	2.11	2.27	2.50	2.78	3.12	3.61	636
11	121	513	1.67	1.73	1.81	1.91	2.01	2.13	2.29	2.52	2.80	3.15	3.65	642
12	144	610	1.68	1.74	1.83	1.93	2.03	2.15	2.32	2.55	2.83	3.18	3.68	648
13	169	716	1.70	1.76	1.85	1.95	2.05	2.18	2.34	2.57	2.85	3.21	3.72	654
14	196	831	1.71	1.78	1.87	1.97	2.08	2.20	2.36	2.60	2.88	3.24	3.76	660
15	225	954	1.73	1.80	1.89	1.99	2.10	2.22	2.39	2.63	2.91	3.27	3.79	666
16	256	1085	1.75	1.82	1.91	2.01	2.12	2.25	2.42	2.66	2.95	3.31	3.84	672
17	289	1225	1.78	1.84	1.93	2.03	2.15	2.28	2.45	2.70	2.99	3.36	3.89	678
18	324	1374	1.80	1.86	1.95	2.06	2.18	2.30	2.48	2.73	3.03	3.40	3.94	684
19	361	1580	1.82	1.89	1.97	2.08	2.20	2.33	2.51	2.76	3.07	3.44	3.99	690
20	400	1696	1.84	1.91	2.00	2.11	2.23	2.36	2.54	2.80	3.11	3.49	4.04	697
21	441	1870	1.87	1.94	2.03	2.14	2.27	2.39	2.58	2.84	3.16	3.54	4.10	705
22	484	2052	1.90	1.97	2.06	2.18	2.30	2.43	2.62	2.88	3.20	3.60	4.17	713
23	529	2243	1.92	2.00	2.09	2.21	2.33	2.47	2.66	2.93	3.25	3.65	4.23	721
24	576	2442	1.95	2.03	2.12	2.25	2.37	2.51	2.70	2.97	3.30	3.71	4.29	730
25	625	2650	1.98	2.06	2.16	2.28	2.41	2.55	2.74	3.02	3.35	3.77	4.36	738
26	676	2866	2.01	2.09	2.19	2.32	2.45	2.59	2.79	3.07	3.41	3.83	4.44	748
27	729	3091	2.05	2.13	2.23	2.36	2.49	2.64	2.84	3.13	3.47	3.90	4.51	755
28	784	3324	2.08	2.17	2.27	2.40	2.53	2.68	2.89	3.18	3.53	3.96	4.59	763
29	841	3566	2.11	2.20	2.31	2.44	2.57	2.73	2.94	3.23	3.59	4.03	4.67	771
30	900	3816	2.15	2.24	2.35	2.48	2.62	2.78	2.99	3.29	3.65	4.10	4.75	780
31	961	4075	2.19	2.28	2.39	2.52	2.66	2.83	3.04	3.35	3.72	4.18	4.84	790
32	1024	4342	2.23	2.32	2.43	2.57	2.71	2.88	3.10	3.41	3.78	4.25	4.93	801
33	1089	4617	2.27	2.36	2.47	2.61	2.76	2.93	3.15	3.47	3.85	4.33	5.03	812
34	1156	4901	2.31	2.40	2.51	2.66	2.80	2.98	3.20	3.53	3.92	4.41	5.12	823
35	1225	5194	2.35	2.44	2.56	2.70	2.85	3.03	3.26	3.59	3.99	4.49	5.21	834
36	1296	5495	2.40	2.49	2.61	2.75	2.91	3.09	3.33	3.66	4.07	4.58	5.32	845
37	1369	5804	2.45	2.54	2.66	2.81	2.97	3.15	3.39	3.74	4.15	4.68	5.42	856
38	1444	6122	2.50	2.59	2.71	2.87	3.03	3.21	3.46	3.82	4.24	4.77	5.53	867
39	1521	6449	2.54	2.64	2.77	2.92	3.09	3.28	3.53	3.89	4.32	4.86	5.64	878
40	1600	6784	2.59	2.69	2.82	2.98	3.15	3.34	3.60	3.97	4.41	4.96	5.75	889
41	1681	7127	2.64	2.74	2.88	3.04	3.21	3.41	3.67	4.05	4.50	5.06	5.87	903
42	1764	7479	2.69	2.79	2.93	3.10	3.28	3.48	3.75	4.13	4.59	5.16	5.99	917
43	1849	7830	2.74	2.84	2.99	3.16	3.34	3.54	3.82	4.21	4.68	5.27	6.12	932
44	1936	8208	2.80	2.90	3.05	3.22	3.40	3.62	3.90	4.29	4.77	5.37	6.24	946
45	2025	8586	2.85	2.96	3.11	3.28	3.47	3.69	3.97	4.38	4.87	5.48	6.36	960
46	2116	8972	2.91	3.02	3.18	3.35	3.54	3.77	4.06	4.47	4.97	5.59	6.50	973
47	2209	9366	2.97	3.08	3.24	3.42	3.62	3.94	4.14	4.56	5.07	5.71	6.63	987
48	2304	9768	3.03	3.14	3.31	3.49	3.69	3.92	4.22	4.65	5.17	5.82	6.77	1001
49	2401	10189	3.09	3.21	3.38	3.56	3.77	4.00	4.31	4.74	5.27	5.94	6.91	1015
50	2500	10600	3.15	3.28	3.44	3.63	3.84	4.08	4.39	4.84	5.38	6.06	7.04	1030
1	2601	11028	3.22	3.34	3.51	3.70	3.92	4.16	4.48	4.91	5.49	6.18	7.19	1049
2	2704	11464	3.28	3.41	3.58	3.78	4.00	4.25	4.57	5.04	5.61	6.31	7.34	1068
3	2809	11910	3.35	3.48	3.66	3.86	4.08	4.33	4.66	5.14	5.72	6.44	7.45	1087
4	2916	12364	3.41	3.55	3.73	3.93	4.16	4.41	4.75	5.24	5.83	6.57	7.63	1106
5	3025	12826	3.48	3.62	3.80	4.01	4.24	4.50	4.85	5.35	5.95	6.70	7.78	1125

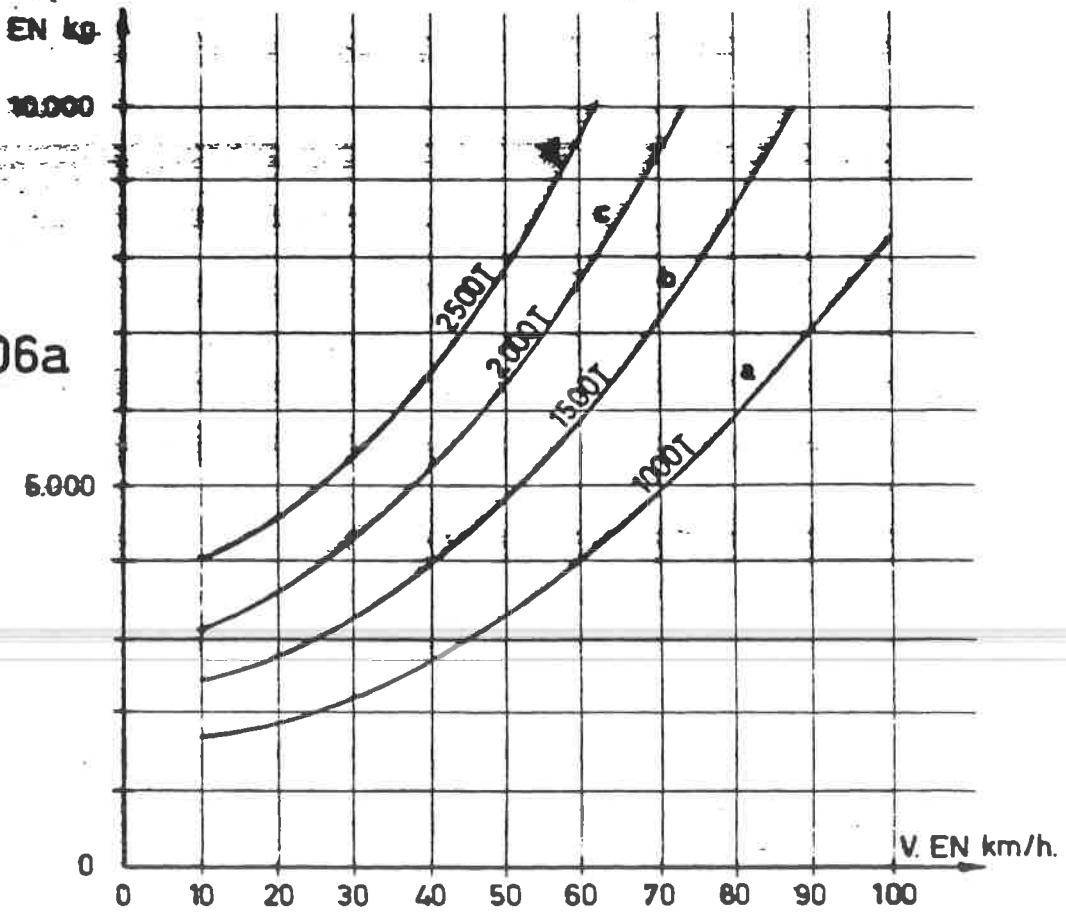
C 1270
1968/12

Fig. 1205.

RESISTANCE A L'AVANCEMENT $h \cdot h_m$

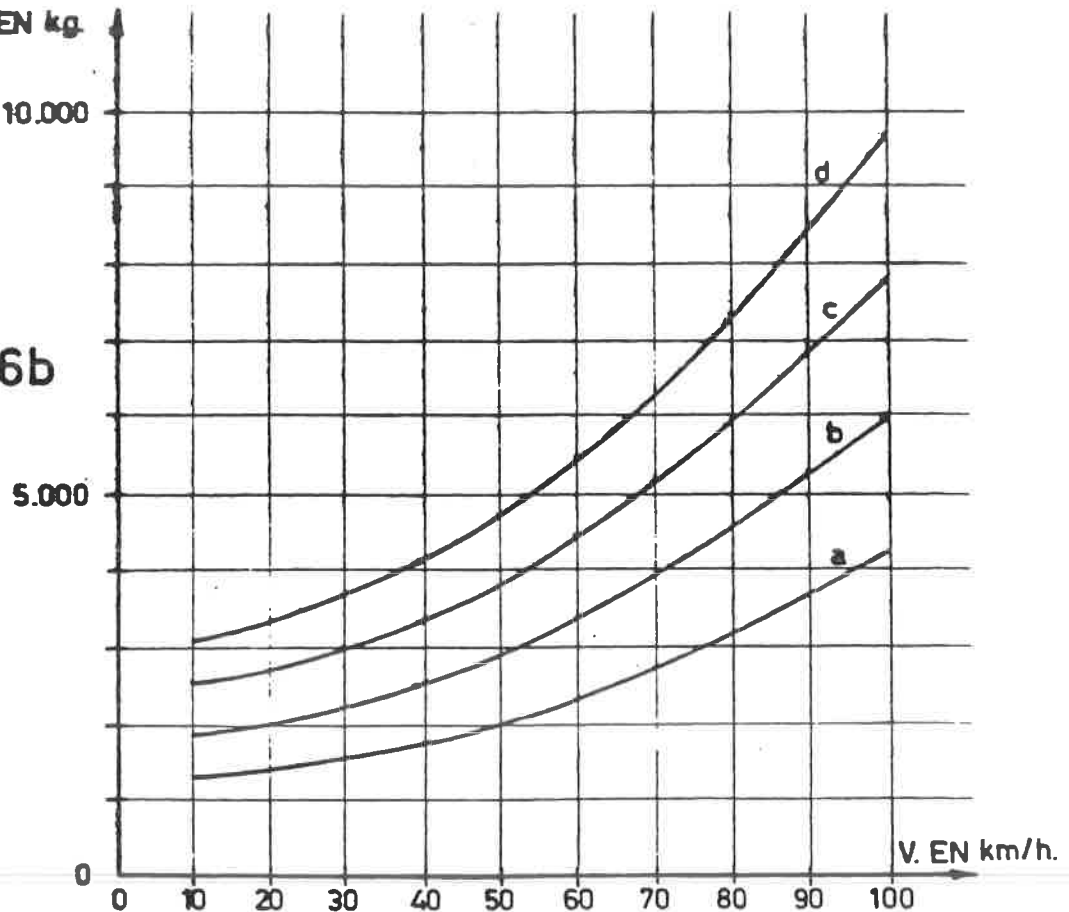
$R_T = R_L + R_{rr}$ EN kg

Fig.12]06a



$R_T = R_L + R_{rr}$ EN kg

Fig.12]06b



RESISTANCE A L'AVANCEMENT TOTALE $h_e + h_{kv}$

Fig. 12]04

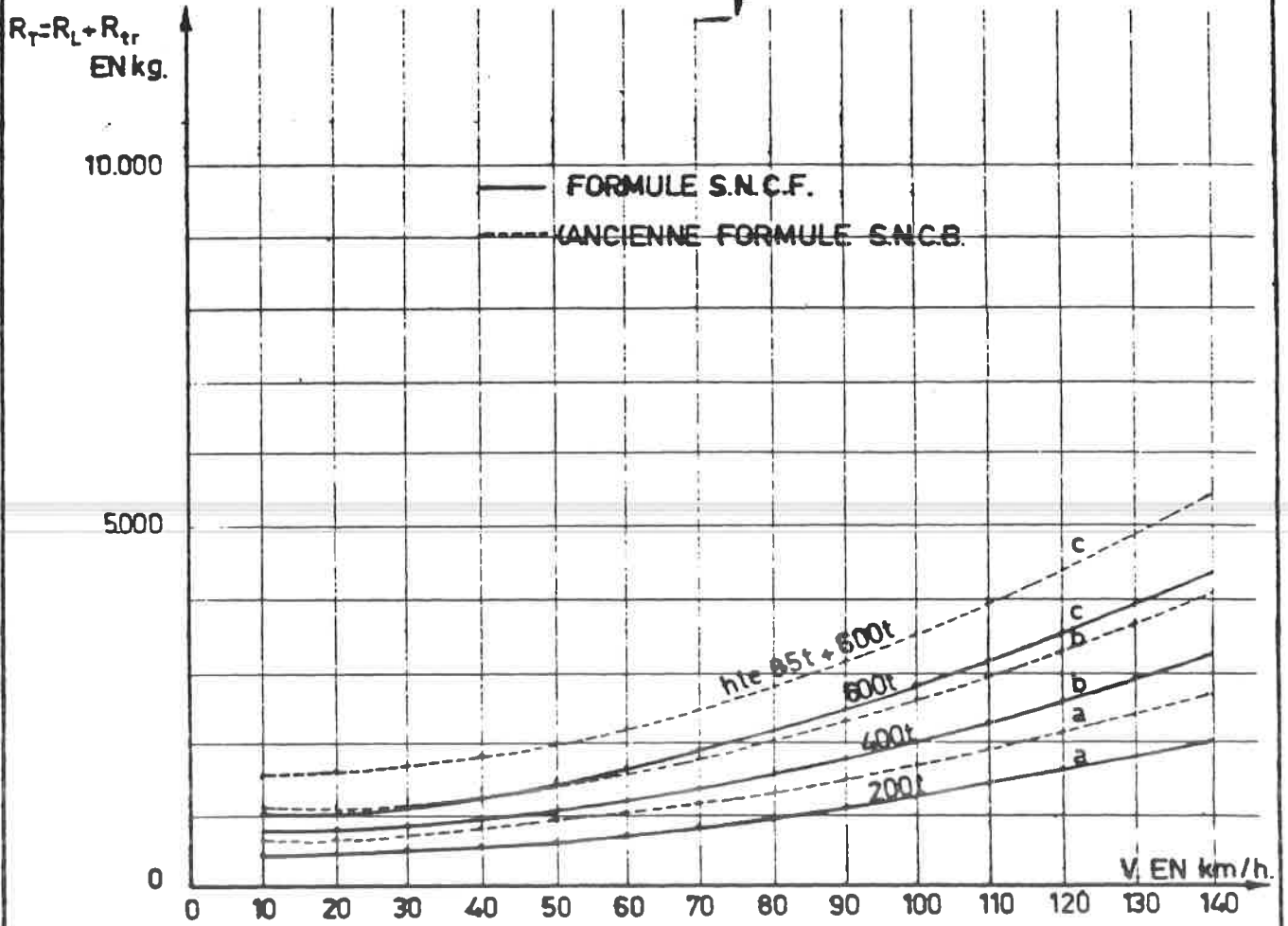
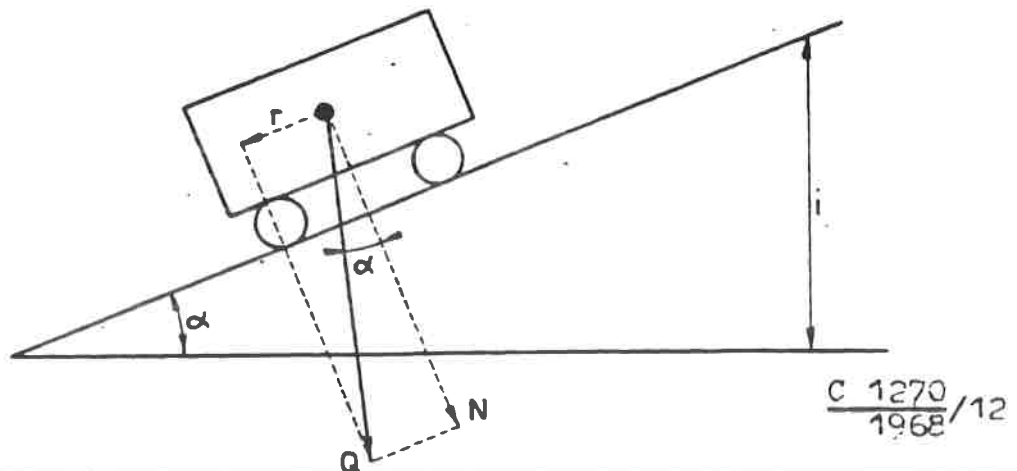


Fig. 12]07



C 1270
1968/12

CALCUL DES TEMPS DE PARCOURS.13.01. Accélération.

Même si l'effort moteur reste constant pendant la période de démarrage, il n'en sera pas de même de l'accélération. En effet la résistance à l'avancement augmente avec la vitesse.

La fig. 13.01 représente la courbe effort moteur en fonction de la vitesse pour une locomotive type 122.

Sur le même diagramme la courbe de l'effort résistant a également été représentée pour un train de 600 t (+ locomotive) :

- a) en palier
- b) en rampe de 5 ‰
- c) en pente de 5 ‰.

La différence entre les courbes a et b (ou a et c) se calcule aisément :

$$\Delta R = (600 + 80) \times 5 = 3.400 \text{ kg.}$$

L'effort accélérateur F se mesure en faisant la différence

$$F = P - R.$$

Lorsque $P = R$ on dit qu'il y a équilibre, la vitesse ne varie plus.

La courbe effort croise la courbe résistance.

Nous voyons également que même avec un effort de traction nul la vitesse d'équilibre en pente de 5 ‰ (intersection avec l'abscisse) peut être très élevée (134 km/h dans notre cas).

Il y a encore une façon de déterminer l'accélération :

$$J = \frac{F}{\varphi M} \quad \text{m/sec}^2$$

$$\text{en mettant } F = 1 \text{ kg par tonne et } M = 1 \text{ t} = \frac{1000}{9,81}$$

$$\varphi = 1.08$$

il vient

$$J = \frac{1 \times 1,81}{1,08 \times 1000} = 0,0084 \text{ m/sec}^2.$$

2.

En clair cela signifie qu'un effort accélérateur de 1 kg/t donne une accélération de l'ordre de 1 cm/sec².

A remarquer que si l'effort accélérateur est négatif (R > P) l'accélération le sera également; l'on parle alors de décélération.

13.02. Freinage.

Pour le calcul des temps de parcours il faut également connaître les décélérationes au freinage.

L'on ne tiendra pas compte ici des freinages d'urgence pouvant donner des décélérationes de l'ordre de 1 m/sec² mais des valeurs pratiques moyennes pouvant être réalisées normalement.

Nous avons adopter les valeurs suivantes :

automotrices $\gamma = 0,75 \text{ m/sec}^2$

trains tractés voyageurs $\gamma = 0,5 \text{ m/sec}^2$

marchandises $\gamma = 0,15 \text{ m/sec}^2$

L'on suppose les décélérationes constantes pendant tout le freinage.

La fig. 1302 donne le résultat sous forme graphique des formules suivantes :

$$V = 3,6 \gamma t \dots\dots \text{ km/h}$$

$$t = \frac{V}{3,6 \gamma} \dots\dots \text{ sec}$$

$$S = \frac{\gamma t^2}{2} \dots\dots \text{ m}$$

pour les 3 types de train l'espace parcouru a été calculé pour des vitesses allant de 0 à la valeur maximum.

En même temps a été calculé :

- le temps nécessaire pour l'arrêt à partir d'une vitesse donnée.

13.03. Courbe de démarrage.

Il s'agit de tracer un diagramme vitesse espace en partant de formules simples :

	$V = 3,6 J t$	km/h
et	$S = \frac{J t^2}{2}$	m

L'accélération J peut être positive ou négative.

Nous pouvons calculer la vitesse atteinte après un certain nombre de secondes (par exemple de 10 en 10 secondes) afin d'établir un diagramme $v t$.

Il est plus pratique cependant de calculer le temps nécessaire pour atteindre une vitesse donnée (par exemple 10 - 20 - 30 km/h)

$$t = \frac{V \text{ (km/h)}}{3,6 J} \quad \text{sec.}$$

Comme ces calculs sont longs et constituent des opérations qui se répètent souvent l'on a établi un tableau (fig.13.03) avec les résultats des calculs du temps nécessaire pour accélérer de 10 km/h et ce pour des efforts de 1 à 50 kg/t.

Dans la formule

$$\Delta t = \frac{10}{3,6 J}$$

nous remplaçons J par :

$$J = \frac{F}{\varphi M} = \frac{F \cdot 9,81}{1,08 \cdot 1000} = \frac{F}{1,10}$$

$$\text{et } \Delta t = \frac{10}{3,6} \cdot \frac{110}{F} = \frac{306}{F}$$

où $F = P - R$.

Le temps nécessaire pour accélérer de 10 km/h ne dépend que de l'effort accélérateur (et est donc le même à toutes les vitesses. (par tonne))

Si dans la pratique on a l'impression du contraire c'est uniquement par le fait que F diminue généralement lorsque la valeur augmente.

Seul l'espace parcouru pendant la période Δt augmente car la vitesse moyenne devient de plus en plus grande.

$$s = \frac{V_m \Delta t}{3,6}$$

Ces résultats ont été calculés et rassemblés dans le tableau de la fig.13.03 qui permet des calculs rapides.

Exemple d'application.

Une locomotive 80 t démarre un train de 1000 t avec un effort constant de 20 t de 0 à 60 km/h.

4.

Tracez le diagramme vitesse/temps et vitesse espace.

$$\text{L'effort est de } \frac{20\,000}{1080} = 18,5 \text{ kg/t.}$$

La résistance à l'avancement est supposée constante et égale à 2,5 kg/t.

En lisant le tableau de la fig. 13,03 nous voyons qu'il faut pour un effort accélérateur de 16 kg/t 19,1 sec pour augmenter la vitesse de 10 km/h.

Le 60 km/h sera donc atteint après

$$19,1 \times 6 = 114,6 \text{ sec.}$$

La distance parcourue sera :

$$27 + 80 + 132 + 185 + 235 + 300 = 959 \text{ m}$$

Le diagramme v t (dans ce cas rectiligne) et le diagramme v s seront tracés comme exercice.

Afin de réduire le nombre de calculs respectifs dans la pratique des tableaux ont été établis une fois pour toutes avec les temps et espaces partiels pour différents types de locomotives et pour différentes charges non seulement en palier mais pour des rampes en pentes de 4 en 4 mm/m (fig. 13,04).

Le tableau de la fig. 13,05 n'est autre que la somme des temps et espaces calculée une fois pour toutes. Il constitue donc des courbes de démarrage sans fournir de chiffres (sec et m) pour une locomotive type 122 + 600 t et ce pour des rampes et pentes de 0 - 4 - 8 - 12 et 16 mm/m.

Finalement les mêmes courbes de démarrage sont tracées sur la fig. 13,06 ce qui constitue en fait un contrôle des points calculés (continuité de la courbe).

13.04. Dérive.

Les courbes de dérive pourraient être établies de la même façon que les courbes de démarrage.

Il suffit de refaire les calculs du tableau fig. 13.04 en prenant comme valeur de P = 0

A titre d'exemple prenons de 0 à 10 km/h

$$\text{Facc} = \frac{-1400 \text{ kg}}{682} = -2 \text{ kg/t.}$$

En palier le Δt sera de 153" et le $\Delta \ell = 212$ m (voir tableau de la fig. 13.03).

La fig. 13.07 représente une courbe de dérive en palier pour une automotrice de 130 à 0 km/h.

13.05. Diagramme de parcours. fig.13.08.

Pour établir le diagramme de parcours, toujours dans le but de calculer le temps de parcours et - comme nous verrons plus loin - la consommation de courant, il faut d'abord tracer, sur papier millimètre :

- le profil simplifié
- les points d'arrêt et de passage
- les limitations de vitesse.

Ensuite le diagramme n'est qu'un assemblage de courbes de démarrage, de courbes de dérive et de courbes de freinage.

On utilise généralement une échelle de $2/10^5$ soit 2 cm par km.

La fig. 13.08 représente un tel diagramme.

13.06. Consommation d'énergie aux moteurs.

La consommation d'énergie aux moteurs exprimée en kWh est calculée en faisant la somme de toutes les consommations partielles de courant I durant les temps partiels Δt multipliée par 3 kV.

$$W_m = 3 \sum \Delta t \times I \quad \dots \text{ kWh.}$$

La fig. 13.09 montre le diagramme de courant en fonction du temps. Nous voyons que, dessiné en-dessous du diagramme vitesse temps, l'on ne consomme de l'énergie que durant la période de traction.

Pour un train direct, il serait *fastidieux* de tracer toutes les courbes de traction (reprises) et de dérive sur le long parcours à vitesse maxima. La vitesse théorique maxima n'est en réalité pas soutenue, le conducteur travaillera par reprises et dérives successives de 10 km/h d'écart environ.

Dans ce cas la consommation est établie en partant de la résistance du train pour cette vitesse déterminée

$$W_m = \frac{\sum R \times s}{\eta} \quad \text{kgm}$$

6.

ou en kWh :

$$W_m = \frac{\sum R \times s}{\eta \cdot 367200} \quad \text{kWh}$$

Le rendement η des moteurs, engrenages et~~x~~ est estimé à 90 % = 0,9

Durant la période de démarrage ce calcul n'est pas valable pour deux raisons :

1° La vitesse augmente, donc l'énergie est transformée en énergie cinétique $\frac{MV^2}{2}$

2° Le rendement est de 50 % en série et à 0,67 % en SP.

Il faudra donc utiliser la règle suivante jusqu'à fin série

$$W_m = 2 \times \frac{MV^2}{2} + \frac{\sum R s}{\eta}$$

Et jusqu'à fin série parallèle.

$$W_m = 1,5 \frac{MV^2}{2} + \frac{\sum R s}{\eta}$$

Bien entendu pour un démarrage complet nous aurons de 0 à V km/h

$$W_m = 1,5 \frac{MV_{SP}^2}{2} + \frac{M (V - V_{SP})^2}{2} + \frac{\sum R s}{\eta}$$

Pour fixer les idées voici l'ordre de grandeur de la consommation en Wh par tonne kilomètre brut remorquée (donc sous la charge de la locomotive)

	ligne plate	ligne accidentée
- Direct	24	32
- Omnibus	56	61
- hkm	16	34/16

13.07. Consommation entrée S Station.

L'énergie consommée par les moteurs de traction doit être augmentée de certaines pertes si l'on veut connaître la consommation totale qui sera facturée par le fournisseur de courant :

Ces pertes sont estimées en % de la consommation calculée :

1° <u>Pertes sur le véhicule :</u>	Automotrices	Locomotives
services auxiliaires) (compresseur etc...)) incidents et manoeuvres)	5 %	15 %
Donc l'énergie captée au pantographe $W_p =$	1,05 Wm	1,15 Wm
2° Pertes en ligne et dans la S Station :	10 %	10 %
Donc l'énergie entrée sous station $W_{ss} =$	1,15 Wm	1,25 Wm

HLE SERIE 22 ET 23.

C 1270 | 13
1968

Min. diam. des roues : 1180 mm.
Engrenages 1/3,125

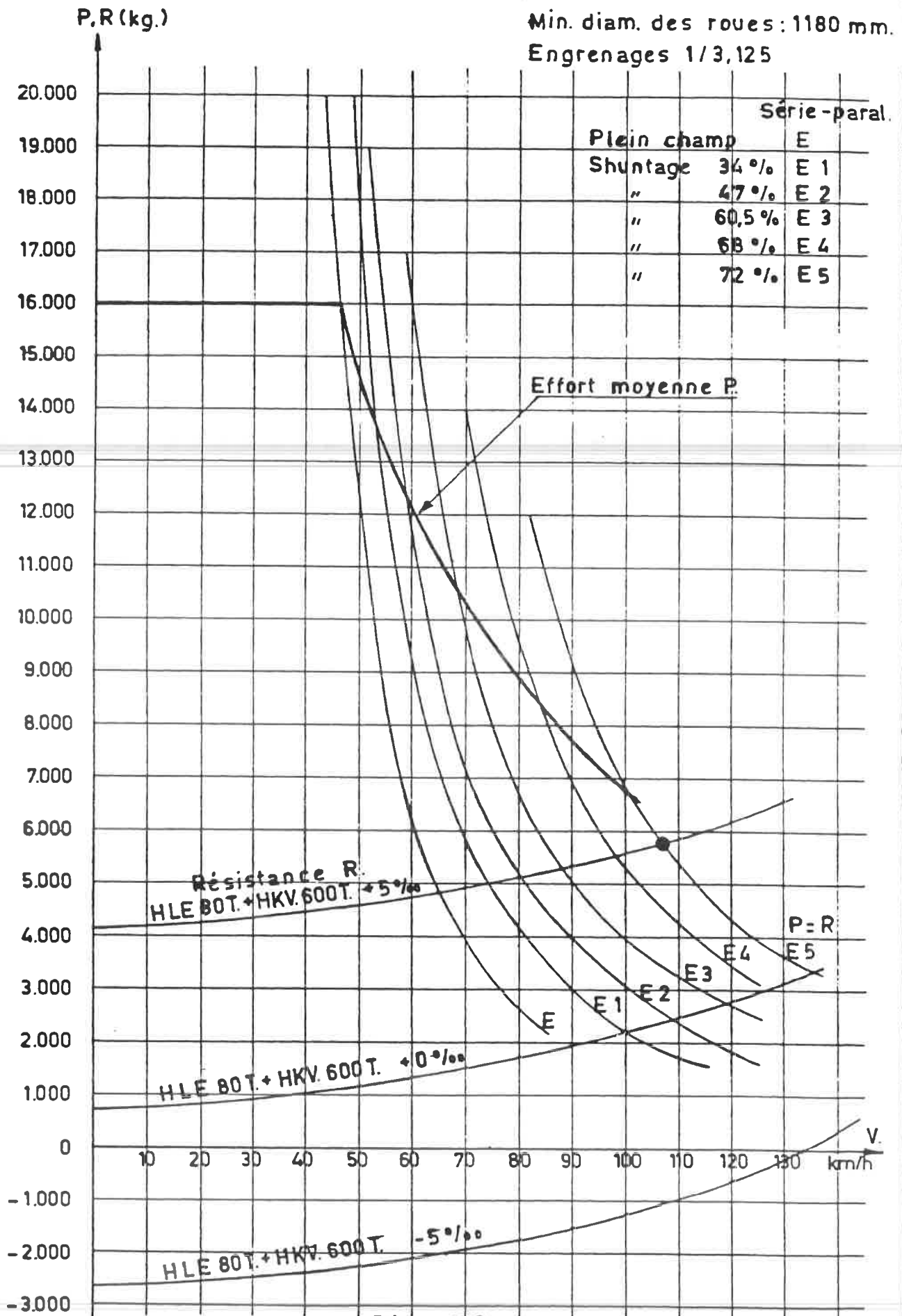


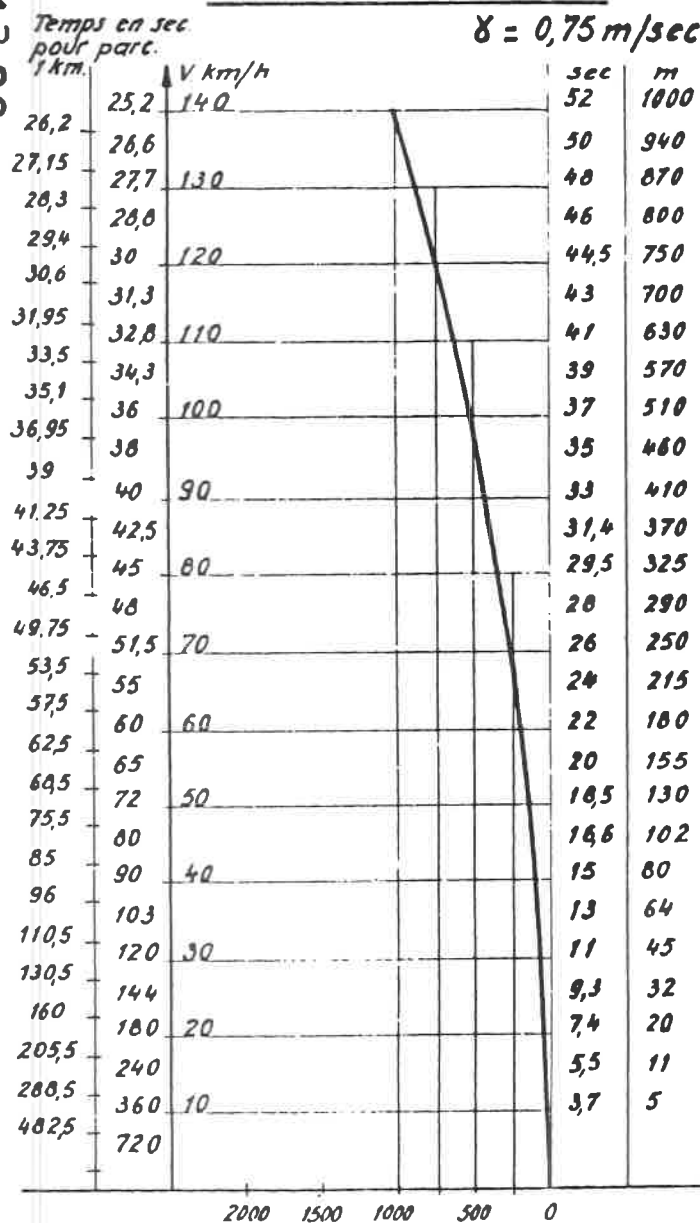
Fig. 13.01

Fig. 13.02.

COURBES DE FREINAGE.

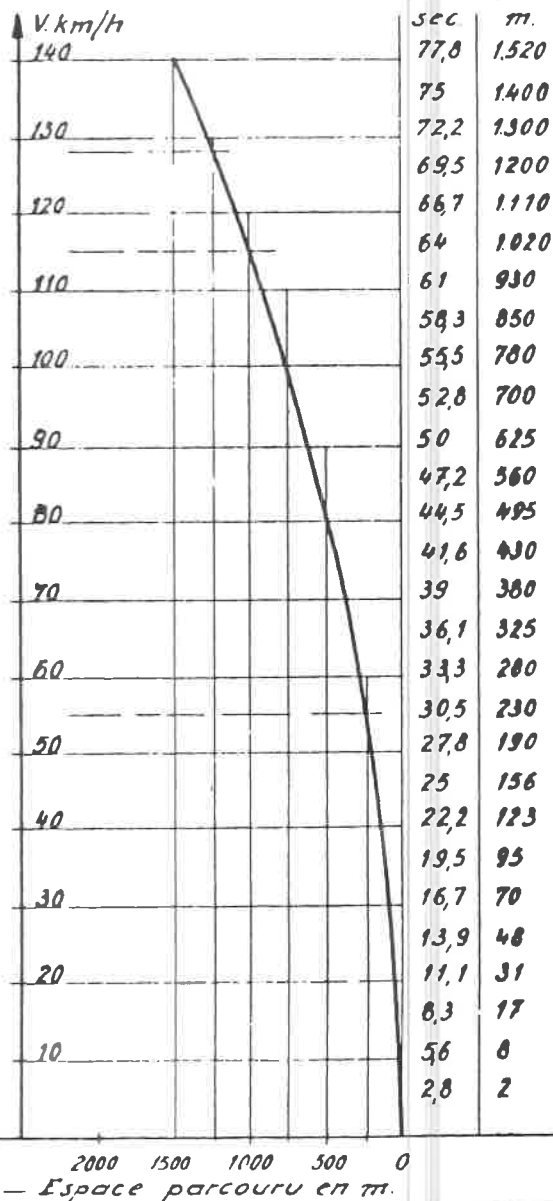
AUTOMOTRICES.

$\gamma = 0,75 \text{ m/sec}^2$



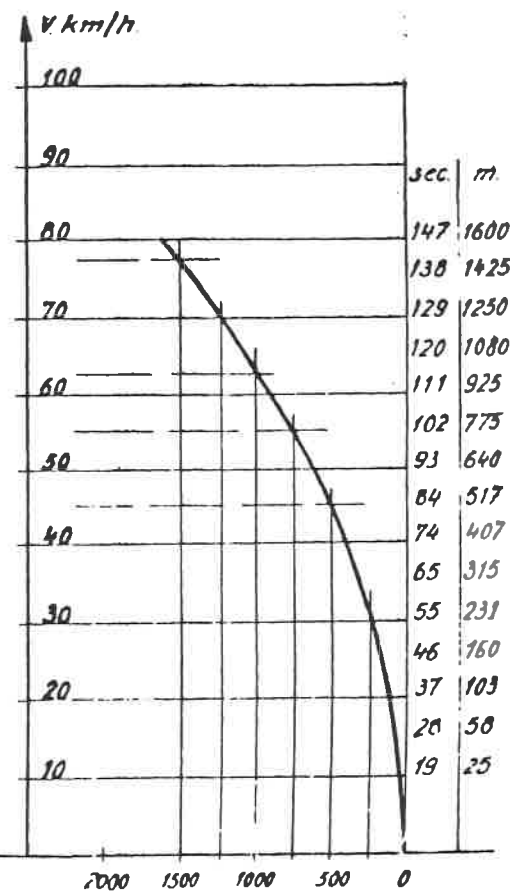
HKV.

$\gamma = 0,5 \text{ m/sec}^2$



HKM.

$\gamma = 0,15 \text{ m/sec}^2$



C. 1270
1968 | 43

ANNEXE 2

TEMPS ET ESPACE POUR ACCELERER DE 10 KM/H.

Effort acc. en kg/T.	Temps Δt en sec.	Espace en m. pour v (en km./h.) $e = \frac{v \Delta t}{3,6}$														
		5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125	135	145
1	306	425	1300	2100	2800	3600	4700	5500	6400	7200	8100	9000	9800	10600	11500	12500
1,5	204	283	850	1400	2000	2550	3100	3700	4250	4800	5400	5950	6500	7100	7650	8200
2	153	212	650	1050	1400	1800	2350	2750	3200	3600	4050	4500	4900	5300	5750	6150
2,5	122	170	510	850	1150	1550	1850	2200	2525	2900	3200	3550	3900	4200	4600	4900
3	102	142	425	700	1000	1300	1550	1850	2100	2400	2700	3000	3250	3550	3800	4100
3,5	87	121	360	600	850	1100	1350	1580	1800	2050	2300	2550	2800	3000	3250	3500
4	76	106	325	525	800	950	1175	1400	1600	1800	2000	2250	2450	2650	2900	3100
4,5	68	95	280	470	660	850	1040	1225	1420	1600	1800	2000	2170	2360	2550	2740
5	61	85	250	425	600	800	930	1100	1250	1450	1600	1775	1950	2100	2300	2450
5,5	56	78	234	390	550	700	860	1000	1170	1325	1475	1690	1800	1950	2100	2250
6	51	71	210	350	500	650	780	920	1050	1200	1350	1500	1600	1800	1950	2050
6,5	47	65	195	325	460	590	720	850	980	1100	1250	1370	1500	1650	1760	1890
7	44	61	180	300	425	550	675	800	900	1000	1150	1275	1400	1500	1625	1750
7,5	41	57	170	280	400	510	620	740	850	960	1080	1200	1300	1420	1530	1640
8	38	53	160	260	370	475	600	700	800	900	1000	1125	1225	1325	1450	1550
8,5	36	50	150	240	350	440	550	650	750	850	950	1050	1160	1240	1360	1440
9	34	47	140	235	330	425	520	610	710	800	900	1000	1080	1180	1280	1370
9,5	32	45	135	220	310	400	480	580	680	760	840	920	1040	1100	1200	1300
10	30,6	43	125	210	290	380	470	550	640	720	810	900	980	1060	1150	1230
11	27,8	39	117	195	275	350	430	500	585	665	740	820	900	975	1050	1125
12	25,5	35	105	175	250	325	390	460	525	600	675	750	800	900	975	1025
13	23,6	33	100	165	230	300	360	430	500	560	630	700	760	825	900	960
14	21,9	30	90	150	210	275	340	400	450	500	575	640	700	750	810	875
15	20,4	28	85	140	200	255	310	370	425	480	540	600	650	710	765	820
16	19,1	27	80	132	185	235	300	350	400	450	500	565	610	665	745	775
17	18	25	74	124	174	220	275	325	375	425	475	525	580	620	680	720
18	17	24	70	117	165	212	260	305	355	400	450	500	540	590	640	685
19	16,1	22	68	110	152	200	240	290	340	380	420	460	520	550	600	650
20	15,3	21	65	105	147	190	235	275	320	360	405	450	490	530	575	615
21	14,6	20	61	100	140	182	220	260	300	345	385	425	470	510	550	585
22	13,9	19	59	96	135	175	215	250	290	330	370	410	450	485	525	560
23	13,3	19	55	92	130	165	205	240	280	315	350	390	425	465	500	535
24	12,7	18	53	89	125	160	195	230	265	300	335	370	400	450	480	515
25	12,2	17	51	85	120	155	185	220	250	290	320	355	390	420	460	490
26	11,8	16	50	82	115	148	180	210	246	280	310	345	380	410	440	480
27	11,3	16	47	78	110	142	175	205	235	265	300	330	360	390	425	460
28	10,9	15	45	75	105	137	170	200	225	250	290	320	350	375	400	440
29	10,5	15	44	73	102	130	160	190	220	245	280	310	335	360	390	420
30	10,2	14	43	70	100	126	155	185	210	240	270	300	325	355	380	410
32	9,6	13	39	65	91	120	143	170	195	220	250	270	300	325	350	380
34	9	13	37	62	87	110	137	168	187	210	237	260	290	310	340	360
36	8,5	12	35	58	83	106	130	152	177	200	225	250	270	285	320	350
38	8	11	34	55	76	100	120	145	170	190	210	230	260	275	300	325
40	7,6	10	33	53	73	95	118	140	160	180	200	225	245	265	290	310
42	7,3	10	31	50	70	90	110	130	150	170	190	210	230	250	270	290
44	7	10	30	48	68	88	106	126	145	165	184	209	223	242	262	280
46	6,7	9	27	46	65	83	102	120	139	158	176	195	214	232	251	270
48	6,4	9	27	45	63	81	100	117	135	155	170	190	210	225	240	260
50	6,1	8	25	43	60	77	93	110	125	145	160	178	195	210	230	250

V. max. : 125 km/h.
Poids tot. : 82 + 600T. = 682 T.

Tension : 1500 V.
Rapport d'engr. : 1/3.125
Diam. roues usées : 1.170 m.

Matériel : HLE type 122 + 600 T.

$\frac{C1270}{1968} | 13$

V. de - à km/h	Résist. à l'avancement.				Efforts.			Temps et espaces partiels.																				V.m Km/h.
	R kg Rhl + Rtr.	Démar. P kg.	F. kg. = P - R.	Kg/T.	Pente ‰										Palier.		Rampe ‰											
					- 30		- 16		- 12		- 8		- 4		0		+ 4		+ 8		+ 12		+ 16		+ 17			
					Δt	Δl	Δt	Δl	Δt	Δl	Δt	Δl	Δt	Δl	Δt	Δl	Δt	Δl	Δt	Δl	Δt	Δl	Δt	Δl	Δt	Δl		
0-10	1400	14000	12600	18,5	6,5	9	9	13	10	14	11,5	16	13,5	19	16,5	23	21,5	30	30	43	47	65	122	170	204	283	5	
10-20	1450	14000	12550	18,5	6,5	27	9	37	10	43	11,5	50	13,5	55	16,5	69	21,5	90	30	125	47	195	122	510	204	850	15	
20-30	1550	14000	12450	18,4	6,5	45	9	62	10	70	11,5	82	13,5	92	16,5	115	21,5	150	30	210	47	325	127	890	219	1500	25	
30-40	1650	14000	12350	18,1	6,5	63	9	87	10	100	11,5	115	14	135	17	165	22	210	30,5	290	51	500	146	1400	-	-	35	
40-50	1800	14000	12200	18	6,5	81	9	110	10	126	11,5	140	14	175	17	212	22	275	30,5	380	51	650	153	1900	-	-	45	
50-60	2000	13600	11600	17	6,5	100	9	137	10,5	160	12	185	14,5	220	18	275	23,5	360	34	520	61	930	306	4700	-	-	55	
60-70	2250	11300	9050	13,3	7	126	10,5	190	12	220	14,5	260	17,5	320	23	415	32	580	58	1000	236	4300	-	-	-	-	65	
70-80	2500	9600	7100	10	7,5	160	12	246	14	290	17	335	20,5	435	30	600	48	980	133	2800	-	-	-	-	-	-	75	
80-90	2900	8200	5300	7,8	8	190	12,5	300	15,5	360	19	450	25,5	600	39	900	80	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	85	
90-100	3250	7200	3950	5,8	8,5	225	14	370	17	400	22	575	30,5	810	53	1350	170	4500	-	-	-	-	-	-	-	-	95	
100-110	3650	6100	2450	3,5	9	270	16	460	20	540	27	725	41	1200	87	2550	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	105	
110-120	4100	4900	800	1,2	9,5	300	18	580	23	730	34	1080	61	1950	225	8000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	115	
120-130	4600	4000	-	-	10	355	19	665	25,5	900	38	1325	76	2650	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	125	
130-140																												135
140-150																												145

Fig. 13.04.

Fig. 1305

Courbe de démarrage pour : HLE type 122 + 600 T.

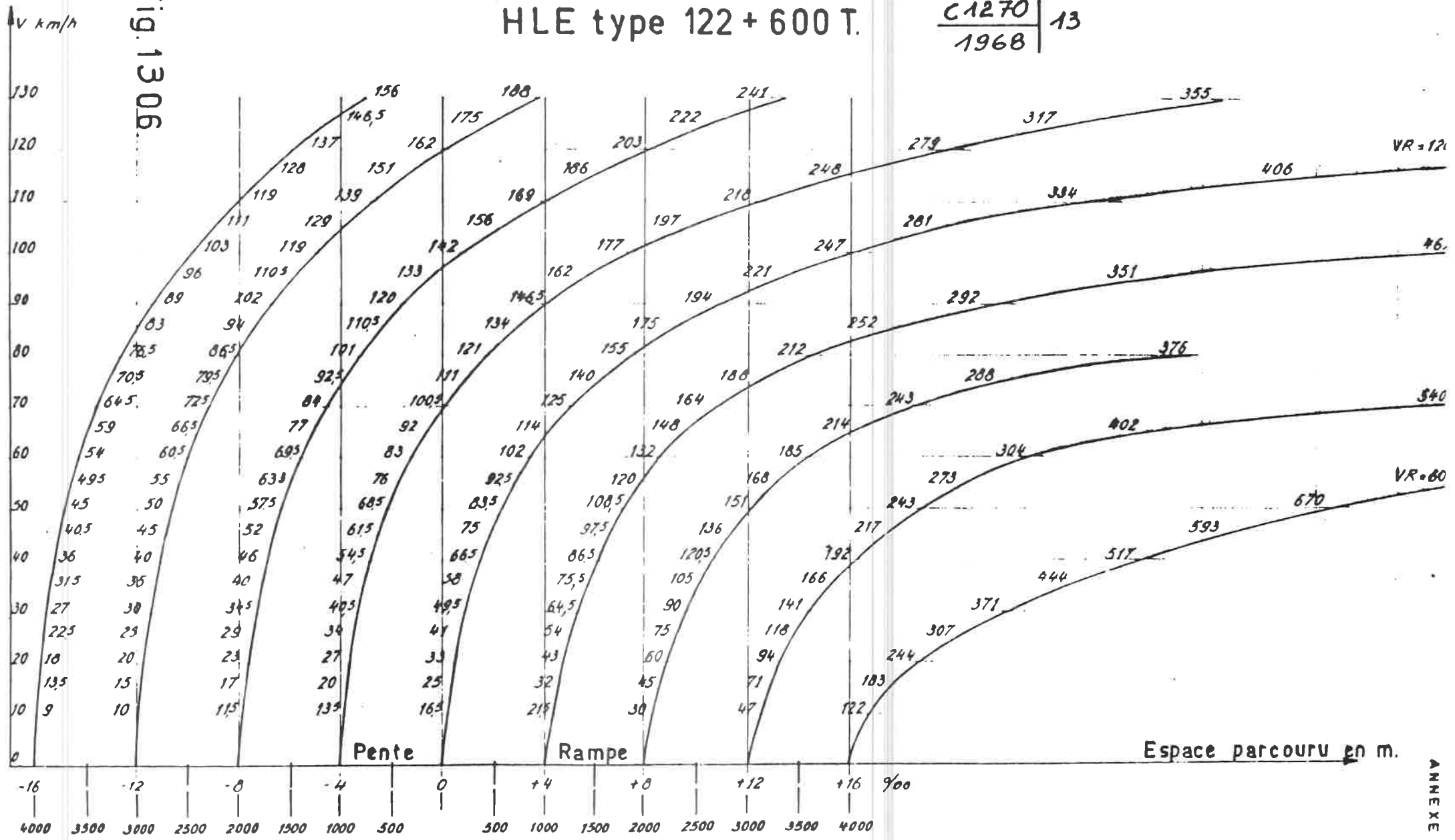
km/h	Pente ‰														Palier.		Rampe ‰																	
	-16		-14		-12		-10		-8		-6		-4		-2		0		+2		+4		+6		+8		+10		+12		+14		+16	
	sec	m	sec	m	sec	m	sec	m	sec	m	sec	m	sec	m	sec	m	sec	m	sec	m	sec	m	sec	m	sec	m	sec	m	sec	m	sec	m	sec	m
140																																		
135																																		
130	156	3257			188	3953			241	5366			355	8661																				
125	146,5	2924			175	3503			222	4783			317	7336																				
120	137	2592			162	3053			203	4041			279	6011			589	14674																
115	128	2302			151	2688			186	3501			248	5036			406	10674																
110	119	2012			139	2323			169	2961			218	4061			334	6674																
105	111	1782			129	2053			156	2598			197	3461			281	5124																
100	103	1552			119	1783			142	2236			177	2861			247	4124			462	9075												
95	96	1367			110,5	1583			133	1948			162	2456			221	3449			351	6075												
90	89	1182			102	1383			120	1661			148,5	2051			194	2774			292	4575												
85	83	1032			94	1203			110,5	1436			134	1751			175	2324			252	3625												
80	76,5	882			86,5	1023			101	1211			121	1451			155	1874			212	2675			376	5368								
75	70,5	759			79,5	878			92,5	1033			111	1233			140	1574			188	2185			288	3470								
70	64,5	636			72,5	733			84	856			100,5	1016			125	1274			164	1695			243	2568			540	6965				
65	59	541			66,5	623			77	726			92	856			114	1066			148	1405			214	2068			402	4400				
60	54	446			60,5	513			69,5	596			83	696			102	859			132	1115			185	1568			304	2665			976	9570
55	49,5	378			55	433			63,5	503			76	586			92,5	721			120	935			168	1308			273	2200			823	7220
50	45	309			50	353			57,5	411			68,5	476			83,5	584			108,5	755			151	1048			203	1735			670	4870
45	40,5	254			45	290			52	337			61,5	388			75	478			97,5	617			136	858			217	1410			593	3920
40	36	199			40	227			46	263			54,5	301			66,5	372			86,5	480			120,5	668			192	1085			517	2970
35	31,5	156			35	177			40	205			47	233			58	290			75,5	375			105	523			166	835			444	2270
30	27	112			30	127			34,5	148			40,5	166			49,5	207			64,5	270			95	378			141	585			371	1570
25	22,5	81			25	92			29	107			34	120			41	149			54	195			75	273			118	322			307	1125
20	18	50			20	57			23	66			27	74			33	92			43	120			60	168			94	260			244	680
15	13,5	32			15	36			17	41			20	46			25	58			32	75			45	105			71	162			183	425
10	9	13			10	14			11,5	16			13,5	19			16,5	23			21,5	30			30	43			47	65			122	170

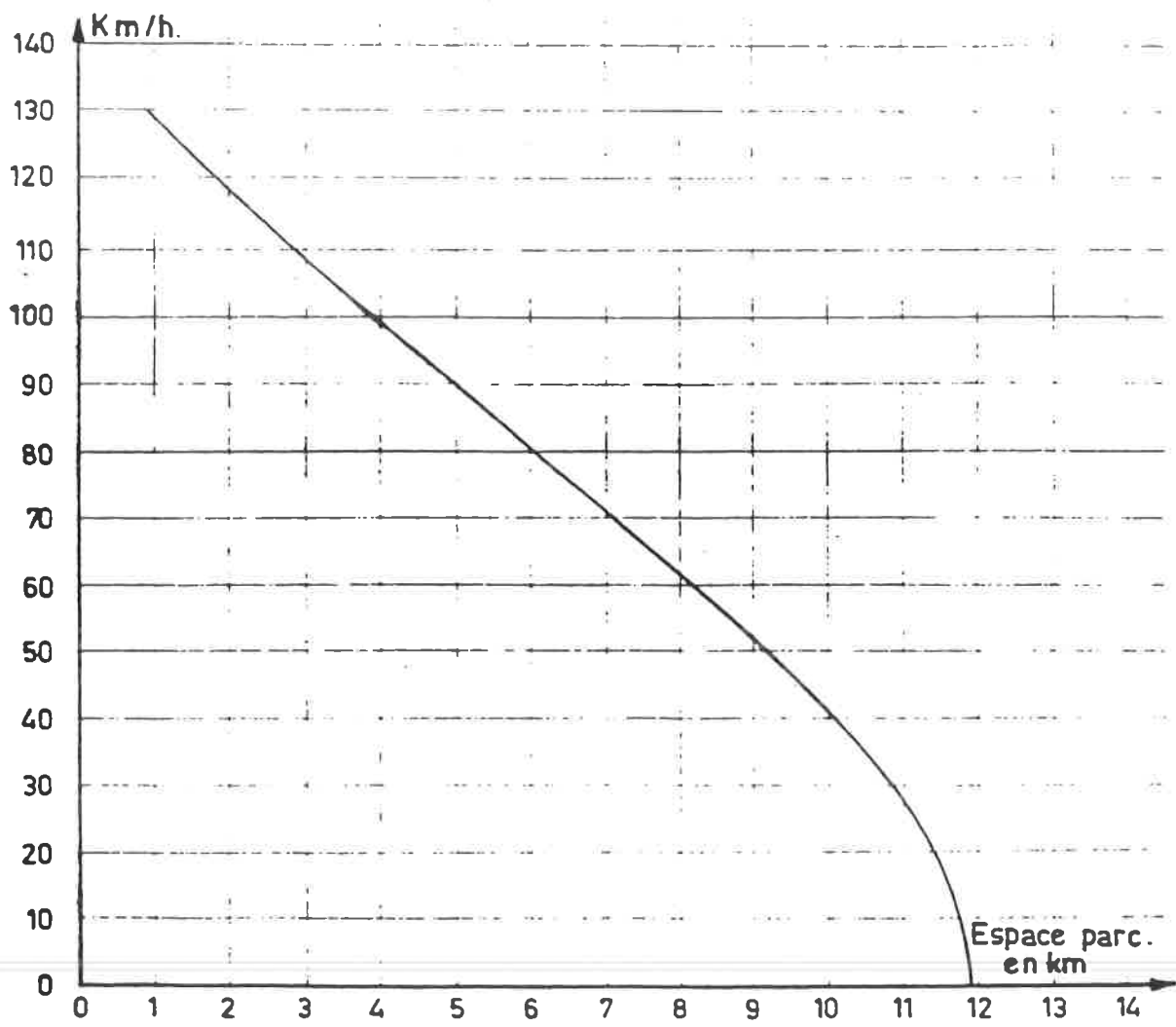
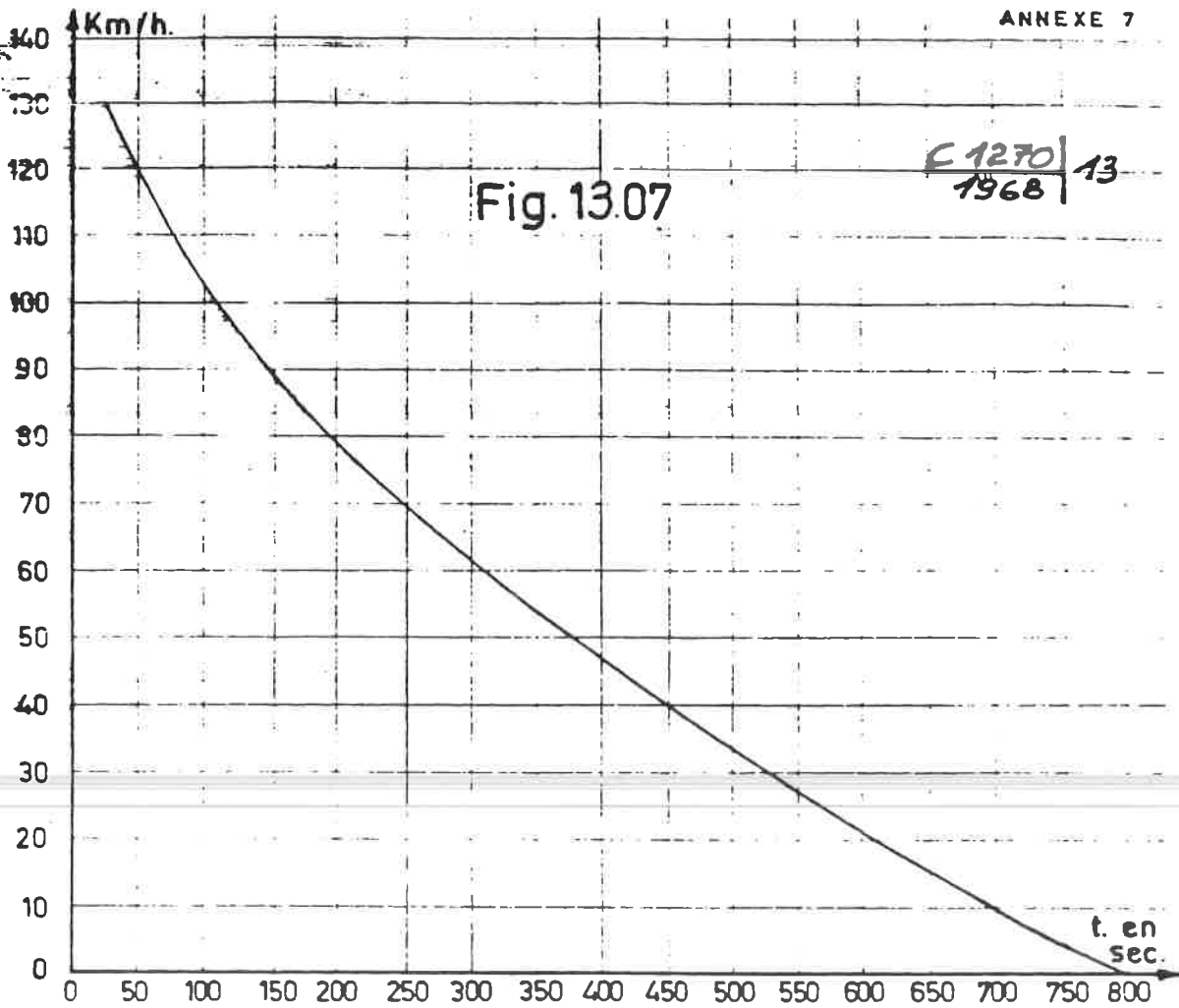
C 1250
1968
13
ANNEXE 5

Fig. 1306

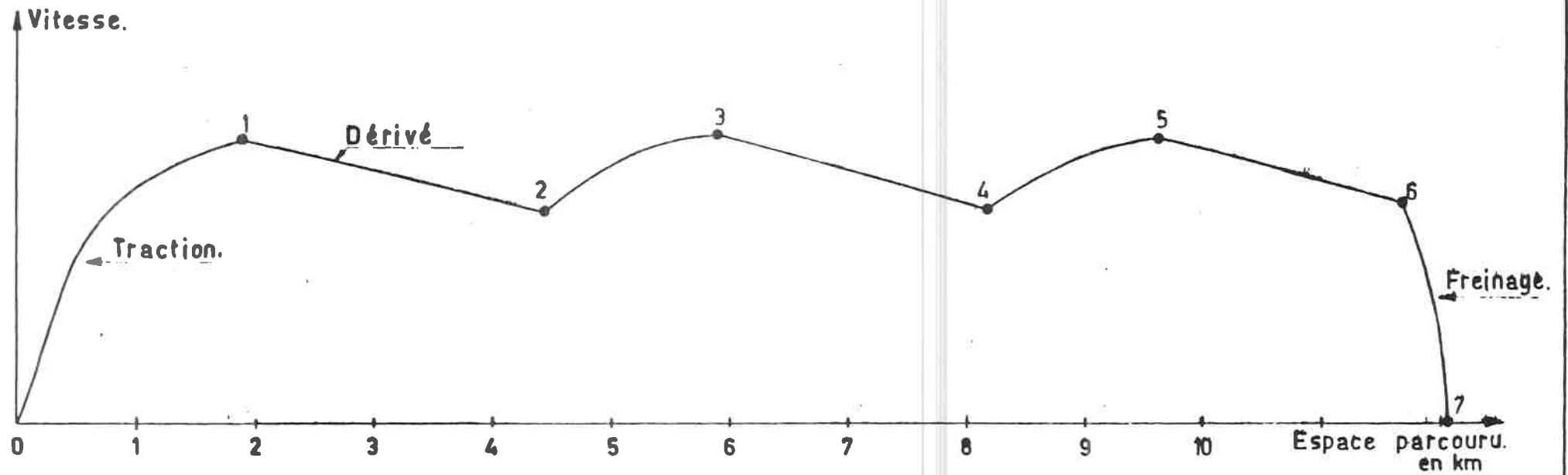
HLE type 122 + 600 T.

C1270 | 13
1968





C 1270
1968
13



Echelle:
2 cm = 1 km

Fig. 1308.

ECHAUFFEMENT DES MOTEURS DE TRACTION.

CALCULS A L'ORDINATEUR.

1401. Echauffement des moteurs de traction.

La puissance d'un moteur de traction est comme pour toutes les machines électriques, limitée par l'échauffement maximum admissible.

Si le moteur fonctionne à régime constant, la courbe d'échauffement prend l'allure donnée par la fig. 1401 ou la courbe de refroidissement est également représentée.

Nous voyons sur cette courbe qu'avec un courant constant de 310 A (régime continu la température maxima (= 1) est atteinte au bout de 150 minutes.

L'échauffement du moteur trouve son origine principalement dans l'effet Joule

$Q = R I^2 t$ ----- Joule ou R est la résistance ohmique du moteur.

Lorsque la température du régime est atteinte, toute la chaleur produite est rayonnée (ou enlevée par la ventilation). Il est évident que pour un courant de régime plus élevé la courbe d'échauffement sera plus raide et la température de régime plus élevée.

Or, la température ne pourra en aucun cas dépasser la valeur maximum permise sans quoi l'isolement sera endommagé.

Dans la pratique, un moteur de traction travaille rarement à courant constant. Durant le démarrage, ce courant est de 1,5 à 2 x le I continu et durant la dérive et le freinage, il est 0.

1402. Courant efficace.

Il serait fastidieux de vouloir calculer et tracer la courbe réelle d'échauffement du moteur durant un long parcours.

La seule méthode pratique permettant d'avoir une idée de la courbe d'échauffement du moteur consistait à déterminer le courant efficace sur un parcours donné :

$$I_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{\sum I^2 t}{t \text{ (total)}}}$$

2.

En partant du diagramme U/t l'on trouva le diagramme I/t et ensuite I^2/t .

En divisant la somme de tous les $I^2 t$ par le temps total, nous trouvons le I^2 eff. ce qui donne une idée de la charge thermique du moteur (fig. 1402).

Il s'agira alors de rechercher dans le diagramme la section la plus chargée durant 60 min.

Le courant efficace ne pourra être plus élevé que le courant unihoraire.

Cette méthode donne des résultats acceptables mais il faut prendre certaines marges de sécurité.

Grâce à l'ordinateur, nous pouvons à présent déterminer avec grande précision, la température du moteur à chaque point du parcours.

1403. Calcul de la température.

La fig. 1403 montre les courbes d'échauffement d'un moteur de traction (température T en fonction du temps t).

L'allure des courbes est logarithmique et nous voyons que pour un temps $t = \infty$ la valeur de T atteint une valeur limite

pour I_c cette température maxima est T_{mc}

pour $I_1 < I_c$ $T_{m1} < T_{mc}$

pour $I_2 > I_c$ $T_{m2} > T_{mc}$

L'allure générale de la courbe T/t se rapproche remarquablement de la courbe de charge d'un condensateur lorsqu'on considère la variation de la tension à ses bornes v en fonction du temps t .

Si l'on applique une tension V aux bornes de ce circuit RC (fig. 1404) on démontre que la tension v aux bornes du condensateur a comme valeur après t sec.

$$v = V (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

dans cette formule $e = 2.781$
et la constante de temps $\tau = RC$ sec.

En faisant le calcul, nous trouvons que pour

$$\begin{array}{ll} t = 0 & v = 0 \\ t = RC & v = 0,66 V \\ \text{et pour } t = \infty & v = V \end{array}$$

Bien entendu, si au lieu de partir d'une tension 0 nous partons d'une tension v_0 , il faut sur le diagramme de la fig. 1404 remonter l'abscisse de cette valeur et la formule devient

$$v - v_0 = (V - v_0) \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

Par analogie, il est supposé ici que pour le calcul de l'échauffement :

- v correspond à T c.à.d. la température après un temps t sec.
- v_0 correspond à la température de départ T_0 .
- V correspond à T_m , la température de régime pour un courant I

la formule d'échauffement devient ainsi :

$$(T - T_0) = (T_m - T_0) \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

Dans cette formule, il reste 2 inconnues à déterminer afin de pouvoir calculer T :

- τ = la constante de temps. C'est le temps qu'il faut pour atteindre T_{mc} à la vitesse d'échauffement initiale (ty à l'origine).

Cette valeur est connue pour chaque moteur et est donnée par le constructeur.

- T_m = la température d'équilibre pour un courant I

Nous pouvons déterminer cette valeur en comparaison avec le carré des courants : T_{mc} étant connu pour I_c

$$\frac{T_m}{T_{mc}} = \frac{I^2}{I_c^2}$$

d'où

$$T_m = T_{mc} \frac{I^2}{I_c^2}$$

1404. Données pour l'ordinateur.

L'établissement des données nécessaires à l'ordinateur, constitue une tâche énorme qui doit être faite une fois pour chaque ligne et pour chaque type d'engin.

L'intérêt de l'ordinateur n'apparaît effectivement que si de nombreux calculs sont à effectuer pour des charges et vitesses différentes sur une même ligne.

L'annexe 3 montre les différentes données à établir pour lesquelles il est fabriqué ensuite une bandelette perforée afin d'être utilisable par la machine.

1. Bandelette ligne L.

Comme exemple, on a choisi la ligne 96 (Bruxelles - Quévry).

Les chiffres indiquent les BK, les pentes et rampes corrigées ainsi que les vitesses maxima de la ligne à ces endroits.

2. Bandelette Travaux W.

Cette bandelette donne la modification temporaire de la vitesse max. de la ligne entre certaines BK (une augmentation de V est également possible).

3. Bandelette arrêts S.

Cette bandelette donne les BK (en mètres) où l'arrêt est demandé. En général, il s'agit d'une station.

4. Bandelette Passage D.

Comme pour les arrêts cette bandelette donne les BK où le temps de passage est demandé.

5. Bandelette traction M.

Cette bandelette donne les caractéristiques d'une locomotive type 123 :

- vitesse
- effort à la jante
- n° du cran économique
- valeur du courant correspondant.

A la dernière ligne, nous trouvons encore :

93 ... poids de la hle en t.
 108 ... coeff. des masses tournantes
 96100 ... I^2_{cc}
 30 ... constante de temps

1.21 --- 0.01 et 0,000333 les coefficients a, b et c de la formule de résistance à l'avancement.

6. Bandelette train T.

Cette bandelette donne les caractéristiques de la rame tractée.

- la charge du train (hle non comprise)
- longueur du train.
- vitesse maxima.
- la décélération au passage en cm/ sec²
- le coefficient des masses tournantes
- les 2 coefficients de résistance.

1405. Les résultats.

Les annexes 5, 6 et 7 donne la tabulation des résultats tels qu'ils sont présentés par l'ordinateur en 8 colonnes :

les BK, le profil simplifié, la vitesse atteinte, le temps total, le temps partiel, la consommation en kWh, la température $\theta = \frac{T}{T_{mc}}$

La 8e colonne indique le n° du cran économique A étant la pleine puissance (frein SP sn) et R le freinage.

Remarquons en passant l'échauffement des moteurs sur la rampe de Hennuyères (BK 25.896) et de Quévy (BK 63,389).

L'échauffement $\theta = 1$ n'est heureusement pas atteint car T doit rester plus petit ou égal à T mc.

Pour une charge plus grande, il y aura probablement lieu d'imposer des restrictions de shuntage.

En général, il est admis qu'un dépassement de 10 % de la température maxima T mc (donc $\theta = 1,1$) diminue la durée de vie du moteur de 50 %.

Les temps de performance ne sont évidemment pas communiqués tels quels à l'exploitation. Il faut y ajouter une certaine élasticité.

Il est préférable de faire cette opération manuellement et d'arrondir les temps de parcours suivant des critères qui peuvent varier dans chaque cas particulier.

Nous voyons que finalement sur un temps de parcours de 58 min. , il y a 4,58 min. d'élasticité soit 8,6 % .

1406. Conduite économique.

La traction électrique consomme plus de 1 million de kWh par jour. C'est dire qu'une conduite économique présente

un problème non dépourvu d'intérêt.

Le coût de l'énergie électrique pèse très lourd sur le prix de revient kilométrique (50 % environ) de la traction électrique.

Le problème est cependant très complexe.

Pour un parcours en performance, il est évident qu'il n'y a qu'une seule façon de conduire le train :

- accélération maxima au démarrage
- décélération maxima au freinage
- par la dérive.

Dès que l'on accorde un % d'élasticité au temps de performance la question se pose comment le répartir sur le parcours.

Sur la fig. 1405 sont représentées des courbes de consommation en fonction du temps de parcours.

Nous voyons que si la consommation diminue à mesure que le temps de parcours est augmenté, il y a cependant une zone où il n'y a plus tellement d'intérêt à augmenter ce temps (perf. + 10 %).

Dans la pratique, cependant il n'y a pas le choix, le temps de parcours se situe environ à perf. + 5 %.

Quelques règles simples sont néanmoins évidentes :

- 1° Les pertes de temps en cours de route (pour embarquement des voyageurs, rétention devant les signaux, travaux, etc.) doivent être rattrapés avec comme conséquence une augmentation importante de la consommation.
- 2° Pour un temps de parcours donné, la consommation est minimum lorsqu'on démarre avec accélération maximum et que le freinage s'effectue avec décélération maximum également (voir fig. 1406).
- 3° Pour un long parcours, il y a intérêt à ne pas dépasser de plus de 5 km/h la vitesse moyenne (fig. 1408).
- 4° D'une manière générale, l'étude des diagrammes V/t des fig. 1407 et 1408 révèle que la consommation sera maxima si :
 - le démarrage se fait jusqu'à une vitesse maxima la moins élevée possible.
 - le freinage se fait à partir d'une vitesse la moins grande possible.

Dans tous les cas, la surface du diagramme V/t ainsi tracé représente l'espace parcouru et doit donc rester constante.

- 5° Indépendamment de ces considérations, le problème de la perte dans les résistances de démarrage reste primordial pour les services omnibus.

Nous avons vu que l'utilisation des crans S et SP contribue à la réduction de la consommation.

De même, l'utilisation judicieuse des crans de shuntage permettra de mieux adapter la vitesse réelle à la vitesse moyenne.

- 6° Pour les parcours sur ligne accidentée, le problème de la conduite économique est plus complexe.

Il importe en général d'accumuler de l'énergie cinétique dans les pentes (pour autant que la limitation de vitesse l'autorise) pour permettre d'arriver au pied de la rampe à vitesse maxima.

Une "connaissance de ligne" parfaite constitue également un facteur d'économie important. Un conducteur expérimenté laissera une dérive en rampe se prolonger si cela peut éviter un freinage dans la pente suivante.

En effet, chaque freinage constitue une destruction d'énergie (cinétique) qui coûte très cher.

HLE Type 123 Echauffement et refroidissement moteurs de traction

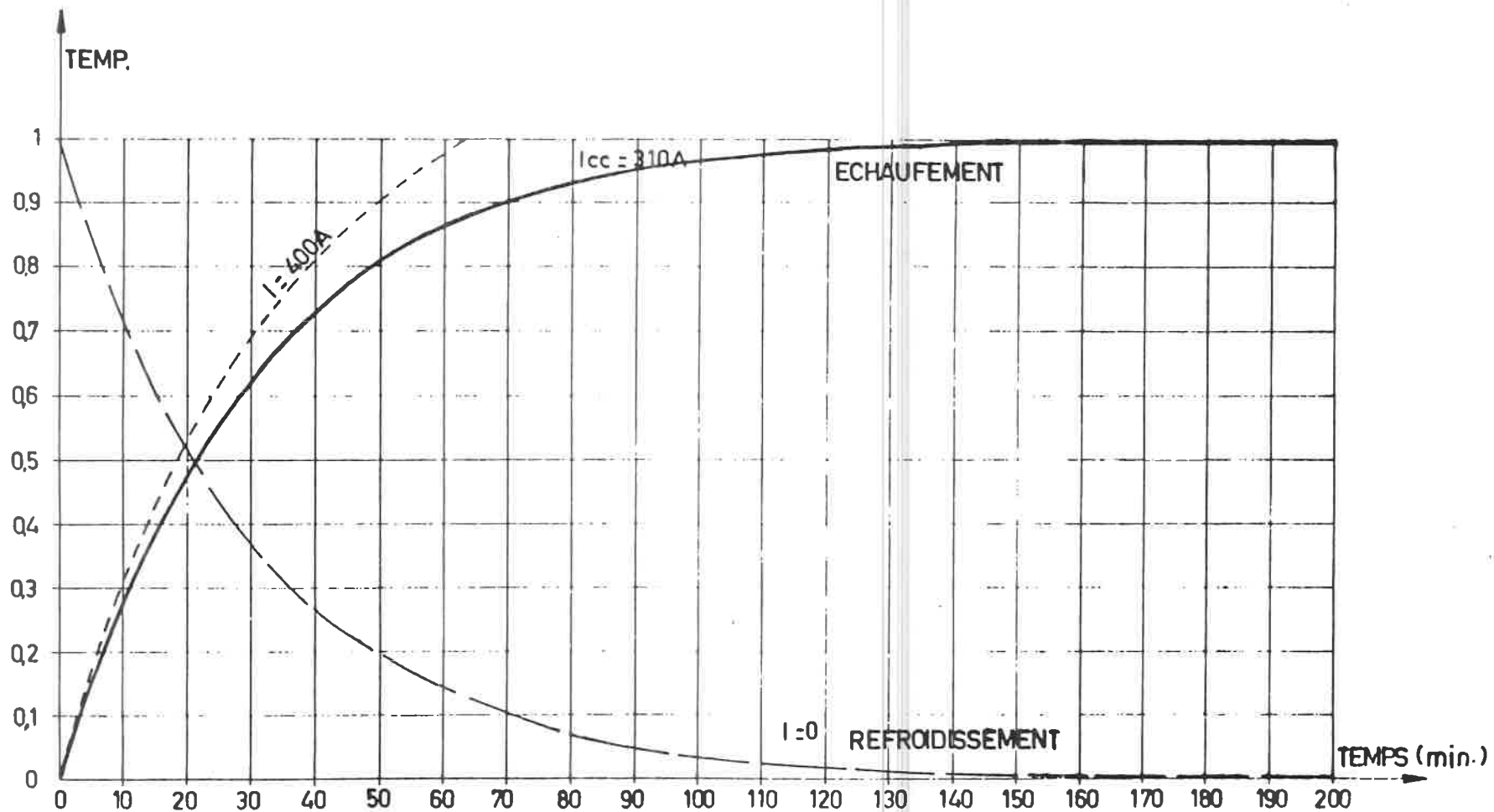
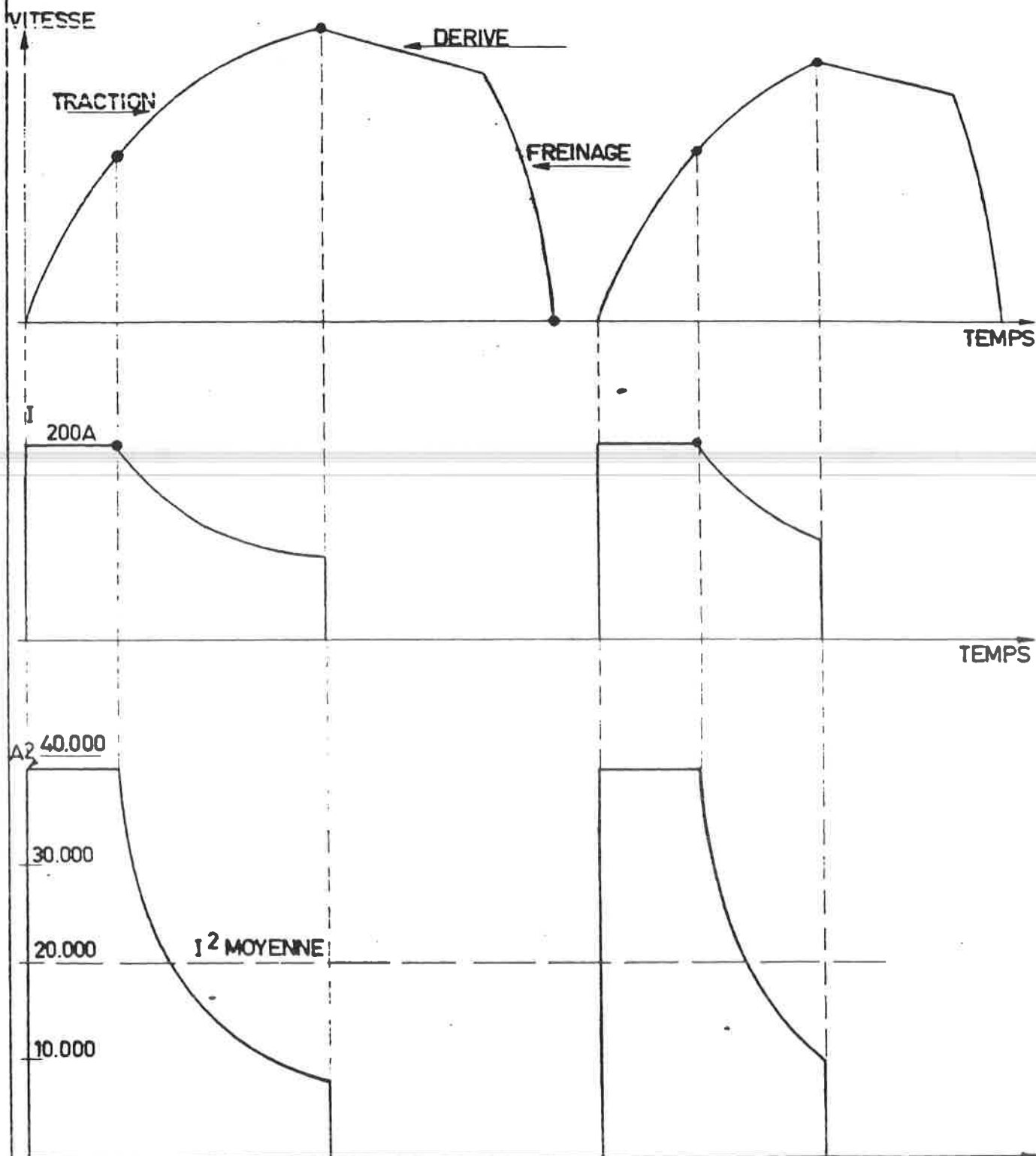


Fig. 1401

C 1270 | 14
1968



C 1270 | 14
1968

Fig. 14. 02.

0300,040,-010;0741,080,+000;1130,060,-017;1345,120,-07;
140,120,+000;1520,120,+010;1660,120,+060;2050,120,-011;
2040,140,-017;3470,140,+011;3610,140,+016;4606,140,+000;
4737,140,+015;6757,140,+004;8155,140,+007;8607,140,+001;
8889,140,+010;9197,140,+020;9697,140,+016;10336,140,+023;
10617,140,+019;11045,140,+031;11745,140,+021;12443,140,+027;
12647,140,+031;13259,140,+024;13424,140,+000;13513,140,+012;
13600,140,+038;13922,140,+024;14356,140,+000;14457,140,+030;
14692,140,+025;14770,140,+030;14980,140,+016;15236,140,-003;
16171,140,+015;16041,140,+010;16941,140,-015;17136,140,+002;
17400,140,+030;18078,140,+042;18725,140,+045;19277,140,+051;
19597,140,+058;20529,140,+048;21608,140,+039;21907,140,+050;
22700,140,+047;23243,140,+052;23698,140,+046;24347,140,+052;
25416,140,+110;25481,140,+130;26516,140,+123;26896,140,+107;
27054,140,+027;27244,140,-053;27674,140,-048;28630,140,+000;
28860,140,+031;29350,140,+025;29795,140,+018;30095,140,+012;
30345,140,+028;30375,140,+021;31543,140,+000;31803,140,-031;
32133,140,-015;32743,140,+000;33051,140,+008;33701,140,-028;
34110,140,-011;35300,140,+004;35610,140,+031;35938,140,+022;
36007,140,+025;37007,140,+019;37684,140,+017;37722,140,+000;
41150,140,+005;41640,140,-020;42043,140,-037;43337,140,-051;
43797,140,-035;45113,140,-043;46703,140,-037;47658,140,-052;
48374,140,+016;48321,140,-032;49738,140,-041;50588,140,-030;
51264,140,-051;51937,140,-022;52227,140,-039;54000,140,-056;
54381,140,-037;55073,140,-033;57096,140,-053;57026,140,+000;
57746,140,-054;58327,140,-030;59004,140,+000;59264,140,-013;
59317,100,-013;60300,100,+013;60627,100,-045;60811,100,-030;
61012,100,-100;61188,100,-002;61820,140,-002;62105,140,+120;
63307,140,+118;63112,140,+112;66470,140,+065;66100,140,+127;
67400,140,+079;67570,140,+053;67730,140,+066;67850,140,+080;
68450,140,+012;68580,140,+100;68830,140,+110;69570,140,+086;
69970,140,+066;70100,140,+046;70210,140,+032;70850,140,+044;
71050,140,+060;71450,140,+071;71850,140,+013;72185,140,+037;
74100,140,+051;74450,140,+075;74600,140,+097;75330,140,+071;
75530,140,+051;75625,140,+050;76650,140,-030;1600,140,-035;
81750,120,-035;83400,120,+006;83700,110,+006;94000,110,+000;
84350,140,+000;85800,140,+033;86400,150,+033;89700,150,+009;
90520,150,-032;91175,150,+030;92175,150,-021;93050,150,-021;
999990.

W:FBM;AULN:A;E
59400,61206,40,000000,

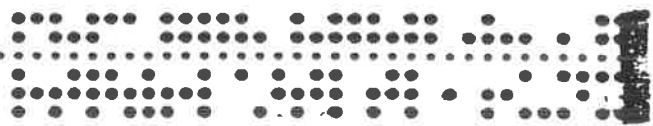
S:FBM;AULN:A;F
300,13600,29550,48900,60300,74300,
909990,

T:V:550:A
550,290,200,50,108,1.5,0,00022222,

D:FBM;AULN:A:A

4050,11800,13600,18750,28800,29550,
32500,35800,48800,60300,74300,75650,78200,85050,909990,
E:123;E:XB

10,22,4,
0,0,1000,10,9,8,7,6,5,4,3,2,0,402,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,
21,0,18000,10,9,8,18000,6,5,4,3,2,0,402,0,0,0,402,0,0,0,0,0,
26,0,9000,15000,9,8,18000,6,5,4,3,2,0,265,500,0,0,402,0,0,0,0,0,
35,0,3900,7000,12000,8,18000,6,5,4,3,2,0,138,250,490,0,402,0,0,0,0,0,
44,0,-1,4000,6900,8,18000,6,5,4,3,2,0,0,182,312,0,402,0,0,0,0,0,
49,0,-1,3000,5400,6600,13000,6,5,4,3,2,0,0,160,275,355,310,0,0,0,0,0,
50,0,-1,2900,5200,6350,12100,16800,5,4,3,2,0,0,156,268,344,290,430,0,0,0,0,
56,0,-1,2100,3800,4950,7800,11500,14200,4,3,2,0,0,137,230,286,215,320,110,0,0,0,
60,0,-1,-2,3100,4150,6250,9250,11550,4,3,2,0,0,0,210,251,184,271,345,0,0,0,
63,0,-1,-2,-3,-4,5250,7900,10000,13600,3,2,0,0,0,0,166,250,315,430,0,0,
70,0,-1,-2,-3,-4,3400,5850,7150,9750,3,2,0,0,0,0,131,204,255,340,0,0,
76,0,-1,-2,-3,-4,3100,4750,5800,7700,11800,2,0,0,0,0,0,120,176,220,294,410,0,
80,0,-1,-2,-3,-4,2650,4150,5200,6700,9550,2,0,0,0,0,0,110,166,210,270,372,0,
86,0,-1,-2,-3,-4,-5,3050,3950,5050,6900,2,0,0,0,0,0,140,122,228,316,0,
92,0,-1,-2,-3,-4,-5,2150,3800,4850,6550,8600,0,0,0,0,0,132,174,222,305,312,
95,0,-1,-2,-3,-4,-5,2600,3550,4500,6050,7900,0,0,0,0,0,124,166,214,288,374,
100,0,-1,-2,-3,-4,-5,2250,3150,4000,5350,6850,0,0,0,0,0,116,156,200,270,314,
105,0,-1,-2,-3,-4,-5,1950,2750,3600,4800,6000,0,0,0,0,0,110,148,190,250,315,
110,0,-1,-2,-3,-4,-5,-6,2400,3300,4400,5400,0,0,0,0,0,140,190,236,294,
115,0,-1,-2,-3,-4,-5,-6,2100,3000,3950,5150,0,0,0,0,0,132,172,222,271,
120,0,-1,-2,-3,-4,-5,-6,1800,2750,3600,4350,0,0,0,0,0,121,166,210,256,
125,0,-1,-2,-3,-4,-5,-6,1600,2500,3150,3750,0,0,0,0,0,120,160,200,212,
130,0,-1,-2,-3,-4,-5,-6,1400,2350,2900,3600,0,0,0,0,0,115,156,194,220,
93,108,96100,30,0,4,1,21,0,01,0,000333,



C1270 | 14
1968

STAPH n° 14002'42
 S: FBM; AULN: A: F
 D: FBM; AULN: A: A
 W: FBM; AULN: A: E
 M: E: 123: E: XB
 T: V: 550: A
 L: FBM; AULN: AD: A

C1270 / 14
 1968

FMS - max. 40 km/h.
 max. 18 T.

0.300	-1.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.40	--	FBM			
0.041	-1.0	40.00	1.33	1.33	22.8	0.42	0 2	0.11--			
1.086	+0.0	+0.00	1.55	1.55	23.3	0.42	0 2	0.23--			
1.130	+0.0	43.25	1.61	1.61	25.8	0.42	5--				
1.345	-4.7	56.85	1.87	1.87	35.7	0.43	7--				
1.440	-4.7	61.06	1.97	1.97	39.4	0.44	7--				
1.490	+0.0	62.45	2.01	2.01	41.0	0.44	7--				
1.520	+0.0	63.30	2.04	2.04	42.0	0.44	8--				
1.585	+8.0	64.52	2.10	2.10	44.6	0.44	8--				
1.660	+8.0	65.74	2.17	2.17	47.4	0.45	8--				
2.050	+6.0	71.06	2.51	2.51	59.7	0.46	8--				
2.940	-4.9	90.75	3.17	3.17	82.4	0.47	9--				
3.085	-4.9	93.16	3.26	3.26	85.7	0.48	A--				
3.470	-4.9	99.61	3.52	3.52	94.9	0.48	A--				
3.810	+1.1	101.63	3.71	3.71	101.4	0.49	A--				
4.050	+1.6	102.85	3.85	3.85	106.1	0.49	A--	Y. FRB	4	+0.15	
4.696	+1.6	105.50	4.22	4.22	118.0	0.50	A--				
4.737	+0.0	105.82	4.24	4.24	118.7	0.50	A--				
6.757	+1.5	111.63	5.36	5.36	151.9	0.51	A--				
8.155	+0.4	115.52	6.09	6.09	172.6	0.52	A--				
8.680	+0.7	116.32	6.37	6.37	180.0	0.52	A--				
8.980	+0.4	117.12	6.52	6.52	184.1	0.52	A--				
9.187	+1.0	117.38	6.62	6.62	186.8	0.53	A--				
9.617	+2.0	117.51	6.88	6.88	193.6	0.53	A--				
10.386	+1.6	117.72	7.24	7.24	203.0	0.53	A--				
10.617	+2.8	117.73	7.39	7.39	207.1	0.53	A--				
11.045	+1.9	117.83	7.57	7.57	211.9	0.53	A--				
11.745	+3.1	117.22	7.93	7.93	221.4	0.53	A--				
11.800	+2.1	117.23	7.96	7.96	222.1	0.53	A--	BL.7	9	+1.04	
12.443	+2.1	117.35	8.29	8.29	230.3	0.54	A--				
12.530	+2.7	117.31	8.34	8.34	232.1	0.54	A				
12.617	+2.7	111.13	8.39	8.39	232.1	0.54	K--				
12.647	+3.8	111.13	8.39	8.39	232.1	0.54	R				
13.250	+3.8	66.48	8.81	8.81	232.1	0.53	R--				
13.250	+2.4	66.48	8.81	8.81	232.1	0.53	R				
13.424	+2.4	47.76	8.98	8.98	232.1	0.53	R--				
13.424	+0.0	47.76	8.98	8.98	232.1	0.53	R				
13.513	+0.0	33.58	9.11	9.11	232.1	0.52	R--				
13.513	+1.2	33.58	9.11	9.11	232.1	0.52	0 1	0.41			
13.600	+1.2	0.00	9.42	9.42	232.1	0.52	R--	FH	10 1/2	+1.08	+1.08
13.600	+1.2	0.00	9.42	0.00	232.1	0.52	R--				
13.600	+1.2	0.00	9.42	0.00	232.1	0.52	R--				
13.660	+1.2	10.91	9.80	0.38	239.8	0.53	1--				
13.922	+3.8	41.76	10.32	0.90	250.7	0.55	5--				
14.156	+2.4	60.26	10.82	1.40	270.8	0.57	7--				
14.156	+0.0	63.10	10.92	1.50	282.1	0.57	8--				
14.602	+3.0	68.74	11.13	1.71	290.6	0.58	8--				
14.770	+2.5	70.16	11.20	1.78	293.0	0.58	8--				
14.980	+3.0	73.15	11.38	1.96	298.8	0.58	8--				
15.286	+1.6	77.71	11.62	2.20	307.0	0.59	9--				
16.191	-0.3	90.43	12.26	2.84	321.3	0.60	9--				
16.641	+1.5	94.23	12.55	3.13	330.5	0.61	A--				
16.941	+1.0	96.96	12.74	3.32	346.5	0.61	A--				
17.138	-1.5	99.09	12.86	3.44	350.8	0.62	A--				
17.400	+0.2	101.10	13.02	3.60	356.2	0.62	A--				
17.678	+3.0	103.41	13.42	4.00	369.4	0.63	A--				
18.725	+4.2	104.33	13.70	4.37	381.4	0.63	A--				
18.750	+4.5	104.76	13.81	4.38	381.9	0.63	A--	FTZ	5	+0.62	
19.217	+4.5	104.80	14.11	4.69	391.6	0.64	A--				
19.587	+5.1	104.82	14.29	4.86	397.1	0.64	A--				

21.707		105.13	15.02	6.20	439.3	0.66	A--				
22.700	+5.0	105.18	16.07	6.65	453.6	0.66	A--				
23.248	+4.7	105.31	16.38	6.96	463.4	0.67	A--				
23.650	+5.2	105.29	16.64	7.22	471.4	0.67	A--				
24.347	+4.6	105.57	17.01	7.59	483.0	0.67	A--				
25.410	+5.2	105.32	17.62	8.19	502.0	0.68	A--				
25.980	+11.0	101.23	17.95	8.53	512.7	0.69	A--				
26.510	+13.0	97.27	18.27	8.85	524.0	0.69	A--				
26.990	+12.3	95.28	18.51	9.08	532.7	0.70	A--				
27.054	+10.7	94.83	18.01	9.18	536.4	0.70	A--				
27.244	+2.7	96.18	18.73	9.30	540.9	0.70	A--				
27.674	-5.3	102.46	18.93	9.56	549.9	0.71	A--				
28.534	-4.8	111.87	19.49	10.07	565.5	0.71	A				
28.630	-4.8	109.19	19.52	10.10	565.5	0.71	R--				
28.630	+0.0	109.19	19.52	10.10	565.5	0.71	P				
28.800	+0.0	99.59	19.62	10.20	565.5	0.71	R--				
28.800	+0.0	98.59	19.62	10.20	565.5	0.71	R				
28.860	+0.0	94.56	19.65	10.23	565.5	0.71	R--				
28.860	+3.1	94.56	19.65	10.23	565.5	0.71	R				
29.350	+3.1	50.91	20.06	10.64	565.5	0.70	R--				
29.350	+2.5	50.91	20.06	10.64	565.5	0.70	R				
29.550	+2.5	0.00	20.53	11.11	565.5	0.69	R--	FBC	12	+0.89	+1.97
29.550	+2.5	0.00	20.53	0.00	565.5	0.69	R--				
29.550	+2.5	0.00	20.53	0.00	565.5	0.69	R--				
29.795	+2.5	37.11	21.32	0.79	588.4	0.71	5--				
30.095	+1.0	54.07	21.71	1.18	603.6	0.72	6--				
30.345	+1.2	62.21	21.97	1.44	613.0	0.73	7--				
30.395	+2.8	63.33	22.02	1.49	614.6	0.73	8--				
31.543	+2.1	82.68	22.95	2.42	643.2	0.75	9--				
31.803	+0.0	86.25	23.13	2.60	654.6	0.75	9--				
32.433	-3.1	95.52	23.55	3.02	668.9	0.76	A--				
32.500	-1.5	96.33	23.59	3.06	670.5	0.76	A--				
32.743	-1.5	99.00	23.75	3.21	675.8	0.76	A--				
33.051	+0.0	101.42	23.93	3.40	682.2	0.77	A--				
33.701	+0.8	105.03	24.30	3.77	704.5	0.77	A--				
34.140	-2.8	109.03	24.58	4.05	702.9	0.77	A--				
35.300	-4.1	117.42	25.16	4.64	719.4	0.77	A--				
35.610	+0.4	117.98	25.32	4.79	723.6	0.77	A--				
35.600	+3.1	117.79	25.42	4.89	726.1	0.77	A--	FSG	5	+0.11	
35.888	+3.1	117.62	25.51	4.99	728.7	0.77	A--				
36.607	+2.2	117.63	25.83	5.30	737.0	0.77	A--				
37.007	+2.5	117.52	26.03	5.51	742.4	0.77	A--				
37.684	+1.9	117.73	26.31	5.85	751.6	0.77	A--				
38.722	+1.7	118.18	26.91	6.38	765.5	0.77	A--				
41.150	+0.0	122.14	28.12	7.59	796.4	0.77	A--				
41.640	+0.5	122.50	28.36	7.83	802.4	0.77	A--				
42.048	-2.0	123.73	28.56	8.03	807.3	0.77	A--				
43.337	-3.0	129.07	29.17	8.64	821.9	0.76	A--				
43.797	-5.1	130.00	29.38	8.85	824.4	0.76	o 7	o.26--			
45.114	-3.5	130.00	29.99	9.46	831.4	0.75	o 7	1.00--			
46.798	-3.3	130.00	30.77	10.24	837.0	0.73	o 7	0.63--			
47.496	-3.7	130.00	31.09	10.56	840.3	0.72	o 7	0.91			
47.650	-3.7	121.66	31.17	10.64	840.3	0.72	R--				
47.658	-5.2	121.66	31.17	10.64	840.3	0.72	P				
48.374	-5.2	74.30	31.61	11.07	840.3	0.71	E--				
48.374	+1.6	74.30	31.61	11.07	840.3	0.71	R				
48.800	+1.6	0.00	32.29	11.76	840.3	0.69	R--	FJR	12 1/2	+0.74	+2.71
48.800	+1.6	0.00	32.29	0.00	840.3	0.69	R--				
48.800	+1.6	0.00	32.29	0.00	840.3	0.69	R--				
49.323	+1.6	53.85	33.44	1.14	877.2	0.73	6--				
49.733	-3.2	69.50	33.85	1.54	892.2	0.74	7--				
50.500	-1.1	88.50	34.48	2.18	914.7	0.75	8--				
51.244	-3.0	97.99	34.91	2.62	930.0	0.76	A--				
51.937	-5.1	106.59	35.31	3.01	943.1	0.76	A--				
52.227	-2.2	108.71	35.47	3.17	948.0	0.77	A--				
54.000	-3.9	120.83	36.39	4.10	973.3	0.77	A--				
54.401	-5.6	124.02	36.63	4.33	977.2	0.77	A--				
55.173	-3.7	129.77	37.33	5.04	995.9	0.76	A--				

C 1270
1968

57.096	-3.8	130.00	37.85	5.56	1001.4	0.75	o 7	0.86--			
57.626	-5.3	130.00	38.09	5.80	1001.9	0.74	o 7	0.17--			
57.746	+0.0	129.99	38.15	5.86	1003.2	0.74	A--				
58.074	-5.4	130.00	38.30	6.01	1003.4	0.74	o 7	0.13			
58.327	-5.4	116.73	38.42	6.13	1003.4	0.74	--				
58.327	-3.0	116.73	38.42	6.13	1003.4	0.74	R--				
59.094	-3.0	60.72	38.94	6.65	1003.4	0.73	R--				
59.094	+0.0	60.72	38.94	6.65	1003.4	0.73	R				
59.252	+0.0	40.48	39.13	6.84	1003.4	0.72	R--				
59.252	+0.0	40.48	39.13	6.84	1003.4	0.72	R				
59.255	+0.0	40.00	39.13	6.84	1003.4	0.72	R--				
59.264	+0.0	40.00	39.15	6.85	1003.5	0.72	o 2	0.23--			
59.397	-1.3	40.00	39.35	7.05	1003.6	0.72	o 2	0.07--			
59.400	-1.3	40.00	39.35	7.06	1003.6	0.72	o 2	0.07--			
60.177	-1.3	40.00	40.52	8.22	1004.5	0.69	o 2	0.07			
60.300	-1.3	0.00	40.89	8.59	1004.5	0.68	R--	FMS	9 1/2	+ 0.91	+ 3.62
60.300	-1.3	0.00	40.89	0.00	1004.5	0.68	R--				
60.300	+1.3	0.00	40.89	0.00	1004.5	0.68	R--				
60.300	+1.3	0.00	40.89	0.00	1004.5	0.68	R--				
60.627	+1.3	40.00	41.78	0.90	1028.9	0.71	o 2	0.39--			
60.814	-4.5	40.00	42.06	1.18	1028.9	0.70	o--				
61.012	-3.0	40.00	42.36	1.47	1028.9	0.69	o--				
61.188	-10.8	40.00	42.62	1.74	1028.9	0.69	o--				
61.206	-0.2	40.00	42.65	1.76	1029.0	0.69	o 2	0.20--			
61.351	-0.2	40.00	42.87	1.98	1029.5	0.68	o 2	0.20--			
61.820	-0.2	62.28	43.41	2.52	1049.9	0.70	7--				
61.905	-0.2	66.78	43.54	2.66	1055.2	0.70	8--				
62.105	-0.2	70.24	43.66	2.78	1059.7	0.70	8--				
63.389	+12.0	70.62	44.76	3.87	1096.5	0.72	8--				
64.112	+11.8	70.07	45.37	4.40	1117.0	0.73	8--				
66.470	+11.2	72.04	47.35	6.46	1181.6	0.75	8--				
66.908	+6.5	74.86	47.70	6.82	1192.9	0.76	8--				
67.400	+12.7	72.91	48.10	7.22	1205.2	0.76	8--				
67.570	+7.9	73.66	48.24	7.35	1209.6	0.76	8--				
67.730	+5.3	74.88	48.37	7.48	1213.6	0.76	8--				
67.850	+6.6	75.43	48.47	7.58	1216.5	0.76	8--				
68.450	+8.0	78.51	48.04	8.05	1232.9	0.77	9--				
68.530	+9.2	79.16	49.04	8.15	1236.7	0.77	9--				
68.830	+10.0	79.92	49.22	8.34	1243.8	0.78	9--				
69.570	+11.0	80.61	49.78	8.89	1264.3	0.79	9--				
69.970	+8.6	82.09	50.07	9.19	1275.0	0.80	9--				
70.100	+6.6	82.85	50.17	9.28	1278.4	0.80	9--				
70.210	+4.6	83.75	50.25	9.36	1281.2	0.80	9--				
70.850	+3.2	88.75	50.69	9.80	1296.2	0.81	9--				
71.050	+4.4	89.60	50.83	9.94	1300.5	0.81	9--				
71.450	+6.0	90.26	51.09	10.21	1309.0	0.81	9--				
71.850	+7.1	90.28	51.36	10.47	1317.3	0.81	9--				
72.185	+8.3	89.70	51.58	10.69	1324.4	0.81	9--				
73.704	+8.7	87.90	52.61	11.72	1357.6	0.82	9				
74.100	+8.7	50.91	52.95	12.06	1357.6	0.81	R--				
74.100	+5.1	50.91	52.95	12.06	1357.6	0.81	P				
74.300	+5.1	0.00	53.42	12.54	1357.6	0.80	P--	FVY	13	+ 0.96	+ 4.56
			+ 4.58								
			58.00						58		+ 8.60

137
END OF WORK

C1270 | 14
1968

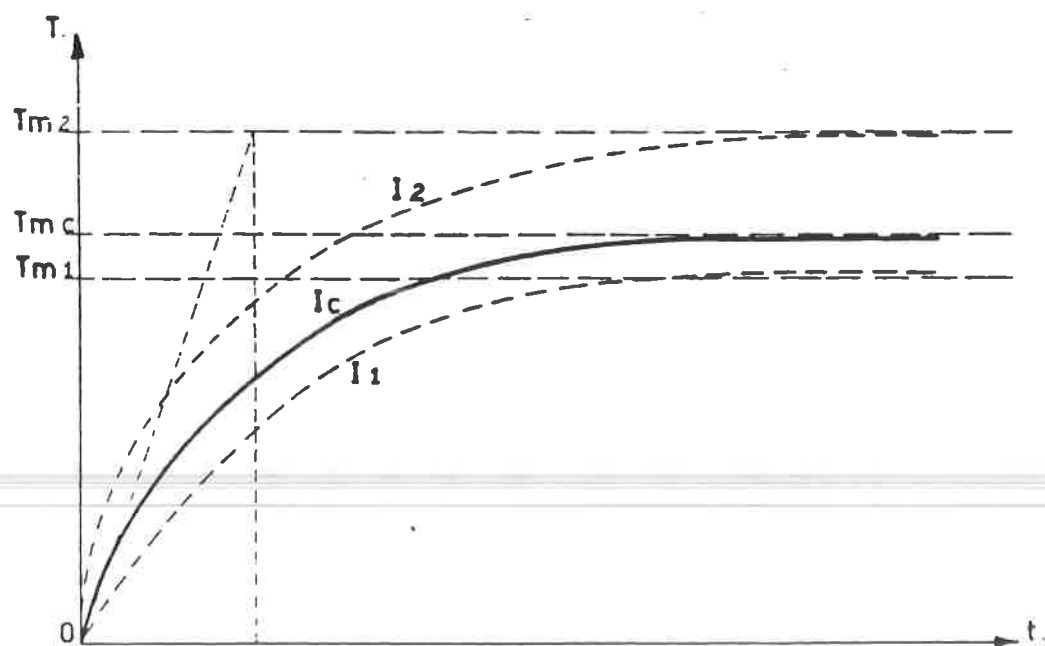


Fig. 1403

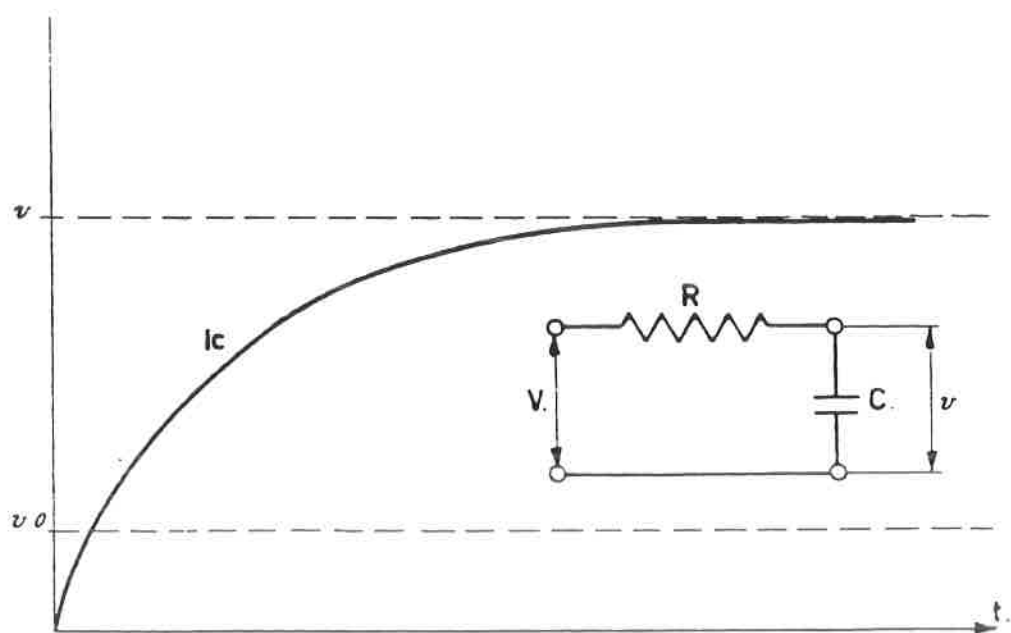


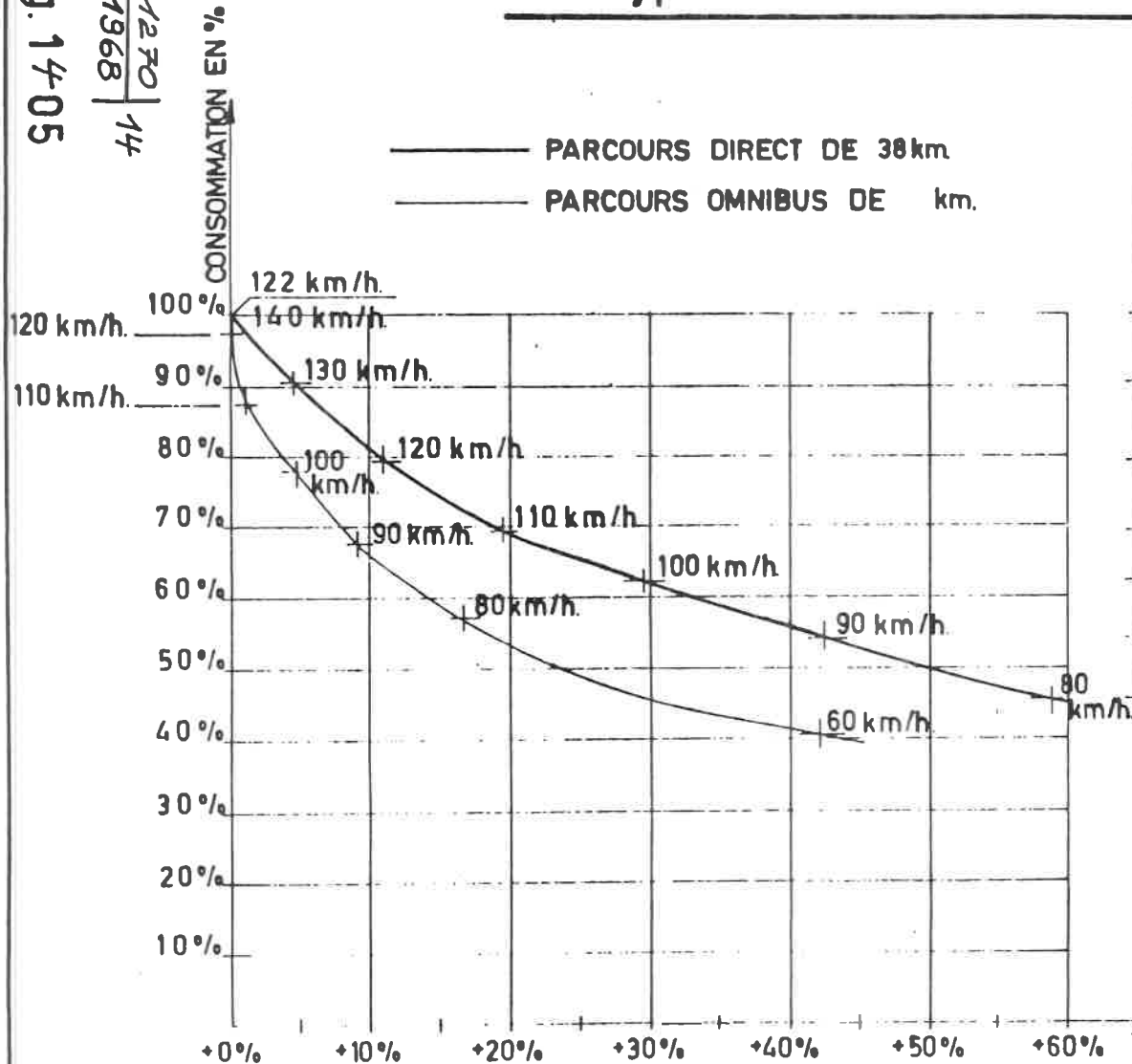
Fig. 1404

C 1270	14
1968	

Fig. 1405

$\frac{C1270}{1968} | 14$

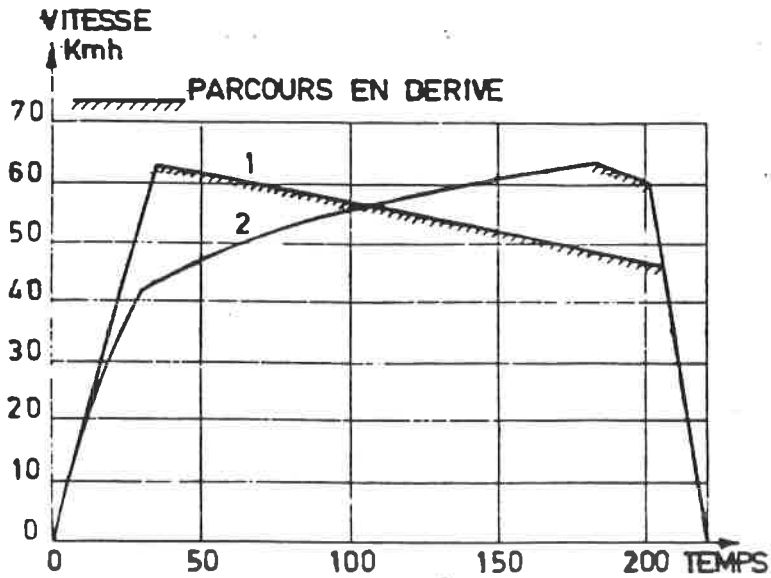
A.M. type 1966 (max. 140 km/h)



TOTAL k. Wh.	Wh/TKm
586,3	40,5
533,0	36,8
465,1	32,2
406,3	28,1
365,9	25,3
317,5	21,9
266,6	18,4

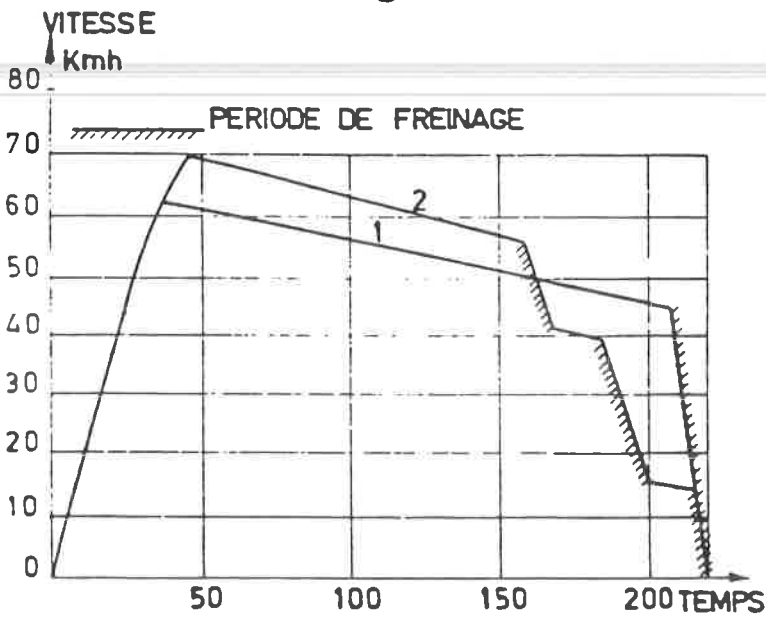
TOTAL k. Wh	Wh/TKm
38,8	76,2
38,0	74,5
32,2	66,7
28,7	59,5
25,0	51,8
21,1	43,7
15,0	31,1

Automotrice double 122T.en charge



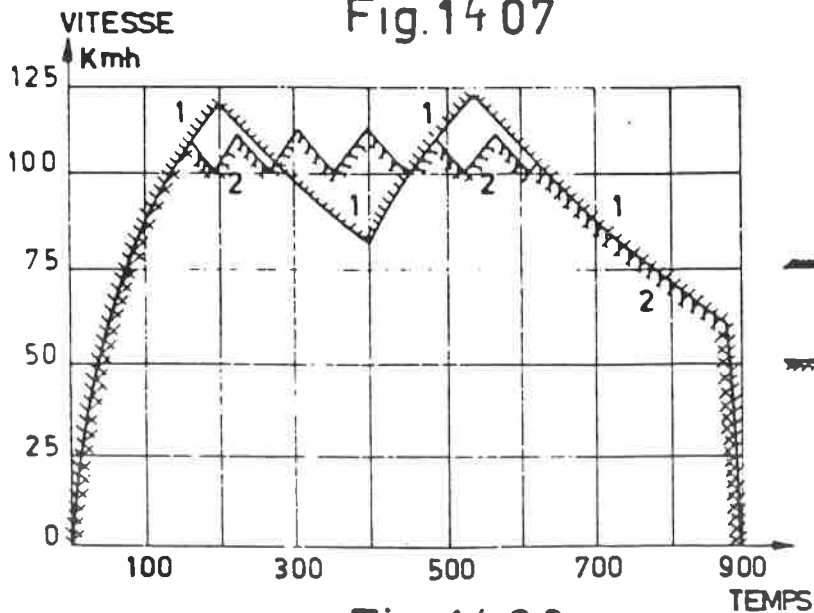
- 1.Utilisation du couplage serie et serie parall. consommation 9 KWh.
- 2.Utilisation du couplage serie consommation 10,35 KWh.

Fig. 14 06



- 1 Utilisation d'une seule période de freinage consommation 9 KWh.
- 2 Utilisation de 3 périodes de freinage successifs consommation 10,65 KWh.

Fig. 14 07



		Consommation
		KWh
1.	22,750km en 900"	58,60
2.	id.	57,80

$$\frac{C1270}{1968} = 14$$

Fig. 14 08

S.N.C.B

Enseignement Professionnel

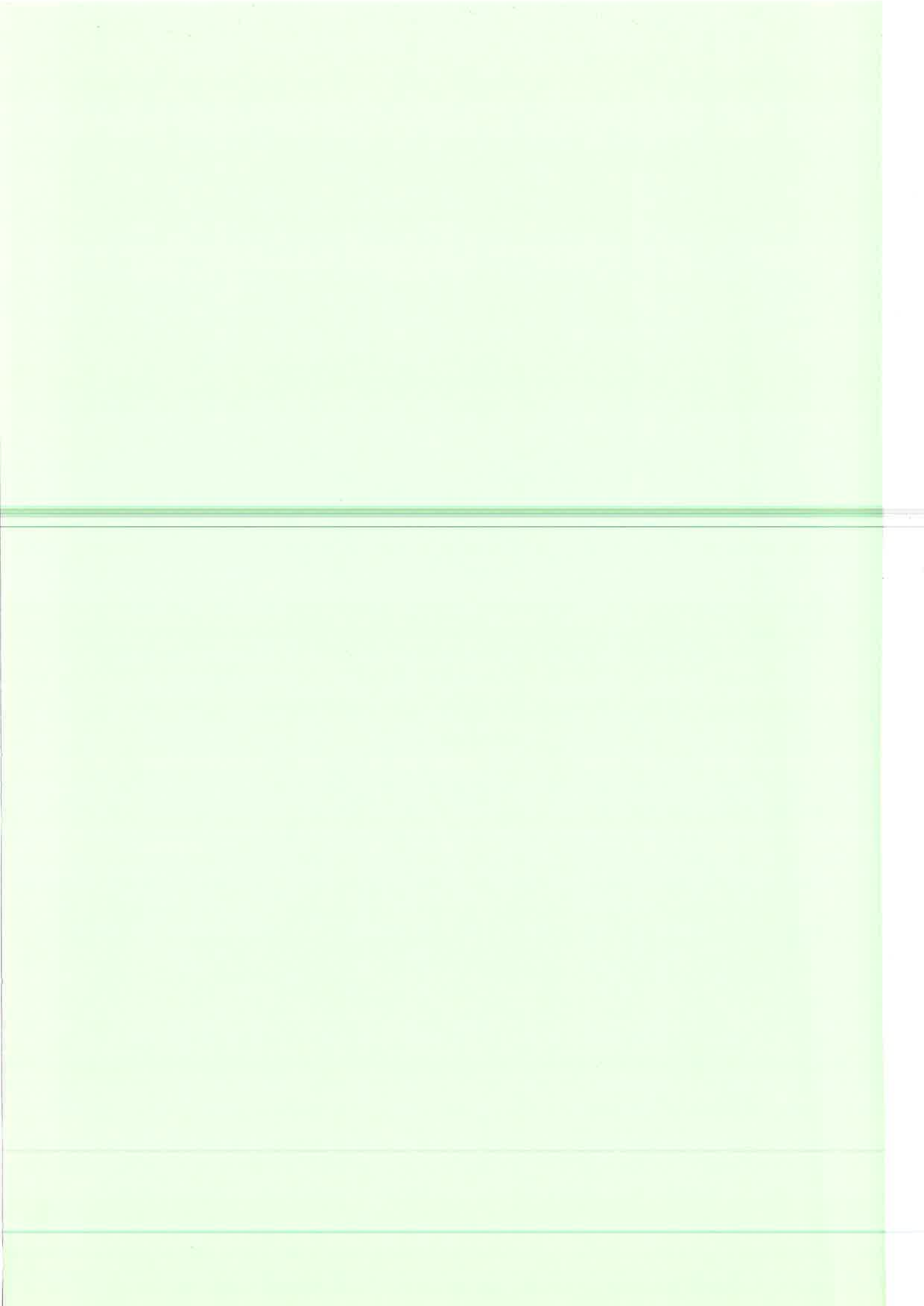
TRACTION ELECTRIQUE

Cours 1270

II/∇

Leçons 15 à 24





LES AUTOMOTRICES.

15.01 Généralités.

Une automotrice comporte une ou plusieurs voitures à voyageurs équipées d'une motorisation.

La majeure partie de l'appareillage se trouve sous la caisse afin de laisser la place disponible pour les voyageurs.

Une cabine de conduite est prévue à chaque extrémité.

Il est d'usage de citer les avantages des automotrices en comparaison avec les trains tractés :

- réversibilité rapide
- composition variable
- puissance élevée, quelle que soit la composition
- horaires cadencés.

La SNCB s'oriente en effet vers une exploitation largement assurée par automotrices.

Les premières automotrices SNCB (1935) étaient du type quadruple. Elles n'assuraient d'ailleurs que des parcours directs en simple (donc 4 voitures) ou en double (8 voitures).

En 1939 le service fut complété par des automotrices doubles qui sont plus économiques pour assurer des trains omnibus, à horaires cadencés même aux heures creuses.

Depuis, pour des raisons de standardisation et de simplification des services, il n'a été fait acquisition que d'automotrices doubles.

Bien que la composition moyenne des trains soit de 2 automotrices environ, l'inconvénient du grand nombre de cabines de conduite et compartiments à bagages, est largement compensé par la souplesse du système qui permet de faire varier la composition en s'adaptant exactement aux besoins.

Il y a des trains de 1, 2, 3, 4 et 5 automotrices.

La nécessité se faisant sentir, pour des trains encore plus lourds, de 12 voir 16 voitures, la captation de courant avec plus de 5 pantographes pose des problèmes (soulèvement de la caténaire).

Pour ces raisons il s'avéra nécessaire de revenir aux automotrices quadruples.

15.02 - L'effectif.

Type	N°	Nombre	Particularités
50	0010 0034	22	
53	0035 0049	15	
62	0050	1	avec moteurs asyn- chrone.
54	0051 0150	76	
62, 63	0153 0270	58,60	
80, 82, 83	0301 0440	140	avec freinage par récupération
55	0502 0539	30	
70 SA	0595 0600	6	
66	0601 0640	40	
70 JH	0641 0664	23	
70 Th	0665 0676	12	
73, 74, 78, 79	0677 0782	106	
75, 76, 77	0801 0844	44	
86	0901 0935	36	
54P	0961 0975		

Situation au 20.07.1989.

15.03 - Caractéristiques.

On trouve les caractéristiques précitées aux annexes 1 à 14.

Sur les automotrices, il y a un essieu sur deux qui est moteur, l'autre est porteur.

Nous voyons sur la fiche caractéristique des AM type 62, annexe 6 que la charge de l'essieu moteur dépasse de 10 % environ celle de l'essieu porteur.

Le pivot du bogie a été désaxé d'une valeur déterminée pour obtenir ce résultat.

~~Pour les automotrices doubles la puissance totale est d'environ 735 kW (190 kW par moteur).~~

La puissance continue du moteur est un peu moins élevée 620 kW.

Le poids total est de 100 t à vide et de 120 t en charge.

Le poids adhérent est un peu supérieur à la moitié c.-à-d. 50 et 60 t.

En considérant un effort de 70.000 N à la jante (total) nous trouvons comme coefficient d'adhérence :

$$\text{à vide } \frac{70.000 \text{ N}}{500.000 \text{ N}} = 0,14$$

$$\text{en charge } \frac{70.000 \text{ N}}{600.000 \text{ N}} = 0,11.$$

La faible valeur en comparaison avec les coefficients d'usage pour les locomotives s'explique du fait que le conducteur n'a pas le contrôle de tous les moteurs lorsqu'il circule avec des automotrices accouplées en unités multiples.

L'accélération en démarrage se calcule à partir de l'effort accélérateur par tonne :

$$\text{à vide } \frac{70.000 \text{ N}}{100 \text{ t}} = 70 \text{ N/t ou } \pm 0,7 \text{ m/sec}^2$$

$$\text{en charge } \frac{70.000 \text{ N}}{120 \text{ t}} = 60 \text{ N/t ou } \pm 0,6 \text{ m/sec}^2$$

Ces accélérations sont indépendantes du nombre d'automotrices accouplées.

Pour obtenir les mêmes valeurs d'accélération avec un train tracté (effort de 18 t par exemple) la locomotive ne pourrait avoir une charge supérieure à 300 t, loco comprise (donc de 5 à 6 voitures).

L'on pourrait encore augmenter l'accélération des automotrices à condition d'utiliser la totalité du poids adhérent.

A cette fin toutes les roues devraient être motrices. Cela nécessiterait une toute nouvelle motorisation (avec 8 moteurs par automotrice).

La vitesse maxima qui était à l'origine de 120 km/h a été portée à 130 km/h.

Les automotrices 86 sont conçues pour assurer des trains L, elles ont une vitesse maximum de 120 km/h.

A partir de 1966 les automotrices furent livrées avec un nouveau type de moteur lequel tout en autorisant le 140 km/h permettait l'accouplement avec les autres types à 130 km/h.

Par l'introduction de l'accouplement automatique, les automotrices 80, 82, 83 et les automotrices 86 ne sont plus accouplables aux autres automotrices. Les automotrices 80, 82, 83 ont des moteurs de traction entièrement suspendus, en conséquence leur vitesse maximum est de 160 km/h.

15.04 Schéma HT.

L'équipement HT des automotrices est représenté à la fig. 15.01

Le schéma comprend : le circuit de traction.
 le circuit des auxiliaires.

A. Le circuit de traction des AM à résistance de démarrage

- 2 pantographes qui captent le courant.
- 2 sectionneurs qui permettent d'isoler un pantographe avarié.
- 1 parafoudre.
- 1 sectionneur de mise à la terre qui fait partie du dispositif de sécurité dont sera question plus loin. Son but est d'empêcher l'accès aux appareils HT sans que les pantographes ne soient abaissés et l'équipement mis à la terre.
- 1 fusible HT qui doit protéger toute l'installation.
- 1 rupteur principal constitué par plusieurs contacteurs électro-pneumatiques.
- 4 moteurs de traction M 1 - M 2 - M 3 - M 4.
- les résistances de démarrage.
- les contacteurs de démarrage K 0 à K 8.
- les contacteurs de couplage S - P - G - O.
- les résistances et contacteurs de shuntage des inducteurs des moteurs de traction Sh I et Sh II.
- les relais à maxima R M I - R M II qui font ouvrir le rupteur en cas de surintensité dans un groupe.
- le relais d'accélération qui assure automatiquement l'élimination des résistances.
- 2 ampèremètres (un dans chaque cabine de conduite).

En plus nous avons :

- 1 inverseur du sens de marche (bornes représentées par ⊙)
- 1 éliminateur permettant d'éliminer un groupe de 2 moteurs de traction tout en assurant les connexions nécessaires pour continuer avec l'autre groupe. (bornes représentées par ⊗).

B. Le circuit de traction des AM à Thyristors,

La tension positive est captée à la caténaire par un pantographe. (fig. 15.02).

La négative est reliée aux rails par la masse de l'automotrice et les balais de retour de courant.

Le parasurtension installé sur le toit est connecté au circuit H.T. via le sectionneur SPET.

L'équipement H.T. peut être mis à la terre par un sectionneur de mise à la terre

Après le pantographe, se trouve le fusible principal (FP), viennent ensuite 2 circuits distincts :

- les circuits de traction protégés par le rupteur de ligne;
- les circuits auxiliaires non protégés par le rupteur de ligne.

Les circuits de traction comprennent d'une part l'équipement réalisant le réglage de la tension aux bornes des moteurs (hacheur), d'autre part les moteurs de traction et l'appareillage complémentaire (inverseur de marche, éliminateur, résistances et contacteurs électromagnétiques de shuntage). (Hacheur : voir leçon 44).

Les moteurs de traction sont numérotés de 1 à 4 en commençant par celui placé en tête de la voiture qui porte le pantographe.

Les moteurs 1 et 2 forment le groupe I, les moteurs 3 et 4 forment le groupe II. Dans chaque groupe les moteurs sont constamment connectés en série; les deux groupes de moteurs sont constamment branchés en parallèle.

Des sectionneurs d'isolement, manoeuvrables à la main, permettent l'élimination d'un groupe quelconque de moteurs.

Dans les circuits de traction sont encore intercalés le filtre d'entrée du hacheur, le circuit résonnant à 50 HZ ($\lambda 50, T 50$), une self de lissage des moteurs de traction (SL) (sur les AM type 1970 deux selfs de lissage SL 1 et SL 2), le moteur ventilateur du hacheur et sa résistance d'alimentation RTa1, le shunt des ampèremètres H.T. (A1 et A2), le relais différentiel QD et les transducteurs mesurant le courant moteur (TEM 1 et TEM 2).

C. Circuits auxiliaires.

Ces circuits comprennent :

- Un groupe moteur générateur-compresseur.

Le compresseur fournit l'air comprimé nécessaire pour le frein ainsi que pour les différents appareils de contrôle et de servitude (portes, trompes, essuie-glaces etc...)

Le générateur charge la batterie de l'automotrice.

A partir de 1966 le groupe moteur compresseur est séparé du groupe moteur générateur.

A partir de 1980, le convertisseur statique assure la charge de la batterie.

- Chauffage. Fig. 15,03.

Généralement il y a plusieurs circuits de chauffage par automotrice.

Chaque circuit est protégé par un fusible HT. L'ensemble est alimenté par un ou plusieurs contacteurs HT.

- Les circuits moteur-compresseur-générateur et chauffage sont de plus protégés par une résistance de limitation qui a pour but d'éviter de trop forts courants de court-circuit.

- Relais de tension nulle (R.T.N.).

Ce relais mesure la tension en ligne et provoque l'ouverture du rupteur dès que cette tension disparaît (ou tombe en-dessous d'une certaine valeur).

Il empêche l'application de la pleine tension aux moteurs lorsque leur force contre-électromotrice est insuffisante. Le conducteur devra donc remettre l'équipement à zéro pour pouvoir fermer le rupteur à nouveau.

En cas d'avarie (coup de foudre) l'ensemble des circuits du voltmètre et du R.T.N. peut être isolé par un sectionneur haute tension S.A.

15.05. Schéma basse tension.

La commande des appareils HT s'effectue de manière électrique ou électro-pneumatique.

A cette fin une source basse tension est nécessaire.

Celle-ci comprend une batterie d'accumulateur, cadmium-nickel ou plomb avec une tension nominale de 72 V jusqu'au AM 79 et une tension nominale de 110 V pour les nouvelles AM.

Celle-ci comprend une batterie d'accumulateur, cadmium-nickel de 60 éléments avec tension nominale 72 V.

Celle-ci permet d'alimenter une moto pompe qui fournit l'air nécessaire pour la levée du pantographe.

Dès que l'on dispose de la HT le moteur compresseur-dynamo peut fonctionner et assurer entre autres la charge de la batterie.

La capacité de cette batterie est de 120 AH.

Il faut en effet pouvoir assurer l'éclairage intérieur pendant un certain temps lorsque les pantographes sont abaissés.

La source basse tension est d'une importance capitale. La tension ne peut tomber en dessous de 60 car certains appareils comme les électrovalves ne fonctionneront plus avec comme conséquence, l'impossibilité de lever les pantographes.

La commande des appareils s'effectue au moyen de fils de train (circuits de contrôle).

Pour la conduite en unités multiples, on utilise un coupleur à 33 fils avec des boîtes d'accouplement, sur les AM 80 et suivantes, l'accouplement automatique.

En principe l'automotrice de tête envoie le courant de contrôle dans les fils de train.

Afin de limiter l'intensité du courant on fait usage de relais qui fonctionnent avec un faible courant de commande mais qui assurent l'alimentation des appareils au moyen de la batterie propre à chaque automotrice.

A la figure 15.04, on trouver un exemple de charge-batterie.

L'interrupteur de commande "groupes auxiliaires" étant fermé, la borne positive CF (alimentée positivement après la fermeture de l'interrupteur de commande "pantographe") alimente le fil de train 32. Par 32, le disjoncteur d18, l'interrupteur d'élimination I 9 en position normale "N", la bobine du relais de fonction RAK12 est mise sous tension. En s'enclenchant, ce relais donne l'alimentation positive du fil CB, par le disjoncteur do3, au fil 73 d'alimentation du dispositif de charge batterie.

Le 73 excite la bobine du relais RBK12 par le contrôle de la plaquette ampéremétrique.

Le relais RBK12 commande :

- l'enclenchement du contacteur (K12) du groupe moteur-alternateur (interlock 73 - CM);
- la polarisation à 72 V du régulateur de tension pour autant que l'éclairage soit en service (interlock CB - 78 du RBK12 ouvert).

A noter que le contacteur K12 est commandé directement lorsque l'éclairage est en service (borne U du coffret d'allumage - fil 79 et interlock 79-CM du relais RAK12). Le groupe tourne donc quand l'éclairage est en service pour autant que le fil 32 soit mis sous tension.

Lorsque le groupe "moteur alternateur" est mis en service, on peut se trouver dans 3 cas :

- a) Le courant de charge de la batterie, qui s'écoule aussi par le shunt "B2-B4" est plus petit que 10 A cc. Le relais de courant commandera l'arrêt du groupe après plus ou moins 30 secondes.
- b) Le courant de charge de la batterie dépasse 10 A cc. Le relais de courant maintient le relais RBK12 et le groupe reste en service.
- c) Lorsque le courant de charge, déjà établi, diminue et tombe sous 7 A, le relais RBK12 se déclenche et le groupe s'arrête après plus ou moins 30 secondes.

Le commutateur d'isolation I.9 a trois positions :

O = le dispositif est hors service.

N = position de fonctionnement normal.

P = le groupe est en service permanent, après fermeture de l'interrupteur de commande "Service de secours".

Sur les nouvelles AM, la charge batterie est assurée par le convertisseur statique alimenté par la HT (voir leçon n° 47, AM 80).

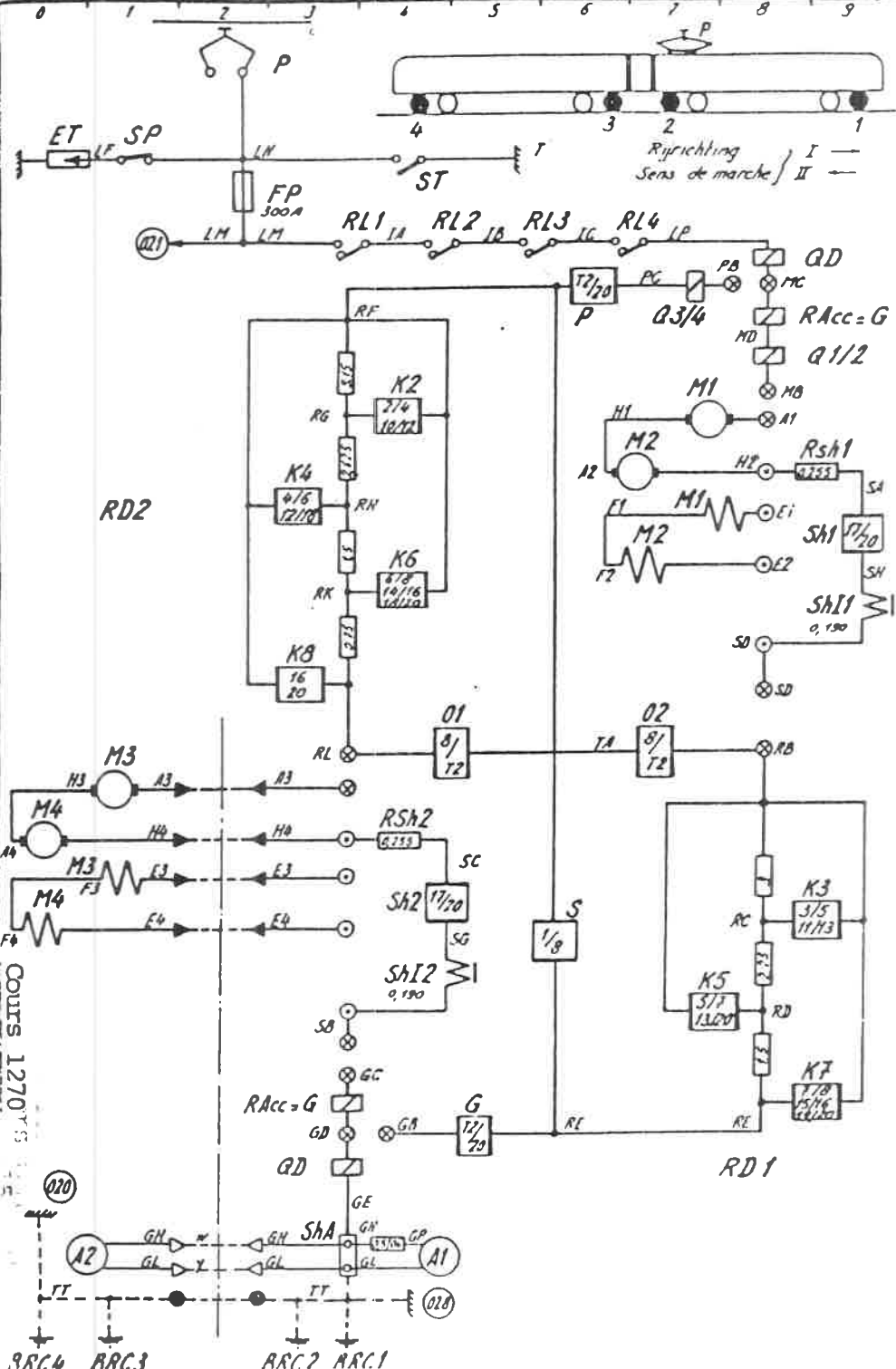
15-06. Installation pneumatique. fig. 15.05.

L'installation pneumatique comprend

- Un compresseur qui alimente 2 réservoirs de 200 l avec de l'air comprimé à 9 kg/cm².
- La conduite d'alimentation qui alimente :
 - a) la conduite générale du frein automatique (ainsi que celle du frein direct)
 - b) les circuits de contrôle (pantographes - contacteurs etc...)

Un grand problème des automotrices est celui de l'élimination de l'humidité contenue dans l'air comprimé.

Une purge régulière est nécessaire, surtout en hiver afin d'éviter le gel de certains appareils.

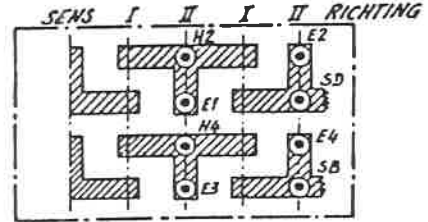


Fonctionnement des contacteurs JH.
 Werking der JH contactoren.

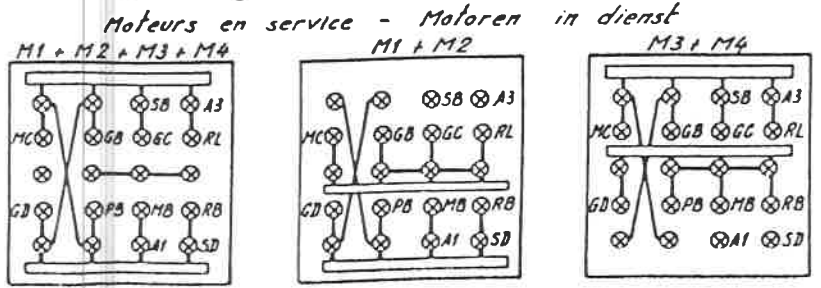
Grans Standen	Contacteurs - Kontaktoren													
	SH	SK	R	K	K	G	R	R	K	K	P	S	O	O
-1														
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														

- ▶—▶ Clasp - connector
- Câble nu - hors connexion
Naakte kabel - buiten verbinding
- ▶—▶ Boîte d'accouplement entre voitures
Verbindingsdoos tussen rijtuigen
- ⊙ Borne de l'inverseur
Klem van ritwisselaar
- ⊗ Borne du sectionneur
Klem van scheidingsmes

Inverseur du sens de marche.
 Ritwisselaar.



Sectionneur d'elimination des moteurs de traction.
 Scheidingsmessen der traktiemotoren

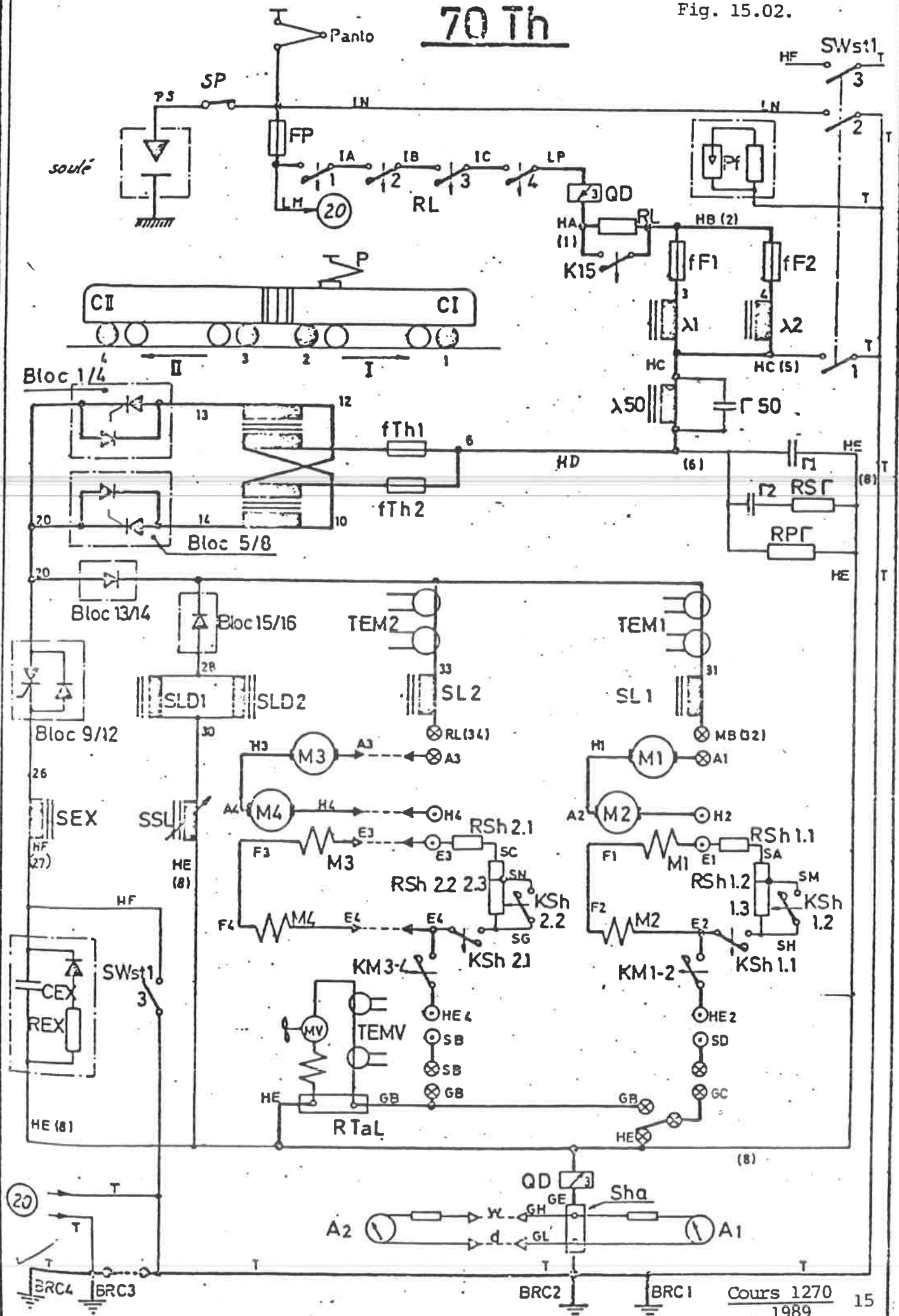


Cours 1270

Fig. 15.01.

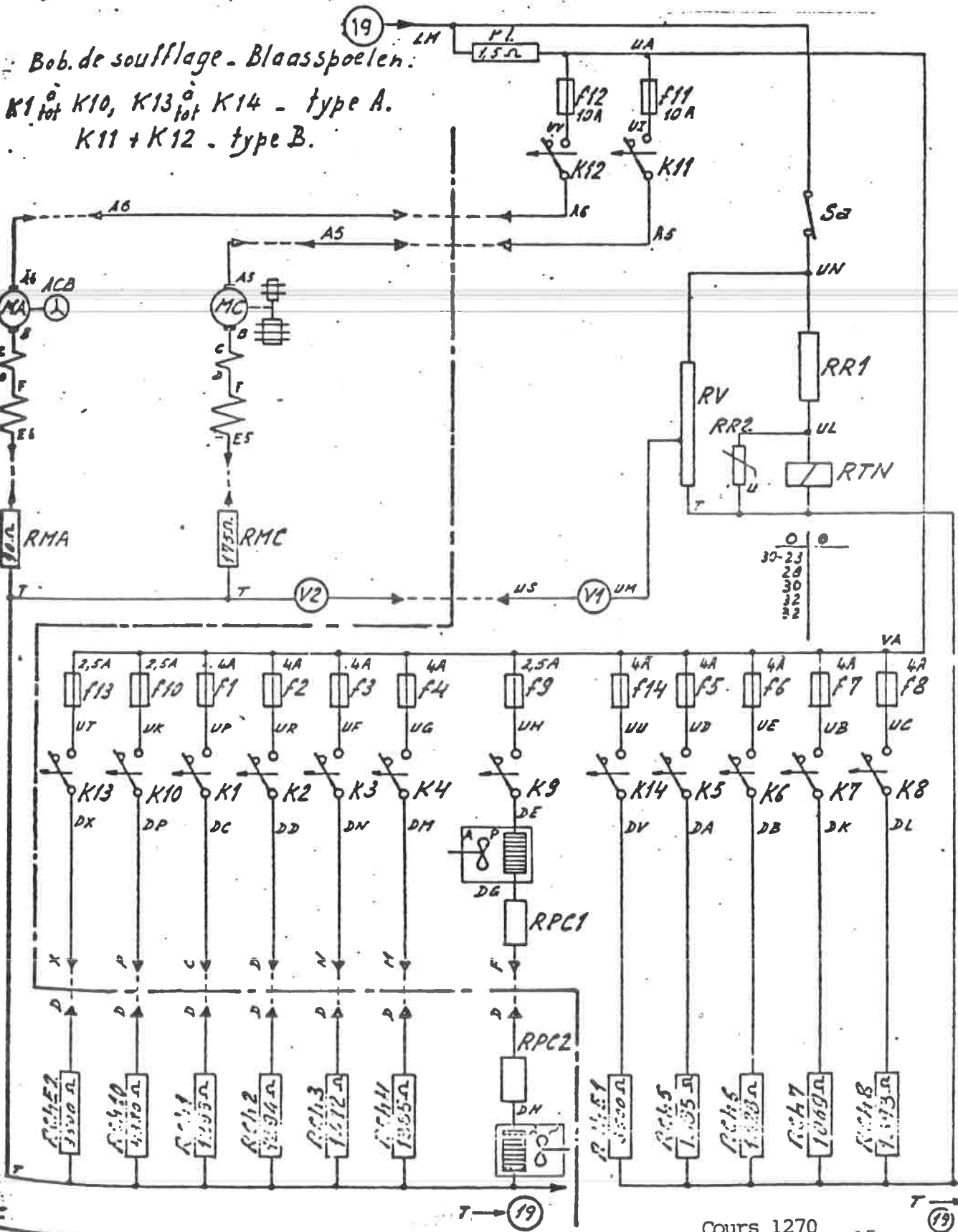
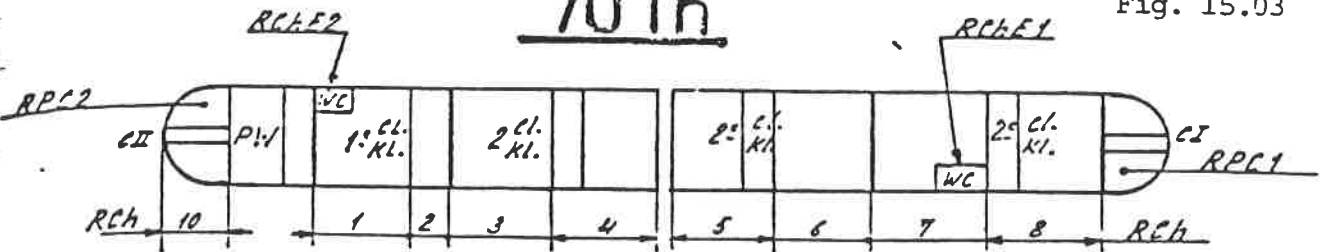
70 Th

Fig. 15.02.



70 Th

Fig. 15.03



Bob. de soufflage - Blaasspoelen:
 K1 tot K10, K13 tot K14 - type A.
 K11 + K12 - type B.

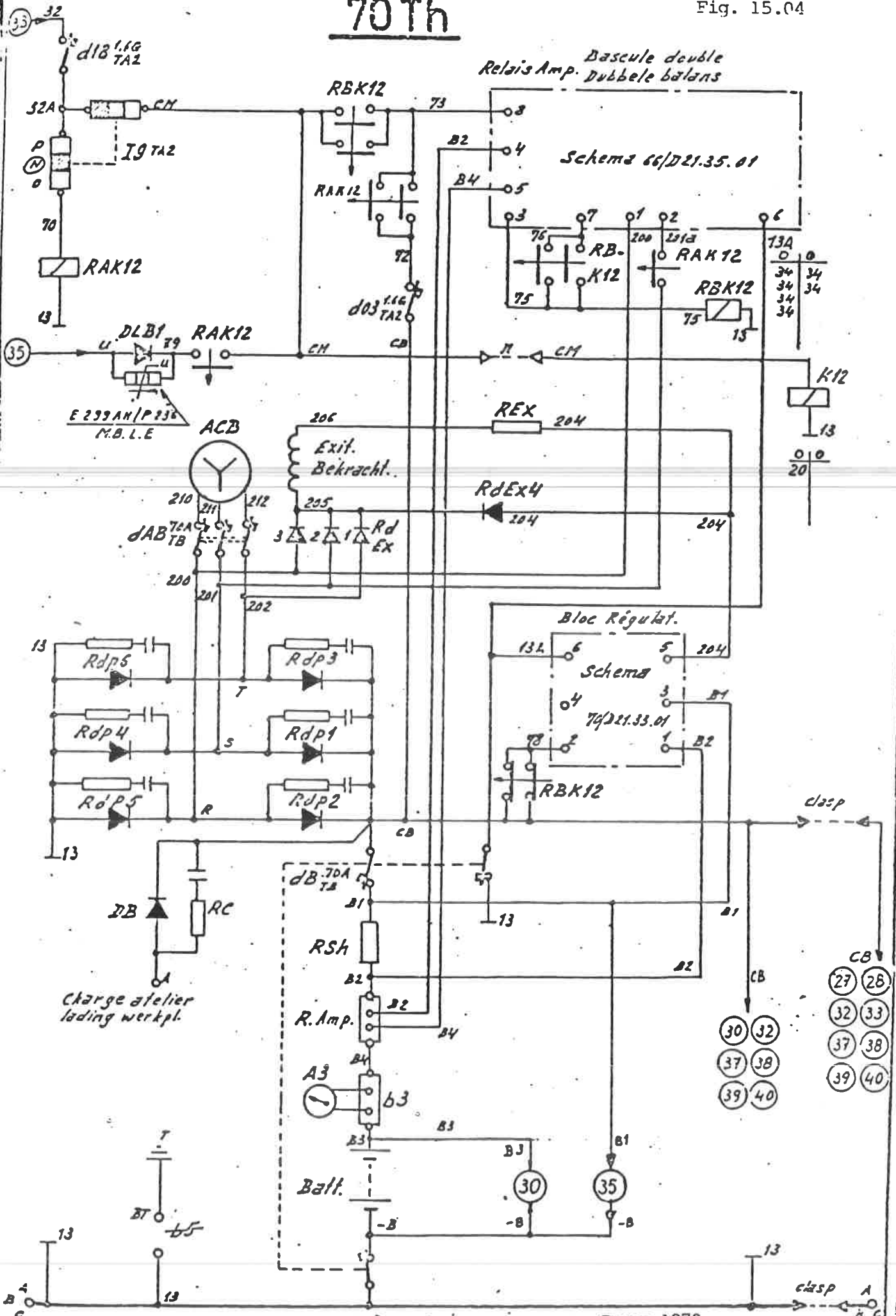
Fig. 15.04

70Th

Bascule double
Relais Amp. Dubbele balans

Schema 66/D21.35.01

Bloc Régulat.
Schema 74/21.33.01



70Th-73-74

(46)

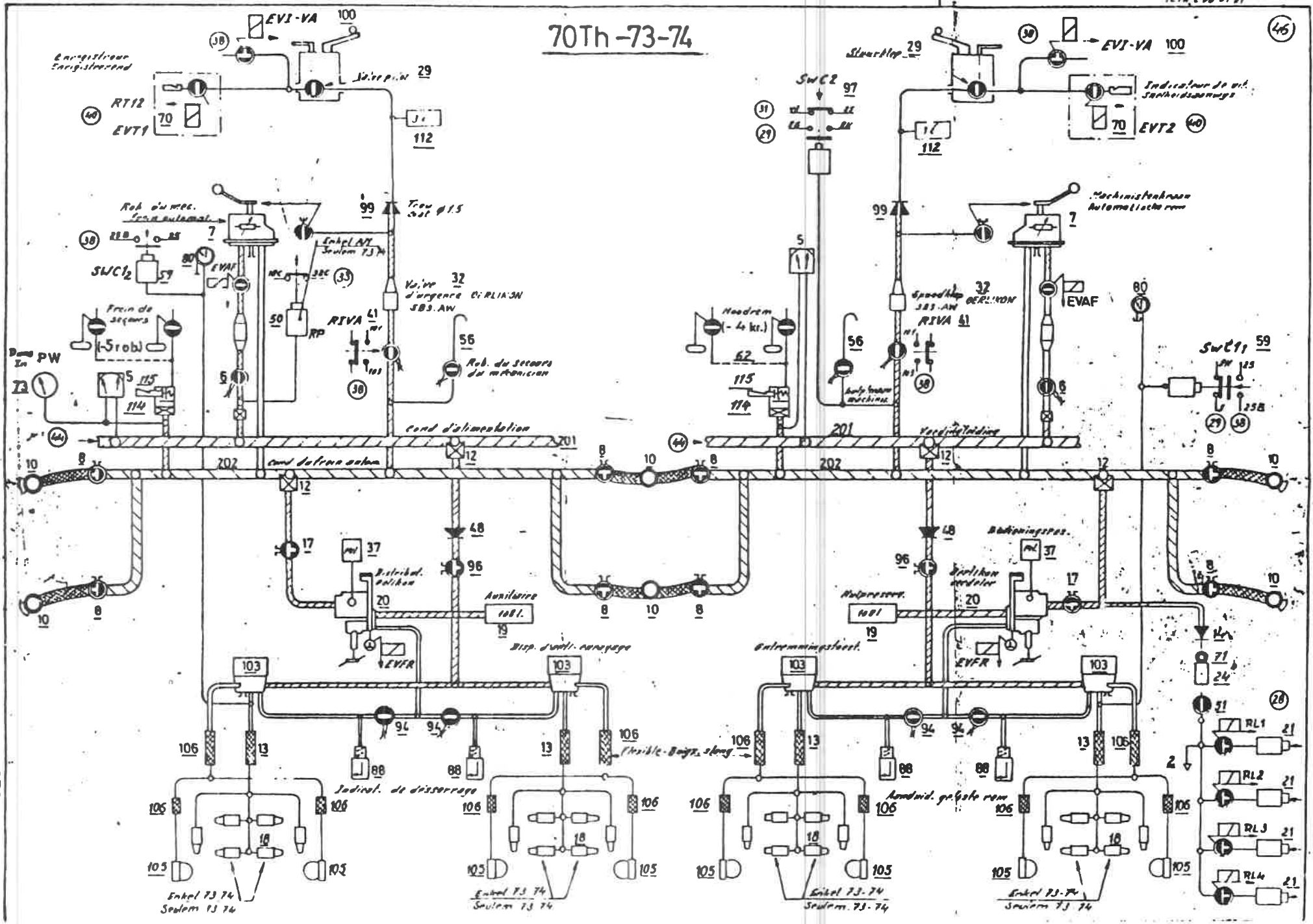
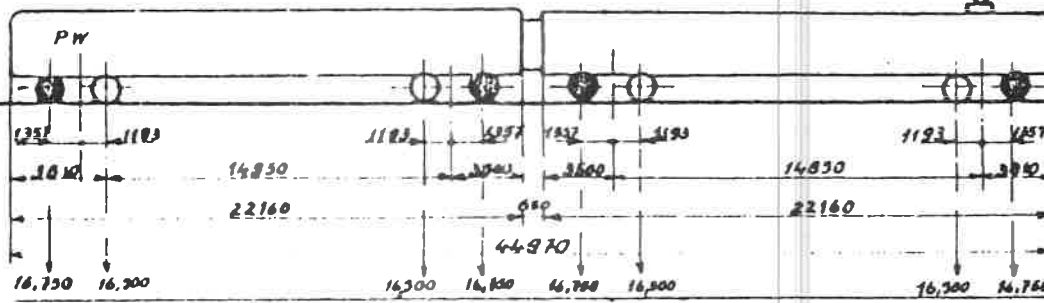


Fig. 15.05.

Automotrice double, série 09(2), type 35 P

AM 1

nrs: 221.801 à 221.808
951 à 958



● Essieu moteur

* Event. n° supplém. pour comptabil. (dir. F)

tonnes Masse par essieu

Généralités		Partie mécanique	Partie électrique	
<u>Effectif</u>	8	<u>Constructeurs:</u> motrices ex-1975 transformées par l'A.C. Mechelen	<u>Equipement de traction.</u>	
<u>Type</u>	double	<u>Date de construction:</u> 1967	<u>Constructeurs:</u>	
<u>Numérotation</u>	.001 à 008	<u>Capacités:</u>	A.C.E.C. Charleroi - (SEM-Gent)	
<u>Masse à vide:</u>	tonnes 109	<u>Chargement postal:</u>	<u>Type de commandes:</u>	
<u>Masse en charge:</u>	tonnes 133	Voiture avec panto: 10 ton.	Contacteurs individuels électro-pneumatiques	
<u>Puissance:</u>		Voiture sans panto: 12 ton.	<u>Moteurs de traction:</u>	
unihoraire totale	kWh 735	<u>Freinage.</u>	Nombre 4	
unihoraire spécif.	kWh/t 5,51	Fr. direct: système W., avec robinet de mécanicien	Puissance unihoraire continue 185 kW / 155 kW	
<u>Vitesse max.</u>	km/h 120	Oerlikon type PD 1	Moteur autoventilé	
<u>Accélération max. en palier entre 0 et 50 km/h (roues mi-usées)</u>	cm/s ² 42,5	<u>Fr. de secours:</u>	<u>Suspensions:</u> par le nez	
Tare/tonne masse utile	tonnes 4,55	- fr. aut. W., commandé par robinet de secours	Paliers d'essieux: à coussinets lisses avec tampon graisseur	
<u>Diamètre des roues</u>	mm 1010	- à main, commandé par volant	<u>Transmission:</u>	
<u>Rayon min. de courbe</u>	m 125		par engrenages rigides unilatérale	
			Rapport d'engrenages 2,54 (61/24)	
			<u>Appareillage auxiliaires:</u>	
			Moteur à 3000 V - entraîne par engrenages à chevrons:	
			1 compresseur à 2 cylindres à simple effet à 1 seul étage.	
			Press. de refoulem.: 7,5 bar	
			Débit: 1050 l/min.	
			- Moteur à 3000 V - entraîne par courroies:	
			- 1 génératrices A.C.E.C., 102 V - 40 A à 1000 tr/min. excitation shunt	
			- 1 alternateur homopolaire ACEC, type H 50 19/8, triphasé 24 V - 5 kW,	
			<u>Batteries d'accus:</u>	
			- Circ. traction: 72 V	
			Plomb. - Prestolite - 6 x 12V - 80 Ah - type 10.729	
			- Circ. éclair. et chauff. 24 V	
			Plomb. Prestolite 4 x 6 V - 400 Ah - type Diesel Heavy Duty nr 1192	

Cours 1979

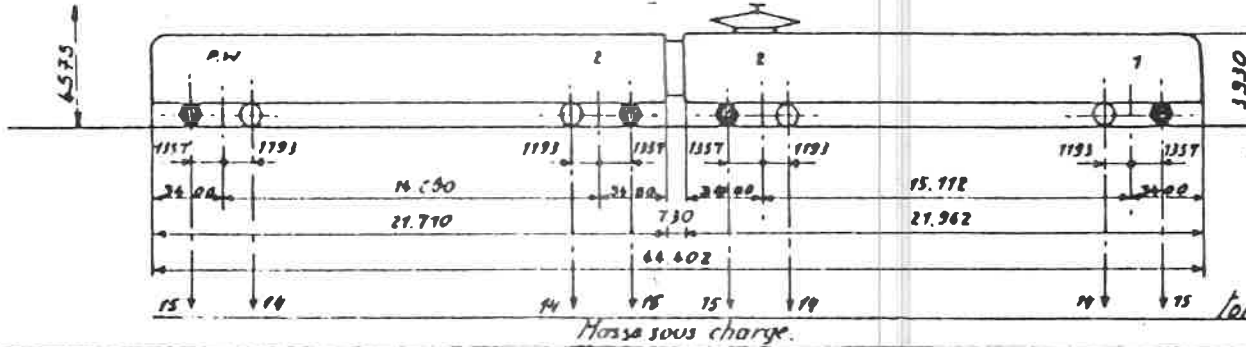
Annexe 1.

Avant:

Automotrice double, série 00(2), type 53AS

AM 3

nrs: 228.035 à 228.044



* Event. n° supplém. pour comptabil. (dir. F)

● Essieu moteur.

tonnes Masse par essieu.

Généralités		Partie mécanique.			Partie électrique.	
Effectif	10	Constructeurs: SA. Energie Marci-nelle.			Equipement de traction.	
Type	double	Date de construction: 1953.			Constructeurs: Ateliers de Constructions Electri-ques de Charleroi - Société d'Electricité et de Mécanique à Gand	
Numérotation	035 à 044	Capacité			Type de commande:	
Masse à vide tonnes	93		1 ^{er} cl.	2 ^e cl.	Total.	Servo-moteur électrique à B.T. avec arbre à cames (JM)
Masse en charge tonnes	176	Places "assis.,	32	138	170	Moteurs de traction:
Puissance unihoraire tot. kW	135	Places "debout,	25	75(105)	100(130)	Nombre
unihoraire spéc. kW/t	6,25	Total	57	213(243)	270(300)	Puissance unihoraire continue
Vitesse max. km/h	130	() P.W. utilisé pour voyageurs				185 kW
Accélérat. max en partier entre 0 et 50 km/h.		Freinage:				155 kW
(roues ml- usées) cm/s ²	57	frein direct avec robinet W.				moteur autoventilé.
Tare par voyageur massé kg	310	frein autovariable à régulateur centrifuge				Suspension: par le nez.
Diamètre des roues mm	1010	Chauffage:				Paliers d'essieux: à coussinets lisses avec tam-pon graisseur.
Rayon min. de courbe m	125	par radiateurs électriques.				Transmission: par engrenages rigides unilaté-rale.
						Rapport d'engrenages: 2,54 (61/24)
						Appareillage auxiliaire.
						1 compresseur: A.C.E.C. 2 cylindres à sim-ple effet, 2 étages, entraîné par moteur électrique 3000 Volts.
						pression refoulement: 7 bar
						débit: 540 l./min.
						1 génératrice de charge batterie
						tension 72 Volts - courant 55 A.
						1 batterie d'accumulateurs:
						Cadmium-Nickel. 60 éléments 120 Ah.

Annexe 2.

8-12-86
20-02-86 5/9/78

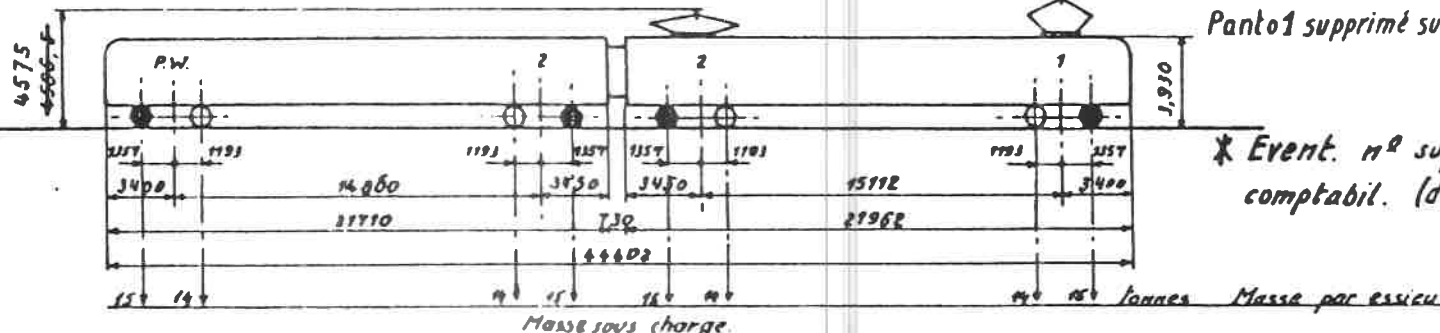
Avant

Automotrice double, série 00(2), type 53 Ma

AM 4

nrs: 228.045 à 228.049

Panto 1 supprimé sur certaines AM



* Event. n^o supplém. pour comptabil. (dir. F)

● Essieu moteur

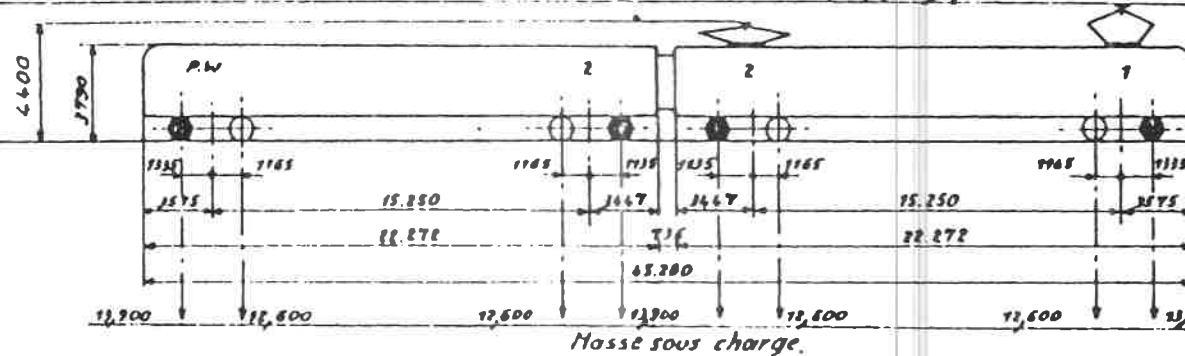
Généralités		Partie mécanique.			Partie électrique.	
Effectif	5	Constructeurs: S.A. Energie Marcinelle			Equipement de traction.	
Type	double.	Date de construction: 1953.			Constructeurs: S.A. Ercole Marcelli - Milan.	
Numerotation	045 à 049	Capacité:			Type de commande: *	
Masse à vide tonnes	93				Contacteurs électropneumatiques individuels.	
Masse en charge tonnes	116				Moteurs de traction:	
Puissance unihoraire tot. kW	795				Nombre 4	
unihoraire spéc. kW/l	6,84				Puissance unihoraire 200 kW	
Vitesse max. km/h	130				continue 160 kW	
Accélérat. max. en partiel entre 0 et 50 km/h.					moteur autoventilé.	
(roues mi-usées) cm/s ²	47				Suspension: par le nez.	
Tare par voyageur masse kg	354				Paliers d'essieux: à coussinets lisses avec tampon graisseur.	
Diamètre des roues mm	1010				Transmission: par engrenages rigides unilatérale	
Rayon min. de courbe m	185				Rapport d'engrenages: 2,68 (59/22).	
					* Est remplacé systématiquement par servo-mot. électriques BT avec arbre à cames. (JH).	
					Appareillage auxiliaire (sauf AM 048)	
					1 Compresseur: Westinghouse C38 - 2 cylindres horizontaux à simple effet, 1 étage entraîné par moteur électrique 3000 Volts à excitation indépendante à 72 Volts.	
					pression refoulement: 7 bar	
					débit: 700 l/min.	
					1 Génératrice de charge batterie	
					tension 72 Volts - courant 55,5 A.	
					1 batterie d'accumulateurs:	
					Cadmium - Nickel 60 éléments 120 Ah.	
					AM 048	
					1 Compresseur: A.C.E.C. 2 cylindres à simple effet, 2 étages, entraîné par moteur électrique 3000 Volts.	
					pression refoulement: 7 bar	
					débit: 540 l/min.	
					1 génératrice de charge batterie	
					tension 72 Volts - courant 55 A	
					1 batterie d'accumulateurs:	
					Cadmium - Nickel 60 éléments 120 Ah	
					15-12-86 8-12-82	
					15-10-87 20-02-86 29/03/82	

Avant:

Automotrice double, série 00(1), type 54

AM 5

nrs: 228.050 à 228.128



● Essieu moteur.

Panto 1 supprimé sur certaines AM

* Event. n° supplém. pour comptabil. (dir. F)

tonnes Masse par essieu.

Masse sous charge.

Généralités.

Partie mécanique.

Partie électrique.

Effectif (a la construc.:79)	70
Type	double
Numerotation	051 à 120
Masse à vide	84 tonnes
Masse en charge	106 tonnes
Puissance unihoraire tot. kW	135
unihoraire spéc. kW/t	6,91
Vitesse max.	130 km/h
Accélérat. max. en palier entre 0 et 50 km/h (roues mi-usées) cm/s ²	53,5
Tare par voyageur masse kg	351
Diamètre de roues	1010 mm
Rayon min. de courbe	125 m

Constructeurs: La Brugeoise. Ragheno-Germain et Familleureux.

Date de construction: 1954.

Capacité:

	1 ^{er} cl.	2 ^e cl.	Total
Places "assis.."	28	143	171
Places "debout.."	18	50	68
Total	46	193	239

Freinage: frein direct Derlikon avec robinet de mécanicien type FD1 frein autovariable Derlikon avec régulateur centrifuge électrique à commande directe en bout d'essieu.

Chauffage: par radiateurs électriques.

Equipement de traction, Constructeurs: Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi - Société d'Electricité et de Mécanique à Gand.

Type de commande: Servo-moteur électrique à B.T. avec arbres à cames (JH)

Moteurs de traction:

Nombre: 4

Puissance unihoraire continue: 185 kW / 155 kW

moteur autoventilé.

Suspension: par le nez.

Paliers d'essieux: à coussinets lisses avec tampon graisseur

Transmission: par engrenages rigides, unitaire

Rapport d'engrenages: 3,73 (56/15).

Appareillage auxiliaire.

1 compresseur: "Sebia", 2 cylindres à simple effet, 2 étages, entraîné par moteur électrique 3000 Volts pression refoulement 7 bar débit 540 l./min.

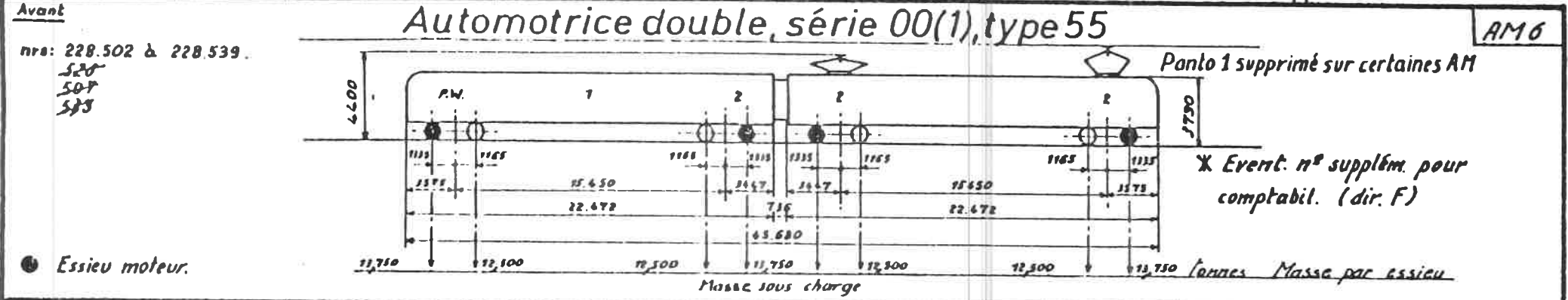
1 génératrice de charge batterie tension 100 Volts - courant 50 A

1 batterie d'accumulateurs: Cadmium-Nickel. 60 éléments 120 Ah.

Les batteries CdNi seront progressivement remplacées par des batt. au Pb - 12x6V/160Ah ou 6x12V/165Ah. Terminé sur AM 62-63

4-6-'86

20-02-86 5/9/88



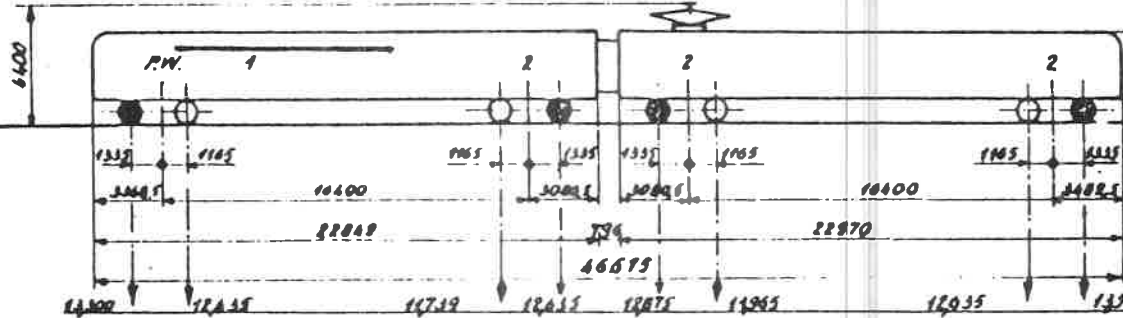
Généralités.		Partie mécanique.		Partie électrique.																																																																																
<u>Effectif (à la construc.:38)</u>	35	<u>Constructeurs:</u> Ateliers de la Dyle, Anglo-Franco-Belge-Forges, Usines et Fonderies de Haine St Pierre.		<u>Equipement de traction.</u>																																																																																
<u>Type</u>	double	<u>Date de construction:</u> 1955.		<u>Constructeurs:</u> Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi, Société d'Electricité et de mécanique à Gand.																																																																																
<u>Numerotation</u>	502 à 539	<u>Capacité</u>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PCI</th> <th colspan="2">1^{er} CI</th> <th colspan="2">2^{ème} CI</th> <th rowspan="2">Total</th> </tr> <tr> <th>#1</th> <th>#2</th> <th>#1</th> <th>#2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pl.assisés</td> <td>64</td> <td>28</td> <td>129</td> <td>165</td> <td>173</td> </tr> <tr> <td>Pl.debouts</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>30</td> <td>30</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>54</td> <td>38</td> <td>159</td> <td>179</td> <td>213</td> </tr> </tbody> </table>	PCI	1 ^{er} CI		2 ^{ème} CI		Total	#1	#2	#1	#2	Pl.assisés	64	28	129	165	173	Pl.debouts	10	10	30	30	40	Total	54	38	159	179	213	<u>Type de commande:</u>																																																				
PCI	1 ^{er} CI		2 ^{ème} CI		Total																																																																															
	#1	#2	#1	#2																																																																																
Pl.assisés	64	28	129	165	173																																																																															
Pl.debouts	10	10	30	30	40																																																																															
Total	54	38	159	179	213																																																																															
<u>Masse à vide</u>	85,5	<u>Freinage:</u>		<u>Servo-moteur électrique à B.T. avec arbres à cames (J.H.)</u>																																																																																
<u>Masse à charge</u>	105	frein direct Oerlikon avec robinet de mécanicien type FD1		<u>Moteurs de traction:</u>																																																																																
<u>Puissance unihoraire tot. kW</u>	7,35	frein autovariante Oerlikon avec régulateur centrifuge électrique à commande directe en bout d'essieu.		<u>Nombre</u> 4																																																																																
<u>unihorar. spéc. kW/h</u>	6,98	<u>Chauffage:</u>		<u>Puissance unihoraire</u> 185 kW																																																																																
<u>Vitesse max. km/h</u>	130	Par chauffage électrique		<u>continue</u> 155 kW																																																																																
<u>Accélerat. max. en palier entre 0 et 50 km/h. (roues mi-usées). cm/s²</u>	535	*1 Compart. 1 ^{er} /2 ^{ème} CI. non transformé		<u>moteur autoventilé.</u>																																																																																
<u>Tara par voyageurs. masse kg</u>	400	*2 Compart. 1 ^{er} /2 ^{ème} CI. transformé.		<u>Suspension:</u> par le nez																																																																																
<u>Diamètre des roues. mm</u>	1010			<u>Paliers d'essieux:</u> à coussinets lisses avec tampon graisseur.																																																																																
<u>Rayon min. de courbe m</u>	125			<u>Transmission:</u> par engrenages rigides unilatérale																																																																																
				<u>Rapport d'engrenages</u> 3,73 (56/15)																																																																																
				<u>Appareillage auxiliaire.</u> <u>1 compresseur:</u> A.C.E.C. 2 cylindres à simple effet, 2 étages entraîné par moteur électrique 3000 Volts pression refoulement 7 bar débit 540 l./min. <u>1 génératrice de charge batterie</u> tension 100 Volts - courant 50 A. <u>1 batterie d'accumulateurs:</u> Cadmium-Nickel, 60 éléments 120 Ah. • Avec compt. 1 ^{er} /2 ^{ème} CI. transformé.																																																																																
				<table border="1"> <tbody> <tr> <td>502</td> <td>•</td> <td>512</td> <td>•</td> <td>522</td> <td>•</td> <td>531</td> <td>•</td> </tr> <tr> <td>503</td> <td>•</td> <td>513</td> <td>•</td> <td>523</td> <td>•</td> <td>532</td> <td>•</td> </tr> <tr> <td>504</td> <td>•</td> <td>514</td> <td>•</td> <td>524</td> <td>•</td> <td>533</td> <td>•</td> </tr> <tr> <td>505</td> <td>•</td> <td>515</td> <td>•</td> <td>525</td> <td>•</td> <td>534</td> <td>•</td> </tr> <tr> <td>506</td> <td>•</td> <td>516</td> <td>•</td> <td>526</td> <td>•</td> <td>535</td> <td>•</td> </tr> <tr> <td>507</td> <td>•</td> <td>517</td> <td>•</td> <td>527</td> <td>•</td> <td>536</td> <td>•</td> </tr> <tr> <td>508</td> <td>•</td> <td>518</td> <td>•</td> <td>528</td> <td>•</td> <td>537</td> <td>•</td> </tr> <tr> <td>509</td> <td>•</td> <td>519</td> <td>•</td> <td>529</td> <td>•</td> <td>538</td> <td>•</td> </tr> <tr> <td>510</td> <td>•</td> <td>520</td> <td>•</td> <td>530</td> <td>•</td> <td>539</td> <td>•</td> </tr> <tr> <td>511</td> <td>•</td> <td>521</td> <td>•</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	502	•	512	•	522	•	531	•	503	•	513	•	523	•	532	•	504	•	514	•	524	•	533	•	505	•	515	•	525	•	534	•	506	•	516	•	526	•	535	•	507	•	517	•	527	•	536	•	508	•	518	•	528	•	537	•	509	•	519	•	529	•	538	•	510	•	520	•	530	•	539	•	511	•	521	•				
502	•	512	•	522	•	531	•																																																																													
503	•	513	•	523	•	532	•																																																																													
504	•	514	•	524	•	533	•																																																																													
505	•	515	•	525	•	534	•																																																																													
506	•	516	•	526	•	535	•																																																																													
507	•	517	•	527	•	536	•																																																																													
508	•	518	•	528	•	537	•																																																																													
509	•	519	•	529	•	538	•																																																																													
510	•	520	•	530	•	539	•																																																																													
511	•	521	•																																																																																	

15-12-86 ~~B-12-82~~
 20-02-86 ~~14-04-82~~
~~5/1/79~~

Automotrice double, série 00(3), types 62-63-65

AM 9

Avant
 - type 1962
 nrs: 228.153 à 228.210
 - type: 1963
 nrs: 228.211 à 228.250
 - type: 1965
 nrs: 228.251 à 228.270
 452
 151: transformé en 050



* Event. n° supplém. pour comptabil. (dir. F)

13555 tonnes Masse par essieu.

Généralités	Partie mécanique	Partie électrique																		
<p>Effectif 581 40120</p> <p>Type double</p> <p>Numérotation: t. 1962 153-210 t. 1963 211-250 t. 1965 251-270</p> <p>Masse à vide tonnes 101</p> <p>Masse en charge . . tonnes 126</p> <p>Puissance unihoraire tot. kW 735 unihoraire spéc. kW/h 5,92</p> <p>Vitesse max. 130</p> <p>Accélérat. max. en palier entre 0 et 50 km/h. (roues ml.-useas) cm/s² 47</p> <p>Tara par voyageur: masse kg 354</p> <p>Diamètre des roues mm 1010</p> <p>Rayon min. de courbe m 125</p>	<p>Constructeurs: La Brugeoise et Nivelles à Bruges - Ragheno à Malines - Atelier Germain à Monceau s/Sambre - Les Usines de Braine Le Comte à Braine-le-Comte - A.C. Malines. <small>Ateliers Belges réunis.</small></p> <p>Date de construction: 1962, 1963, 1965.</p> <p>Capacité:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>1^{er} cl.</th> <th>2^e cl.</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Places "assis"</td> <td>28</td> <td>152</td> <td>180</td> </tr> <tr> <td>Places "debout"</td> <td>16</td> <td>50</td> <td>76</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>44</td> <td>212</td> <td>256</td> </tr> </tbody> </table> <p>Freinage: frein direct électropneumatique avec robinet de mécanicien Oerlikon type FVEL 5 frein à disques sur bogie</p> <p>Chauffage: par radiateurs électriques</p>		1 ^{er} cl.	2 ^e cl.	Total	Places "assis"	28	152	180	Places "debout"	16	50	76	Total	44	212	256	<p>Equipement de traction: Constructeurs: A.C.E.C Charleroi</p> <p>Type de commande: Servomoteur électrique à B.T. avec arbres à cames (JH).</p> <p>Moteurs de traction: Nombre: 4 Puissance unihoraire . . . 185 kW continue 155 kW moteur autoventilé</p> <p>Suspension: par le nez</p> <p>Paliers d'essieux: à coussinets lisses avec tampon graisseur.</p> <p>Transmission: par engrenages rigides unilatérale</p> <p>Rapport d'engrenages: 3,73 (56/15)</p>		<p>Appareillage auxiliaire: 1. compresseur A.C.E.C. 2 cylindres à simple effet, 2 étages, entraîné par moteur électrique 3000V. pression refoulement 7 bar débit 540l./min. 1 génératrice de charge batterie tension 100 Volts - courant 50A. 1 batterie d'accumulateurs: Cadmium-Nickel, 60 éléments 120 Ah.</p> <p>Les batteries CdNi seront progressivement remplacées par des batt. au Pb - 12x6V/160Ah ou 6x12V/165Ah. Terminé sur AM 62-63</p>
	1 ^{er} cl.	2 ^e cl.	Total																	
Places "assis"	28	152	180																	
Places "debout"	16	50	76																	
Total	44	212	256																	

15-10-87
 4-6-86 20-02-86-8-12-82
 5/8/77

Cours 1270 15

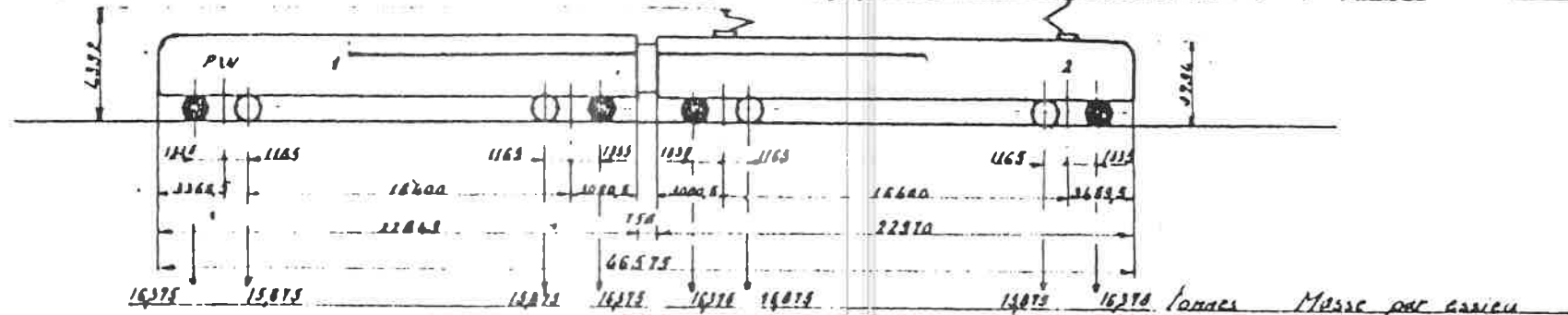
Annexe 6.

Automotrice double, série 05, type 70A

AM 11

Avant

228.851 à 228.856
851 à 856



● Essieu moteur

Généralités		Partie mécanique	Partie électrique																	
Effectif	6	Constructeurs: La Brugeoise et Nivelles à Brugge Ragheno à Mechelen Les Usines de Braine-le-Comte à Braine-le-Comte Ateliers Belges réunis Date de construction: 1970	Equipement de traction: Constructeurs A.C.E.C. Charleroi Type de commande: Servo-moteur électrique à B.T. avec arbres à cames (J.H.) Moteurs de traction Nombre 4 Puissance unihoraire continue 190 kW Moteur autoventilé 170 kW																	
Type	double	Capacité:	Appareillages auxiliaires 1 compresseur Westinghouse, type 241 VB, 4 cylindres en V, à simple effet et 2 étages, entraîné par moteur électrique 3000 V. Pression refoulement 9 bar Débit 770 l/min. 1 alternateur: homopolaire type HV 5029-8 ~ : 68 V - 54,5 A - 1300 tr/min. 6,45 kVA 1 redresseur: en pont de Graetz - 6 kW. - 85 V - 70,5 A 1 batterie d'accumulateurs: Cadmium - Nickel Tudor, 60 éléments 120 Ah.																	
Numérotation	595 à 600	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1^{er} cl</th> <th>2^e cl</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Places "assis"</td> <td>84</td> <td>14</td> <td>118</td> </tr> <tr> <td>Places "debout"</td> <td>40</td> <td>20</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>124</td> <td>54</td> <td>178</td> </tr> </tbody> </table>		1 ^{er} cl	2 ^e cl	Total	Places "assis"	84	14	118	Places "debout"	40	20	60	Total	124	54	178	Suspension: par le nez Paliers d'essieux: Avec roulements Timken (cannon-box) Transmission: par engrenages rigides unilatérale Rapport d'engrenages: 3,38 (71/21)	
	1 ^{er} cl	2 ^e cl	Total																	
Places "assis"	84	14	118																	
Places "debout"	40	20	60																	
Total	124	54	178																	
Masse à vide tonnes	104	Freinage: Frein direct électropneumatique avec robinet de mécanicien Orlikon type FVEL 5 Frein à disques sur bogie	Chauffage: par radiateurs électriques																	
Masse en charge tonnes	127																			
Puissance unihoraire tot kW	770																			
unihoraire spéc kW/h	8,06																			
Vitesse max. km/h	140																			
Accélérat. max. en palier entre 0 et 50 km/h (roues mi-usées) cm/s ²	46																			
Tare par voyageur masse kg	360																			
Diamètre des roues mm	1010																			
Rayon min. de courbe m	125																			

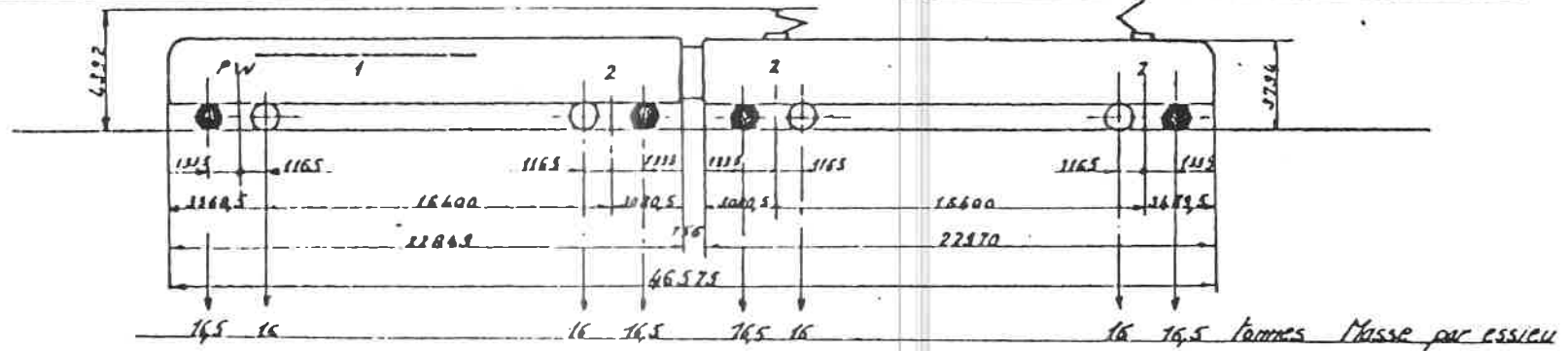
20-02-86

11-01-8-12-82

Cours 1270

Automotrice double, série 06, type 70 Th

AM12

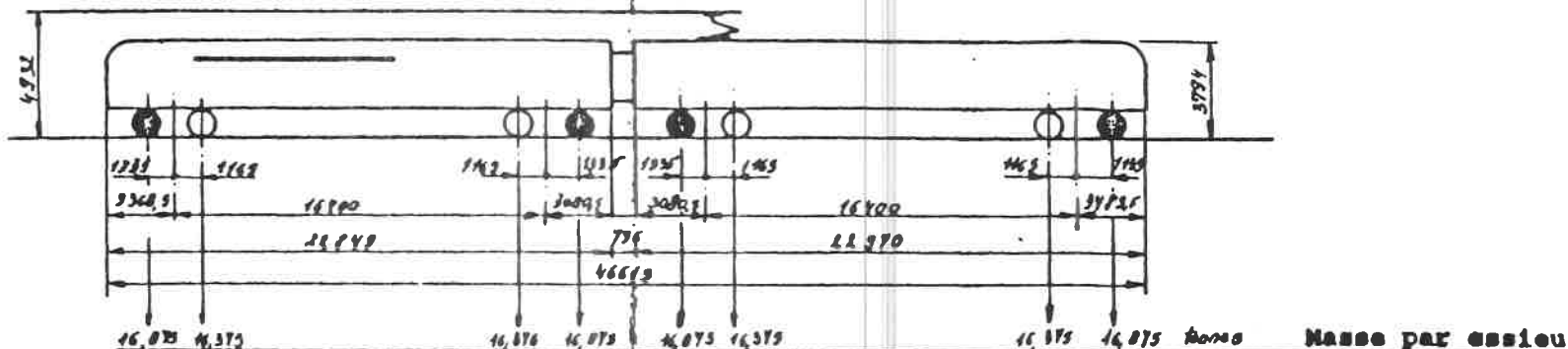


Généralités		Partie mécanique		Partie électrique																	
Effectif	Série (06) 12	Constructeurs:	A. C. HALINES																		
Type	double	Date de construction:	1971																		
Numérotation	Série (06) 665/676	Capacité:	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1^{er}cl</th> <th>2^ecl</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Places "assis"</td> <td>28</td> <td>152</td> <td>180</td> </tr> <tr> <td>Places "debout"</td> <td>16</td> <td>60</td> <td>76</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>44</td> <td>212</td> <td>256</td> </tr> </tbody> </table>				1 ^{er} cl	2 ^e cl	Total	Places "assis"	28	152	180	Places "debout"	16	60	76	Total	44	212	256
	1 ^{er} cl	2 ^e cl	Total																		
Places "assis"	28	152	180																		
Places "debout"	16	60	76																		
Total	44	212	256																		
Masse à vide	tonnes 105	Freinage:	Frein direct électropneumatique avec robinet de mécanicien Oerlikon type FVEL 5 Frein à disques sur bogie																		
Masse en charge	tonnes 128	Chauffage:	par radiateurs électriques																		
Puissance unihoraire tot. kW	770	PALIER D'ESSIEUX:	avec roulements Timken (cannon-box)																		
unihoraire spéc. kW	5,99	Transmission:	par engrenages rigides unilatérale																		
Vitesse max.	km/h 140	Rapport d'engrenages:	3,38 (71/21)																		
Accélérat. max. en palier entre 0 et 50 km/h (roues mi-usées)	cm/s ² 46	Equipement de traction:	Constructeurs A.C.E.C. Charleroi Type de commande: Thyristors, commande électronique Moteurs de traction: 4 Nombre: 4 Puissance unihoraire continue: 190 kW / 170 kW Moteur autoventilé Suspension: par le nez																		
Tare par voyageur: masse	kg 385	Appareillages auxiliaires:	1 compresseur Westinghouse, type 241 VB, 4 cylindres en V, à simple effet et 2 étages, entraîné par moteur électrique 3000 V. Pression refoulement 9 bar Débit 770 l/min. 1 alternateur: homopolaire type HV 5029-8 U: 68 V - 54,5 A - 1300 tr/min. 6,45 kVA 1 redresseur: en pont de Graetz 6 kW - 85 V - 70,5 A 1 batterie d'accumulateurs: Cadmium - Nickel Tudor, 60 éléments 120 Ah. Les batteries CdNi seront progressivement remplacées par des batt. au Pb - 12x6V/160Ah ou 6x12V/165Ah. Terminé sur AM 62-63 4-6-'86 1/4/00 20-02-86																		
Diamètre des roues	mm 1010																				
Rayon min. de courbe	m 125																				

Automotrice double, série 06, types 78-79

AM 1

Type	Nbre	N°s
73	30	677 à 706
74	24	707 à 730
78	26	731 à 756
79	26	757 à 782



Essieu moteur

Masse par essieu

Généralités		Partie mécanique		Partie électrique	
Effectif: série (06) *	106	Constructeurs: La Brugeoise et Nivelles à Bruges : AM 73 à 79. Constructions Ferroviaires du Centre à Familleureux: AM 74 à 79.		Equipement de traction: Constructeurs: A.C.E.C. Charleroi.	
Type :	double	Date de construction : AM73 en 1973 AM78 en 1979/80 AM74 en 1974 AM79 en 1980		Type de commande : Thyristors, commande électron.	
Numérotation: série (06) *	677/782	Capacité		Moteurs de traction:	
Masse à vide : tonnes	108	1 ^{er} ol	2 ^{es} ol	Nombre 4	
Masse en charge : ... tonnes	131	Places assis.	178	Puissance unihoraire..... 190 kW	
Puissance: unihor. tot. kW	770	" debout	76	continue..... 170 kW	
" spéo. kwt	5,84	Total	254	Moteur autoventilé.	
Vitesse max.: km/h	140	Freinage: Frein direct électropneumatique avec ro- binet de mécanicien.		Suspension : par le nez.	
Accélérat. max. en palier entre 0 et 50 km/h:	45,5	Oerlikon type FVEL 5. Frein à disques sur bogie.		Paliers d'essieu: avec roule- ments Timken (cannon-box).	
(roues mi-usées) ... cm/s²		Chauffage : par radiateurs électriques.		Transmission: par engrenage rigide, unilatérale.	
Tare par voyageur: masse kg	425			Rapport d'engrenages : 3,38 (71/21)	
Diamètre des roues: ... mm	1010				
Rayon min. de courbe: m	125				
				Appareillages auxiliaires:	
				1 compresseur Westinghouse, type 241 VB, 4 cylindres en V, à simple effet et 2 étages, en- trainé par moteur électrique 3000 V.	
				Pression refoulement 9 bar. Débit 770 l/min.	
				1 alternateur homopolaire type HV 5029.	
				U: 68 V - 54,5 A - 1300 tr/min. 6,45 kVA.	
				1 redresseur en pont GRAETZ - 6 kW - 85 V - 70,5 A.	
				1 batterie d'accumulateurs : Cadmium - Nickel Tudor, 60 éléments 120 Ah.	

L.6.80

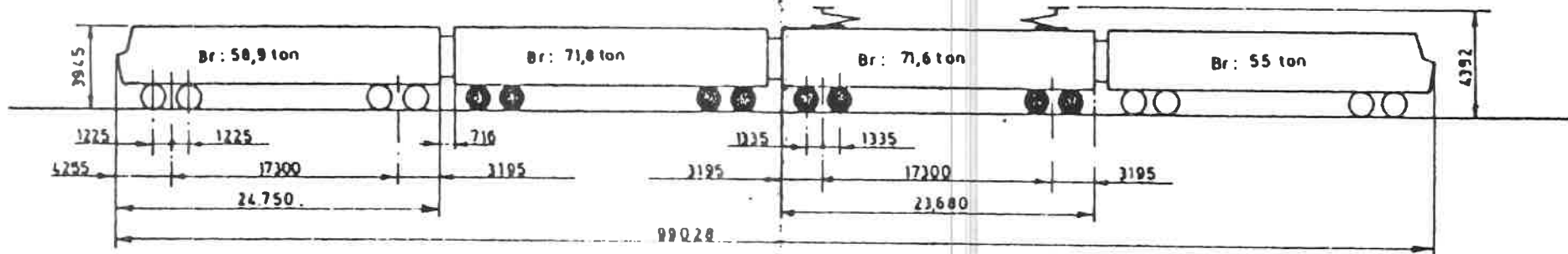
20-02-84

Automotrice quadruple, série 08, types 75-76-77

tranche 1975 - (801 à 820)
tranche 1976 - (821 à 832)

tranche 1977 (833 - 846).

AM14



Essieu moteur

Généralités		Partie mécanique		Partie électrique	
Effectif.....série (08)...	44	<u>Constructeurs:</u>	<u>Equipement de traction:</u>		
Type.....	quad- duple	La Brugeoise et Nivelles		<u>Constructeurs:</u> ACEC Charleroi	
Numérotation.série (08) 1975	801/820	Date de construction: 1975 1976 Tranche 1977: 1979		<u>Type de commandes:</u>	
1976	821/832			Thyristors, commande électrom.	
1977	833/846			<u>Moteurs de traction</u>	
Masse à vide (pesé);...tonnes	217,4	<u>Capacités:</u>		Nombre8	
Masse en charge.....tonnes	257,3	Places assis. 56		Puissance unihoraire ...190 kW	
Puissance unihoraire tot.kW	1535	" debout 20		continue.....170 kW	
" " Spécif: kW/t	5,966	Total 76		Moteur autoventilé	
Vitesse max.Km/h..	140	422		Suspensions: par le nez	
Accélérat.max.en palier		498		Paliers d'essieux avec roulements	
entre 0 et 50 Km/h		<u>Freinages:</u> Frein direct électro- pneumatique avec robinet de mécanicien		Timken (cannon-box)	
(roues mi-usées) cm/sec ²	47	Oerlikon type FVBL 5		<u>Transmission:</u> par engrenages rigides, unilatérale	
Tare par voyageur: masse.kg	436,5	Frein à disques sur bogie		Rapport d'engrenages	
Diamètre des roues.....mm	1010	<u>Chauffages:</u>		3,38 (71/21)	
Rayon min. de courbe...m	125	Par radiateurs électriques			
		air pulvé			
				<u>Appareillages auxiliaires:</u> 1 Groupe moteur-compresseur: -Moteur CT10-3000V x 7,56 kW -Compresseur 241VB, 4 cylindres à simple effet, 2 étages -Pression refoulement 9 bar Débit 770 l/min. 2 Groupes moteur-alternateur-redresseur KRUPP avec par groupe: -1 moteur à double induit M23 - 3000V - 25 kW -1 alternateur G23 - 3 phase - 66V 209 A - 23,8 KVA et 1 -1 redresseur triphasé à thyrist. 2 Batteries d'accumulateurs cadmium-Nickel 60 éléments 175 Ah 90V (SAPT)	

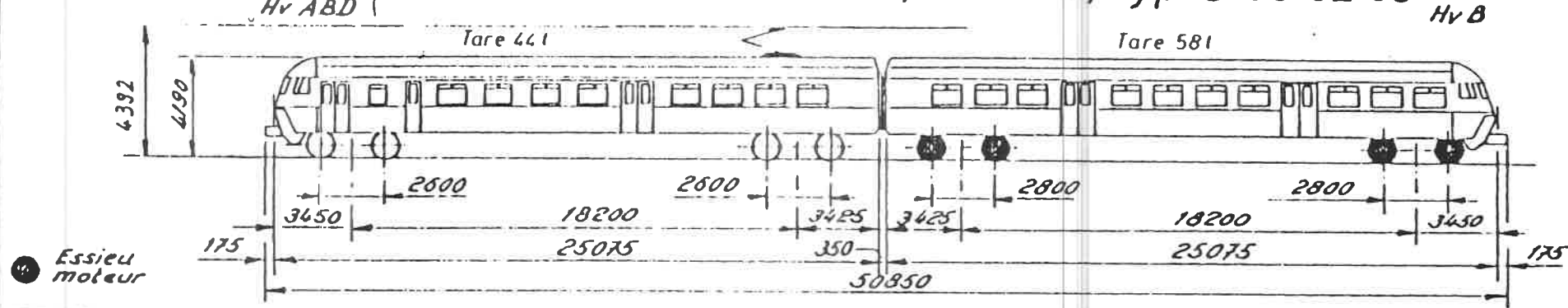
1989
Leçon 12/10
15

ANNEXE IV.

20-02-86
5/10/79

Automotrice double, série 03, types 80-82-83

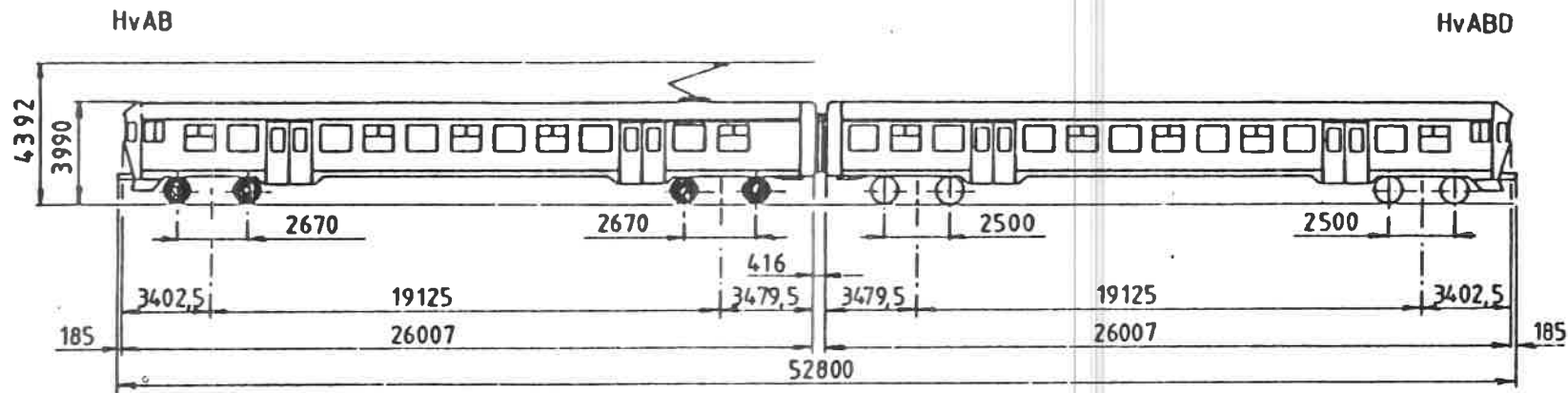
AM15



Généralités		Partie mécanique		Partie électrique																	
Effectif.....série (03)	79 140	<u>Constructeurs:</u> Constructions Ferroviaires et métalliques		<u>Equipement de traction:</u>																	
Type.....	double	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Capacité:</th> <th>1^{er} cl.</th> <th>2nd cl.</th> <th>Tot.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Places assis.</td> <td>32</td> <td>139</td> <td>171</td> </tr> <tr> <td>" deboul.</td> <td>9</td> <td>45</td> <td>54</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>41</td> <td>184</td> <td>225</td> </tr> </tbody> </table>		Capacité:	1 ^{er} cl.	2 nd cl.	Tot.	Places assis.	32	139	171	" deboul.	9	45	54	Total	41	184	225	<u>Constructeur:</u> ACEC Charleroi	
Capacité:	1 ^{er} cl.			2 nd cl.	Tot.																
Places assis.	32			139	171																
" deboul.	9			45	54																
Total	41	184	225																		
Numérotation série (03) t 80	301/335	<u>Type de commande:</u> 2 hacheurs à thyristors, c st électronique		<u>Appareillages auxiliaires</u>																	
.....t 82	336/370	<u>Moteurs de traction:</u> Nombre..... 4		1. Groupe moteur-compresseur:																	
.....t 83	371/440	Puissance unihoraire:.... kW Puissance continue:.... 310 kW Moteur autoventilé		- Moteur Avk GMR 180.5.BB.7,32kW.																	
Masse à vide :tonnes	102	<u>Suspension:</u> Complètement suspendu sur 3 points		- Compresseur 241VB, 2 cylindres à simple effet, 2 étages.																	
Masse en charge tonnes	122,6	<u>Freinage:</u> frein automatique à c st électro-pneumatique, combiné à un freinage par récupération des moteurs de traction Robinet du mécanicien FYE 760		- Pression de refoulement 9 bar																	
Puissance unihoraire tot. kW		Distributeur Hv ABD: UTB 116 Distributeur Hv B: UTB 115		- Débit 770 l/min.																	
" " spécif. kW/t		<u>Chauffage:</u> par radiateurs d'électriques à air pulsé		2. Convertisseur statique 36kW.																	
Vitesse maximum km/h	160	Rapport d'engrenages: 3,172 (92/29)		<u>Entrée:</u> 3000V.																	
Accélération max. en palier entre 0 et 50 km/h (roue mi-usées) cm/sec ²	75	<u>Paliers de l'arbre du mat. de traction:</u> roulements à billes et à rouleaux.		<u>Sorties:</u> 110V= p ^r batterie																	
Tare par voyageur: masse kg				30V= p ^r prémag. MT en frein.																	
Diamètre des roues motrices mm	1010			30V= p ^r prémag. MT en frein.																	
Diamètre des roues porteuses mm	950			220V= p ^r extracteurs d'air.																	
Rayon min. de courbe m	125			3. Batterie d'accumulateurs au Cadmium-Nickel, 75 éléments, 140 Ah, 110V.																	

Cours 1270
15

Automotrice double, type 86, série 09



● Essieu moteur

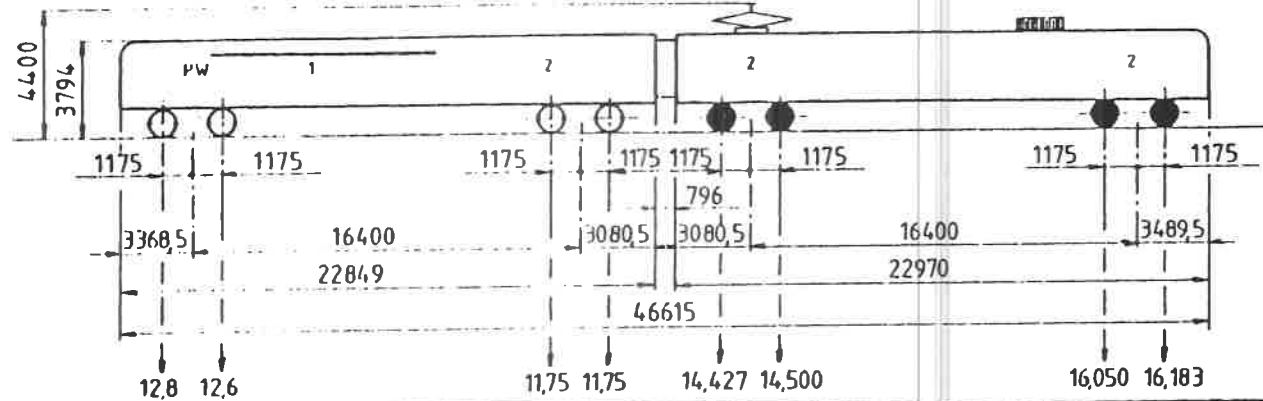
Généralités		Partie mécanique			Partie électrique	
Effectif : ... série (09)	35	Constructeurs :			Equipement de traction :	
Type :	double	La Brugeoise et Nivelles à			Constructeurs :	
Numérotation : série (09)	901 à 935	Bruges :			A.C.E.C. Charleroi	
Masse à vide : tonnes	105	BN Manage (châssis et toit)			Type de commande :	
Masse en charge : ... tonnes	124	Date de construction : 04-04-88 à 01-11-89			Thyristors, commande électron.	
Puissance : unihor. tot. kW	770	Capacité	1 ^{er} cl.	2 ^e cl.	Total	Moteurs de traction : AE 121 N
" spéc. kW/t	5,84	Places assises	40	137	177	Nombre..... 4
Vitesse max. : ... km/h	120	Places debout	12	51	63	Puissance unihoraire 190 kW
Accélérat. max. en palier		Total	52	188	240	continue 170 kW
entre 0 et 50 km/h :	55	Freinage :			Moteur autoventilé.	
(roues ni-usées) ... cm/s ²		Frein automatique avec robinet de mécanicien			Suspension : par le nez.	
Tare par voyageur : masse kg	1010	Oerlikon type FBA 104-2. Commande électrique parallèle type EPA. Frein à disque. Système antienrayage électronique par essieu. Frein parking.			Paliers d'essieu : avec roulements Timken (cannon-box).	
Diamètre des roues : ... mm		Chauffage :			Transmission : par engrenage rigide, unilatérale.	
Rayon min. de courbe : ... m	125	par radiateurs électriques à air pulsé			Rapport d'engrenages :	
					3,958 (95/24)	
					Appareillage auxiliaires	
					1. Groupe moteur-compresseur	
					- Moteur CEB type LF 180 7,32 kW 110V - 7BA - 1130tr/min.	
					- Compresseur 241 VH, 2 cylindres à simple effet, 2 étages.	
					- Pression de refoulement 9 bar	
					- Débit 770 l/min	
					2. Convertisseur statique 36 kW	
					Entrée : 3000 V	
					Sorties : 110 V - pr batterie	
					220 V ~ pr extracteurs d'air.	
					3. Batterie d'accumulateurs au Cadmium - Nickel, 75 éléments, 140 Ah, 110 V	

Cours 1270
1989 15

Avant
Type 1962
N° 228.151

Automotrice double, type 62-3 ν , série 00

AM 17



● Essieu moteur

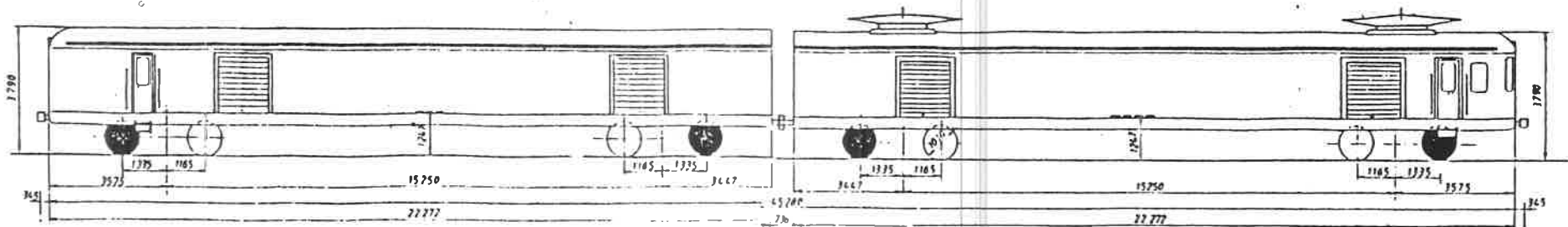
Masse par essieu (tonnes)

Généralités		Partie mécanique		Partie électrique																
<u>Effectif</u>	1	<u>Constructeurs</u> : La Brugeoise et Nivelles à Bruges - Ragheno à Malines - Atelier Germain à Monceau s/Sambre - Les Usines de Braine-le-Comte à Braine-le-Comte - AC Malines - Ateliers Belgen réunis.																		
<u>Type</u>	double	<u>Date de construction</u> : 1962																		
<u>Numérotation</u> : c 1962	050	<u>Date de transformation</u> : 1987																		
<u>Masse à vide</u>	tonnes	110																		
<u>Masse en charge</u>	tonnes	132																		
<u>Puissance continue</u>	tot. kW	800																		
<u>Vitesse max</u>	km/h	130																		
<u>Accélération max. en palier</u> (roues ml-usées)	cm/s ²	55																		
<u>Tare par voyageur : masse</u>	Kg	354																		
<u>Diamètre des roues</u>	mm	1010																		
<u>Rayon min. de courbe</u>	m	125																		
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Capacité</th> <th>1e cl.</th> <th>2e cl.</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Places "assis"</td> <td>28</td> <td>140</td> <td>168</td> </tr> <tr> <td>Places "debout"</td> <td>16</td> <td>60</td> <td>76</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>44</td> <td>200</td> <td>244</td> </tr> </tbody> </table>	Capacité	1e cl.	2e cl.	Total	Places "assis"	28	140	168	Places "debout"	16	60	76	Total	44	200	244		
Capacité	1e cl.	2e cl.	Total																	
Places "assis"	28	140	168																	
Places "debout"	16	60	76																	
Total	44	200	244																	
		<u>Freinage</u> : Frein direct électropneumatique avec robinet de mécanicien Oeilikon type FVEL 5 avec substitution du frein pneumatique par un freinage électrodynamique à récupération. Frein à disques sur bogie Chauffage : par radiateur électriques																		
			<u>Equipement de traction</u> <u>Constructeurs</u> A.C.E.C. Charleroi <u>Type de commande</u> : Commande électronique à thyristors ; hacheur et 2 onduleurs de courant <u>Moteurs de traction</u> : asynchrone à cage Nombre : 4 Puissance continue : 200 kW moteur autoventilé <u>Suspension</u> : par le nez <u>Paliers d'essieux</u> : <u>Transmission</u> : par engrenages rigides unilatérale Rapport d'engrenages : 123/20 = 6,15																	
			<u>Appareillage auxiliaire</u> : 1 compresseur A.C.E.C. 2 cylindres à simple effet, 2 étages, entraîné par moteur électrique 3000 V pression refoulement 7 bar débit 540 l/min. 1 génératrice de charge batterie tension 100 volts - courant 50 A 1 batterie d'accumulateurs : Cadmium-Nickel, 60 éléments 120 Ah 1 convertisseur statique de charge batterie type "M4" - tension 110 volts - 1 batterie d'accumulateurs : "DRYFIT - A 200", 9 éléments 63 Ah - 12 V																	

Avant :
type 1954

Automotrice double, type 54P, série 00(1)

AM 18



GENERALITES

<u>Effectif</u>	15
<u>Type</u>	double
<u>Numerotation</u>	961 à 975
<u>Masse à vide</u>	tonnes 86
<u>Masse en charge</u>	tonnes 118t
<u>Puissance unihoraire</u>	kW 735
<u>Unihoraire spécifique</u>	kW/t 6,91
<u>Vitesse max.</u>	km/h 130
<u>Accélération max. en palier en 0 et 50 km/h (roues mi-usees)</u>	cm/s ² 33,5
<u>Diametre de roues</u>	mm 1010
<u>Rayon min. de courbe</u>	m 125

PARTIE MECANIQUE

Constructeurs : La Brugeoise
Nathan - Germain et Familleureux
Date de construction : 1954
Transformation en automotrice postale par A.C. Malines
Année : 1988
Freinage :
Frein direct Oerlikon avec robinet de mécanicien type FDI.
Frein autovariable Oerlikon avec régulateur centrifuge électrique à commande directe en bout d'essieu.

PARTIE ELECTRIQUE

Equipement de traction

Constructeurs : ACEC-SEM Gand
Type de commande :
Servo-moteur électrique à B.T. avec arbres à cames (J.H.)
Moteurs de traction :
Nombre 4
Puissance unihoraire 185 kW
continue 155 kW
moteur autoventilé
Suspension : par le nez
Paliers d'essieux : à coussinets lisses avec tampon graisseur
Transmission : par engrenages rigides, unilatérale
Rapport d'engrenages 3,73 (56/15)

Appareillage auxiliaire

1 compresseur "Sebia" 2 cylindres à simple effet, 2 étages, entraîné par moteur électrique 3000 Volts.
Pression refoulement 7 bar
Débit : 540 l/mm
1 génératrice de charge batterie
tension : 100 V
Courant : 50 A
1 batterie d'accumulateurs
bat. Ph 160 Ah (12 x 6V)

Anciens N°s	Nouveaux N°s	Anciens N°s	Nouveaux N°s
030	961	071	969
035	962	093	970
109	963	128	971
086	964	084	972
117	965	120	973
123	966	110	974
118	967	111	975
074	968		

- LOCOMOTIVES.

16.01 - Désignation symbolique.

La désignation symbolique s'effectue comme suit :

La lettre A désigne l'essieu moteur, B deux essieux-moteurs dans le même châssis (bogie), la lettre C, trois essieux moteurs dans le même châssis, etc ...

Le chiffre 1 désigne un essieu porteur, le chiffre 2, deux essieux porteurs, etc ...

Lorsque les essieux moteurs d'un même bogie sont couplés, les lettres n'ont pas d'indice, par contre, s'ils sont entraînés individuellement, la lettre porte l'indice "0".

Ainsi, une locomotive série 26 est du type BB tandis que les séries 11, 12, 15, 16, 21, 22, 23, 25, 25.5, 27, 28 sont du type Bo Bo.

De même, une locomotive série 18 est du type CC tandis qu'une série 20 est du type CoCo

16.02 - Effectif.

Le nombre de locomotive électrique, la série et l'année de mise en service sont repris au tableau de la figure 16.01. Il s'élève à un total de 381 locomotives se décomposant en 330 locomotives monocourants et 51 locomotives polycourants.

Ce nombre se décompose aussi en 212 locomotives à JH (séries 28, 22, 23, 25, 25.5, 26, 15, 16 et 18) et 169 locomotives à hacheur (série 20, 27, 21, 11 et 12).

Pour mémoire, les locomotives série 29 (fig. 16.02) retirées du service à élimination progressive des résistances de démarrage au moyen de contacteurs individuels électropneumatiques.

16.03 - Locomotive série 28 (fig. 16.03).

16.04 - Locomotive série 22 (fig. 16.04).

Les figures 16.05 et 16.06 montrent la disposition des différents organes dans la locomotive.

L'équipement de démarrage est du type Jeumont-Heidman (JH) à contacteurs commandés par des arbres à cames entraînés par moteurs électriques. Il y a deux arbres à cames :

- JH 1 commande les contacteurs de couplage et de résistance;
- JH 2 commande les contacteurs de shuntage.

Les circuits de puissance sont représentés à la figure 16.07 :

Le courant est capté sur la ligne caténaire au moyen de 2 prises de courant à pantographe P.

Les pantographes sont raccordés à deux isolateurs d'entrée de courant I - (traversée du toit de la caisse) reliés aux sectionneurs de pantographes Sp disposés dans la caisse.

Un sectionneur de mise à la terre ST permet de mettre tout l'équipement HT à la terre.

Après les sectionneurs, le courant se dirige vers deux circuits qui sont :

- les circuits protégés par le disjoncteur ultra-rapide (DUR), et qui comprennent les circuits de puissance et des circuits auxiliaires (fig. 16.08 fils repère LM);
- les circuits auxiliaires non protégés par le DUR. (fig. 16.08 fils repère LE).

Le disjoncteur ultra-rapide interrompt l'alimentation des circuits de puissance et auxiliaires.

Les moteurs de traction peuvent être couplés en série ou série-parallèle. La transition entre ces couplages se fait par la méthode du pont. Ces couplages sont réalisés au moyen de 11 contacteurs de couplage A à K commandés par l'appareil JH1.

Deux groupes de résistances permettent de limiter et de régler l'intensité du courant absorbé pendant le démarrage. L'élimination progressive de ces résistances se fait au moyen de 22 contacteurs de résistance (1 à 18, 12' à 14'), commandés également par l'appareil JH1.

L'inverseur de marche réalise le changement du sens de marche de la locomotive par inversion du sens du courant dans les inducteurs des moteurs de traction.

Les résistances de shuntage des inducteurs de moteurs de traction peuvent être mises en service au moyen de 8 contacteurs de shuntage (I à IV et I' à IV'). Ces contacteurs font partie de l'appareil JH2.

Cinq groupes moteur-ventilateur (VR1 à VR5), connectés en parallèle, et insérés en série dans le circuit de traction, ventilent les résistances de démarrage. Une résistance réglable en atelier, permet d'ajuster le régime de ventilation.

Tous les contacteurs sont du type à commande par arbre à came.

La commande des 2 arbres à cames se fait par des servomoteurs électriques (SM1, SM2) dont l'alimentation s'effectue :

- par la manoeuvre de la poignée de commande de l'inverseur de marche;
- par la manoeuvre du volant de commande du manipulateur;
- par l'intermédiaire d'un certain nombre de relais.

Les moteurs de traction sont numérotés de 1 à 4 en commençant par celui situé près de la cabine I.

Les moteurs 1 et 2 forment le groupe I, les moteurs 3 et 4 forment le groupe II.

Dans chaque groupe, les moteurs sont constamment groupés en série.

Des sectionneurs d'isolement, manoeuvrables à la main, permettent l'élimination de 1 ou 2 moteurs quelconques.

En cas d'élimination d'un ou de deux moteurs, le démarrage est limité au couplage série.

Des relais de décel de patinage QDP renseignent le conducteur en cas de patinage.

Dans le circuit de traction sont intercalés les appareils de mesure (ampèremètres a1, A'1, a2, a'2), les relais de protection (relais différentiel QD, relais à maxima Q1.2 et Q3.4, le relais d'accélération QA40 et le relais de protection des moteurs-ventilateurs des résistances de démarrage QVR).

Les circuits auxiliaires à 3000 V sont représentés à la figure 16.08 :

Sur la locomotive, il faut produire l'air comprimé nécessaire au fonctionnement des freins et des appareils électropneumatiques, assurer la ventilation des moteurs de traction, produire le courant basse tension nécessaire au fonctionnement de l'équipement et assurer le chauffage des cabines de conduite et des voitures.

Ces services sont assurés par des circuits auxiliaires à HT dérivés après le DUR et protégés par celui-ci.

Ils comprennent :

- 2 groupes moteur-compresseur MC1 et MC2 commandés par les contacteurs électromagnétiques K2 et K3, et protégés par les fusibles fcl et fc2.
- 2 groupes moteur-ventilateur MV1 et MV2, composés chacun d'un moteur à 3000 V entraînant en bouts d'arbre 2 ventilateurs. Chaque ventilateur assure le refroidissement d'un moteur de traction. Sur le groupe côté cabine I est fixée une génératrice de charge de la batterie (G.A.), entraînée par courroies trapézoïdales. Les moteurs des groupes sont commandés par les contacteurs électromagnétiques K4 et K5.
- Le chauffage des cabines de conduite de la locomotive comportant pour chacune 2 résistances en série de 1000 W et 1500 W. La commande se fait par un contacteur électromagnétique K1, la protection par un fusible fchc.
- L'installation de chauffage des voitures, commandée par 2 contacteurs électropneumatiques disposés en série (CCh1 et CCh2). Un relais à maxima QchT, provoquant l'ouverture du DUR, protège l'installation. Un accouplement de chauffage comportant une douille fixe, un coupleur à fiche et une boîte de repos pour celui-ci est installé sur chaque extrémité de la locomotive.

Les circuits auxiliaires HT comprenant en outre les appareils suivants qui sont branchés avant le DUR, donc non protégés par celui-ci :

- a) un parafoudre Pf.
- b) deux voltmètres haute tension v1 et v2 (un dans chaque cabine de conduite);
- c) un relais de potentiel RTN provoquant l'ouverture du DUR en cas de chute importante ou de suppression de la tension en ligne.

Les circuits des voltmètres HT et du relais de potentiel peuvent être isolés au moyen du sectionneur Sa.

16.05 - Locomotive série 23 (fig. 16.09).

Ces locomotives sont pratiquement identiques aux précédentes, à l'exception du frein électrique par récupération. Celui-ci permet de renvoyer du courant dans la ligne lors des longues descentes.

Le schéma de puissance est repris à la figure 16.10, remarquons le groupe de récupération ainsi que les 4 contacteurs de ligne électropneumatiques CL1 à CL4.

Dans la configuration freinage, il faut séparer l'induit des inducteurs (instabilité de la génératrice série) et exciter ces derniers par une source séparée.

Ce groupe de récupération se compose :

- d'un moteur ME à 3000 V du type compound;
- d'une génératrice basse tension Exc (excitatrice) alimentant les inducteurs.

Les inducts des moteurs de traction doivent être groupés :

- en série aux faibles vitesses (afin que la tension aux bornes de l'ensemble puisse atteindre une valeur supérieure à celle du réseau);
- en série-parallèle aux vitesses élevées.

16.06 - Locomotive série 25 (fig. 16.11).

Ces locomotives sont à quelques détails près identiques aux locomotives série 22.

16.07 - Locomotive série 25.5 (fig. 16.12).

Ces locomotives étaient destinées principalement à la remorque des rames réversibles Benelux à la vitesse maximum de 130 km/h. Elles ont été remplacées dans cette fonction par les locomotives série 11.

Ces locomotives peuvent remorquer n'importe quel type de train sur le réseau SNCB à la vitesse de 130 km/h.

Elles possèdent trois équipements JH :

- JH1 commande les contacteurs de démarrage et de résistance;
- JH2 commande les contacteurs de couplage 1500V-3000V et les contacteurs d'élimination des moteurs;
- JH3 commande les contacteurs de shuntage.

Le schéma de puissance est représenté à la figure 16.13.

L'interrupteur de choix de couplage commandé par une manette amovible possède 3 positions : 3 kV, 0, 1,5 kV. Le JH2 réalise le schéma de traction et d'auxiliaire correspondant à la position demandée. La manoeuvre du JH2 n'est possible qu'à vide (JH1 à zéro) et disjoncteur DUR ouvert.

16.08 - Locomotive série 26 1ère tranche (fig. 16.14).
Locomotive série 26 2ème tranche et 3ème tranche (fig.16.15)

- a. La locomotive est équipée de deux moteurs de traction développant une puissance totale de 2.590 kW unihoraire. Chaque moteur de traction est en fait un moteur à deux induits (chaque induit possédant une tension nominale de 1500 V) solidarisés ensemble et avec les trains de roues du bogie par une chaîne d'engrenage. Ce moteur double dont la tension nominale est de 3000 V permet le démarrage direct en parallèle.

L'équipement de démarrage JH n'est composé que d'un seul arbre à came entraîné par servo-moteur électrique commande les contacteurs de couplage (26 1^{ère} tranche), les contacteurs de résistance et de shuntage.

Que le couplage des moteurs soit sérié ou parallèle, tous les crans des JH sont identiques, la manette de sens de marche et du choix de couplage comporte cinq positions (fig. 16.16) :

AV - S
 AV - P
 0
 AR - S
 AR - P

Les figures 16.17 et 16.19 représentent respectivement les schémas de puissance de la 26. 1^{ère} et 26. 2^{ème} et 3^{ème} tranche.

- b. La différence essentielle entre la 1^{ère} tranche et la 2^{ème} et 3^{ème} tranche réside dans l'équipement qui réaliser le couplage des moteurs de traction.
- commutateur de couplage série parallèle CSP (transition à vide) sur les locomotives 26. 1^{ère} tranche (2601 à 2605). La figure 16.18 montre le commutateur avec le repérage des bornes se rapportant au schéma de puissance.
 - contacteurs de couplage électropneumatiques A, A1, P, P1, G, G1, S, S1 et KPR (transition en charge par la méthode du court-circuit) sur les locomotives 26. 2^{ème} et 3^{ème} tranche. Mais par note n° 241.9.2.09/8 du 23.07.87 du Département M division 20.33, la transition de série à parallèle en charge par la méthode du court-circuit est supprimée. Le JH reviendra toujours à la position zéro.

- c. La locomotive 26 est la première locomotive de notre réseau à être équipée de barres de traction. Grâce à ceux-ci, la transmission de l'effort entre la caisse et le bogie est telle que la charge de 2 essieux de chaque bogie reste égale quand la locomotive exerce un effort de traction. Une telle transmission qui annule le cabrage de bogie est dénommée "traction basse". Elle utilise pour la transmission de l'effort entre caisse et bogie des barres de traction inclinées. Les locomotives série 20, 27, 21, 11 et 12 en sont équipées.

N.B. Les dispositions mécaniques et électriques en vue d'augmenter la capacité adhérente font l'objet d'une prochaine leçon.

16.09 - Locomotives séries 15, 16 et 18.

- a. Série 15 (fig. 16.20).

Locomotive tritension 3 kVcc, 1,5 kVcc et 25 kV 50 Hz conçues pour les grandes vitesses (160 km/h).

- b. Série 16 (fig. 16.21).

Locomotive quadritension (3 kVcc, 1,5 kVcc, 25 kV-50 Hz, 15 kV - 16 2/3 Hz) conçues pour les grandes vitesses (160 km/h).

- c. Série 18 (fig. 16.22).

Locomotive quadritension (3 kVcc, 1,5 kVcc, 25 kV-50 Hz, 15 kV - 16 2/3 Hz) de grande puissance (4450 kW unitaire) conçue pour les grandes vitesses (180 km/h). Elle est équipée d'un freinage rhéostatique à excitation série.

Le réglage de l'effort de freinage se fait en variant la résistance du rhéostat (JH) par les mêmes contacteurs que ceux utilisés en traction pour le démarrage.

Cette locomotive est du type CC, essieux accouplés avec un moteur par bogie.

- d. Ces trois locomotives sont équipées d'un disjoncteur monophasé, d'un transformateur constitué d'un enroulement primaire unique et de un ou deux enroulements secondaires avec prise intermédiaire si la locomotive peut rouler sur les deux réseaux monophasés et d'un équipement redresseur. Elles sont équipées de moteur de traction sérié à courant continu. Certaines précautions de construction peuvent cependant être prises afin de limiter le ripple résiduel dû au lissage imparfait du courant monophasé redressé sur les réseaux alternatifs (shuntage permanent par une résistance non inductive (12% en série 18), mise en service de selfs de lissage et feuilletage des carcasses des moteurs de traction).

La description des schémas haute-tension fait l'objet de la leçon 49.

16.10 - Locomotive à hacheur série 20 (fig. 16.23).

La locomotive de type CoCo est équipée de 6 moteurs de traction développant une puissance unihoraire de 5150 kW.

Le réglage continu de la tension aux bornes des moteurs est réalisé par hacheurs à thyristors.

La locomotive comporte deux hacheurs, dont le fonctionnement est décalé d'une demi-période, alimentant chacun en série les 3 induits des moteurs d'un bogie. (fig.16.24).

Les moteurs sont à excitation indépendante mais à image série. Les trois inducteurs sont alimentés par des ponts d'excitation triphasés à thyristors. L'alimentation alternative triphasée provenant du groupe moteur-alternateur délivrant une tension de 380 V à fréquence de 60 Hz.

Le réglage de champ des moteurs de traction est réalisé de manière continue grâce à l'excitation indépendante lorsque les induits sont alimentés à la tension maximum.

Le réglage de la tension des moteurs par hacheur, joint à l'excitation indépendante et à la traction basse des bogies confère à ces locomotives d'excellentes propriétés adhérentes.

La détection du patinage est assurée par des capteurs statiques mesurant la vitesse et l'accélération de chacun des 6 essieux. L'enrayage du patinage est sélectif par bogie par réduction de la tension grâce au hacheur concerné.

La conduite de la locomotive est simplifiée grâce à un équipement de vitesse affichée en traction; l'effort développé par la locomotive est réglable de 40 à 320 kN par le conducteur.

Ces locomotives sont équipées d'un frein rhéostatique.

Ce frein est combiné avec le frein pneumatique de manière à freiner la locomotive au maximum par le frein électrique, le frein pneumatique de la locomotive n'assurant que le complément indispensable à la réalisation de l'effort de freinage.

En outre, il peut être mis en service indépendamment du frein pneumatique au gré du conducteur. Son effort est réglable et peut atteindre 170 kN.

La disposition des équipements est représentée à la figure 16.25.

16.11 - Locomotive série 27 (fig. 16.26).

La locomotive est équipée de 4 moteurs de traction développant une puissance totale continue de 4150 kW.

Le réglage continu de la tension aux bornes des moteurs est réalisé par hacheurs à thyristors.

La locomotive comporte 2 hacheurs dont le fonctionnement est décalé d'une demi-période et qui alimentent en série les 2 moteurs de traction d'un bogie (fig. 16.27).

Les moteurs sont à excitation série; le réglage du champ des moteurs est réalisé par résistance et contacteurs de shuntage.

Le réglage continu de la tension aux bornes des moteurs, l'anti-cabrage électrique de bogie, la traction basse, le décel et l'enrayage sélectif du patinage confèrent à ces locomotives d'excellentes propriétés d'adhérence.

Pour la conduite de la locomotive, le conducteur dispose d'un manipulateur présentant 7 crans de marche : 5 crans de tension aux bornes des moteurs régulièrement échelonnées, à excitation maximum et 2 crans de shuntage à tension maximum. L'effort développé par la locomotive est réglable de 40 à 234 kN au gré du conducteur.

Les locomotives sont équipées d'un frein rhéostatique à excitation indépendante réglée par les hacheurs.

Ce frein est combiné avec le frein pneumatique de manière à freiner la locomotive au maximum par le frein électrique, le frein pneumatique n'assurant que le complément indispensable à la réalisation de l'effort de freinage demandé.

Le frein rhéostatique peut être mis en service indépendamment du frein pneumatique; son effort est réglable et peut atteindre 120 kN.

Les locomotives sont équipées des câblots nécessaires pour la conduite en unité multiple de 2 locomotives ainsi que pour la conduite en rame réversible.

La disposition des équipements est représentée à la figure 16.28.

Remarque : La locomotive série 27 ainsi que les 21-11 et 12 utilise un thyristor "VERNIER" en lieu et place de la diode série permettant de supprimer la butée minimale et de régler la tension moyenne sur les moteurs jusqu'à 0. L'utilisation d'une fréquence plus faible au démarrage (comme en Hle série 20) n'est donc plus nécessaire.

16.12 - Locomotive série 21 (fig. 16.29).

La locomotive type BoBo est équipé de 4 moteurs de traction développant une puissance totale continue de 3.130 kW au lieu de 4.150 pour la Hle série 27.

Au démarrage, et jusqu'à 53 km/h (65 km/h en Hle série 27) l'effort développé par la locomotive est réglable de 37 kN (40 kN en Hle série 27) à 234 kN au gré du conducteur.

16.13 - Locomotive série 11 (fig. 16.30.).

La locomotive développe sa pleine puissance sur le réseau 3 kV de la SNCB et sur le réseau 1,5 kV des NS.

Elle est équipée de 4 moteurs de traction développant une puissance totale continue de 3130 kW.

Le réglage continu de la tension aux bornes des moteurs est réalisé par hacheurs à thyristors.

La locomotive comporte 2 hacheurs dont le fonctionnement est décalé d'une demi-période; chaque hacheur alimente en parallèle les 2 moteurs de traction d'un bogie. (fig. 16.31).

Les moteurs sont à excitation "série"; le réglage du champ des moteurs est réalisé par résistance et contacteurs de shuntage.

Les différentes commutations nécessaires sont commandées par la position de l'interrupteur de choix du système d'arrêt automatique ATB (réseau NS) /MEMOR (réseau SNCB).

Elles concernent :

- le couplage de la résistance d'amortissement du circuit d'extinction des hacheurs;
- le couplage des enroulements du transformateur des convertisseurs statiques;
- le couplage de la résistance de chauffage des postes de conduite;
- la mise en service du système d'arrêt automatique approprié (ATB sur réseau NS, MEMOR sur réseau SNCB);
- la mise en service sur le réseau NS du filtre radio et de la butée de limitation de déploiement des pantographes;
- les adaptations à la tension caténaire de différents réglages dans les équipements électriques (DUR, hacheur, convertisseur, ...).

Il n'y a donc pas de modification de couplage des moteurs de traction; ils sont alimentés par les hacheurs, de façon identique en Belgique et en Hollande (1.400 V en position 5 du manipulateur).

Le réglage continu de la tension aux bornes des moteurs, l'anti-cabrage électrique de bogie, la traction basse, le décel et l'enrayage sélectif du patinage confèrent à ces locomotives d'excellentes propriétés d'adhérence.

Pour la conduite de la locomotive, le conducteur dispose d'un manipulateur présentant 7 crans de marche : 5 crans de tension aux bornes des moteurs, régulièrement échelonnées, à excitation maximum, et 2 crans de shuntage à tension maximum.

Au démarrage, et jusqu'à 53 km/h, l'effort développé par la locomotive est réglable de 37 à 234 kN au gré du conducteur.

Les locomotives sont équipées d'un frein rhéostatique à excitation indépendante réglée par les hacheurs. L'effort de freinage est limité : 44 kN maximum à 140 km/h, et décroissant linéairement jusqu'à zéro à l'arrêt.

Ce frein est combiné avec le frein pneumatique de manière à freiner la locomotive au maximum par le frein électrique, le frein pneumatique n'assurant que le complément indispensable à la réalisation de l'effort de freinage demandé.

Les locomotives sont équipées uniquement des 2 câblots nécessaires pour la conduite en rame réversible; la conduite en "unité multiple" n'est donc pas possible.

La disposition des équipements est représentée à la figure 16.32.

16.14 - Locomotive série 12 (fig. 16.33).

La locomotive développe sa pleine puissance aussi bien sur 3 kV (SNCB) que 25 kV (SNCF).

Elle est équipée de 4 moteurs de traction développant une puissance totale continue de 3130 kW.

Le réglage continu de la tension aux bornes des moteurs est réalisé par hacheurs à thyristors.

La locomotive comporte 2 hacheurs dont le fonctionnement est décalé d'une demi-période; chaque hacheur alimente en série les 2 moteurs de traction d'un bogie.

Les moteurs sont à excitation "série"; le réglage du champ des moteurs est réalisé par résistance et contacteurs de shuntage. (fig. 16.34).

Les diverses commutations indispensables sont commandées à partir de la position du sélecteur de tension.

Sur le réseau 3 kV

La captation de courant est effectuée par le pantographe SNCB; la tension continue accède, via le disjoncteur ultra-rapide DUR :

- a) aux hacheurs, et de là, aux moteurs de traction;
- b) aux convertisseurs statiques, et de là, à tous les auxiliaires.

Sur le réseau 25 kV

La captation de courant est effectuée par le pantographe SNCF; la tension alternative accède, via le disjoncteur alternatif DJ, au transformateur, suivi du redresseur; ce dernier alimente les circuits 3 kV.

Après le redresseur, la tension "continue" accède, via le disjoncteur ultra-rapide DUR :

- a) aux hacheurs, et de là, aux moteurs de traction;
- b) aux convertisseurs statiques, et de là, à tous les auxiliaires.

Pour la conduite de la locomotive, le conducteur dispose d'un manipulateur présentant 7 crans de marche :

- 5 crans de tension régulièrement échelonnés; ils permettent de régler la tension aux bornes des moteurs, à excitation maximum;
- 2 crans de shuntage des inducteurs, à tension maximum.

Au démarrage, et jusqu'à 53 km/h, l'effort développé par la locomotive est réglable de 37 à 234 kN au gré du conducteur.

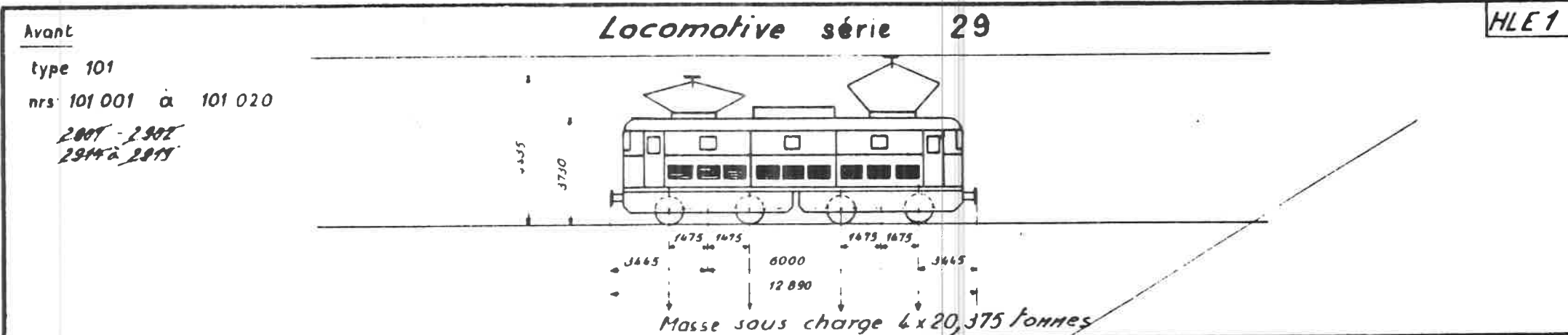
Ces locomotives ne possèdent pas de frein rhéostatique.

Elles sont équipées des 2 seuls câblots nécessaires pour la conduite en rame réversible; la conduite en "unité multiple" n'est donc pas possible.

La disposition des équipements est représentée à la figure 16.35.

Locomotives électriques.

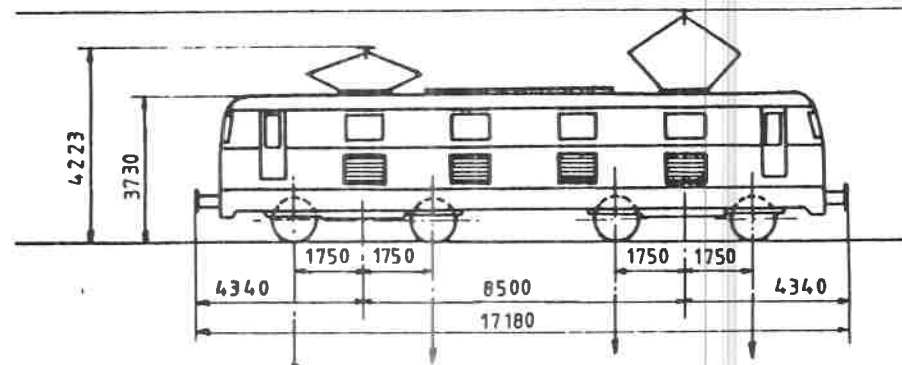
Série	Année de mise en service	Numérotation		Effectif	Remarques
28	1950	2801	2803	3	
22	1954	2201	2250	50	
23	1955/57	2301	2383	83	
25	1960/61	2501	2514	14	
25.5(x)	1974	2551	2558	8	1,5/3 kV
26	1964	2601	2605	5	
	1969/70	2606	2620	15	
	1971/72	2621	2635	15	
15 (x)	1962/63	1501	1505	5	1,5/3/25 kV
16 (x)	1966	1601	1608	8	1,5/3/15/25 kV
18 (x)	1973/74	1801	1806	6	1,5/3/15/25 kV
25	1975/77	2001	2025	25	
27	1981/84	2701	2760	60	
21	1984/85	2101	2130	30	
	1986/88	2131	2160	30	
11 (x)	1985/86	1181	1192	12	1,5/3 kV
12 (x)	1986	1201	1212	12	3/25 kV
Total		HLE monocour.		330	} 381
		(x) HLE polycour.		51	



Généralités		Partie mécanique	Partie électrique	
<u>Effectif</u> (a la construct. 20)	15	<u>Constructeur</u> :	<u>Equipement de traction</u> :	<u>Appareillage auxiliaire</u> :
<u>Type</u>	BB	<u>Baume - Marpent</u>	<u>Constructeur</u> : Ateliers de Constructions	2 compresseurs Oerlikon type 2A-200
<u>Masse totale</u> tonnes	81,5	<u>Date de construction</u> : 1949	Electriques de Charleroi	à 3 cylindres à 2 étages à simple
<u>Numérotation</u>	2903 à	<u>Freinage</u> :	Société d'Electricité et de Mécanique	effet, entraînés par moteur électrique
	2913,	<u>Frein direct</u> Westinghouse	à Gand	3000 Volts
	+ 2920	<u>Frein automatique</u> Westing	<u>Type de commande</u> : contacteurs indivi-	pression refoulement : 9 bar
<u>Puissance unihor</u> kW	1620	house avec robinet de	duels électro-pneumatiques.	débit : 1500 l/min.
<u>Vitesse max</u> km/h	100	mécanicien H7	<u>Moteurs de traction</u> :	2 ventilateurs pour refroidissement
<u>Masse max par essieu</u> tonnes	20,375	<u>Bogie</u> : sans traverse	<u>Nombre</u> 4	des moteurs de traction type hélicoïde-
<u>Effort max. au démarrage</u> kN	196	dansuse	<u>Puissance unihoraire</u> : 405 kW	Rateau, entraînés par moteur électri-
<u>Rayon min. de courbe</u> m	125	<u>Suspension de la caisse</u>	<u>continue</u> : 330 kW	que 3000 V.
<u>Diamètre des roues</u> mm	1350	sur ressort à lames	<u>Ventilation forcée</u>	Débit : 90 m ³ /min
		<u>Suspension du châssis</u>	<u>Paliers d'essieux</u> : à coussinets lisses	1 génératrice de charge batterie : A.C.E.C.
		sur boîtes par ressorts à	et tampons graisseurs	type CV 266, tension 80 V, courant 44 A
		lames et ressorts en hélice	<u>Transmission</u> : par engrenages élasti-	1 batterie d'accumulateurs :
		<u>Chauffage</u> par radiateurs	ques bilatérale	Cadmium-Nickel 48 éléments 80 Ah.
		électriques	<u>Rapport d'engrenages</u> : 3,38 (71/21)	
			<u>Suspension</u> : par le nez	

Locomotive série 28

150.00.04/16



Masse sous charge : 4 x 21,230 tonnes

GENERALITES

<u>Effectif</u>	3
<u>Type</u>	NoNo
<u>Masse totale</u>	84,920 tonnes
<u>Numerotation</u>	2801 à 2803
<u>Puissance unihoraire</u>	1985 kW
<u>Vitesse max.</u>	130 km/h
<u>Masse max. par essieu</u>	21,230 tonnes
<u>Effort max. au démarrage</u>	196 kN
<u>Rayon min. de courbe</u>	125 m
<u>Diamètre de roues</u>	1262 mm

PARTIE MECANIQUE

Constructeur : Raume-Warpen
Date de construction : 1949
Freinage : Frein automatique Oerlikon combiné avec un frein direct Oerlikon.
Bogie : traverse danseuse suspension du châssis par ressort en hélice prenant appui sur les bras latéraux des boîtes.
Chauffage : par radiateurs électriques

PARTIE ELECTRIQUE

Equipement de traction
Constructeurs : Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi-Société d'Electricité et de Mécanique à Gand.
Type de commande : arbres à cames commandés par Servo-moteurs électriques B.T. (J.H.)
Moteurs de traction
 Nombre : 4
 Puissance unihoraire : 495 kW
 continue : 405 kW
 Ventilation forcée.
Paliers d'essieux : à coussinets lisses et tampon graisseur
Transmission : par engrenages rigides unilatérale.
 Rapport d'engrenages : 3,259 (88/27)
Suspension : par le nez

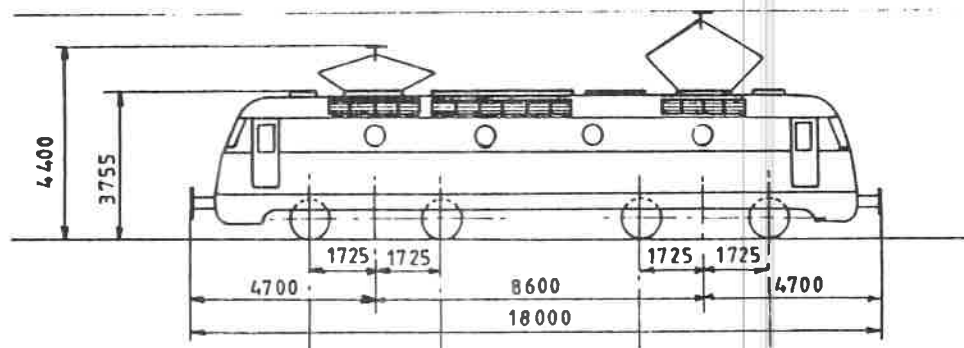
Appareillage auxiliaire
 2 compresseurs Oerlikon type 2A-200 à 3 cylindres à 2 étages, à simple effet, entraînés par moteur électrique 3000 Volts
 pression refoulement : 9 bar
 débit : 1500 l/min.
 2 ventilateurs : pour refroidissement des moteurs de traction, type hélicoïde-Rateau, entraînés par moteur électrique 3000 Volts.
 Débit : 90 m³/min.
 1 génératrice de charge batterie A.C.F.C. type CV.266, tension 80 Volts, courant 44 A
 1 batterie d'accumulateurs Cadmium-Nickel 48 éléments 80 Ah.

Cours 1270
 Logon 16.

Locomotive série 22

150.00.04/9

Fig. 16.04



Masse sous charge 4 x 21,750 tonnes

GENERALITES

<u>Effectif</u>		30
<u>Type</u>		BoBo
<u>Masse totale</u>	tonnes	87
<u>Numerotation</u>		2201 à 2250
<u>Puissance unihoraire</u>	kW	1880
<u>Vitesse max.</u>	km/h	130
<u>Masse, max. par essieu</u>	tonnes	21,750
<u>Effort max. au démarrage</u>	kN	196
<u>Rayon min. de courbe</u>	m	125
	après	
<u>démontage de l'accouplement des bogies</u>	m	75
<u>Diamètre des roues</u>	mm	1262

PARTIE MECANIQUE

Constructeur : La Brugeoise et Nivelles
Date de construction : 1954
Freinage : frein automatique Oerlikon, combiné avec un frein direct Oerlikon
Bogie : S.L.M. Winterthur avec accouplement entre bogies.
Chauffage : des cabines de conduite par radiateur et batterie de chauffe électrique à air pulsé;

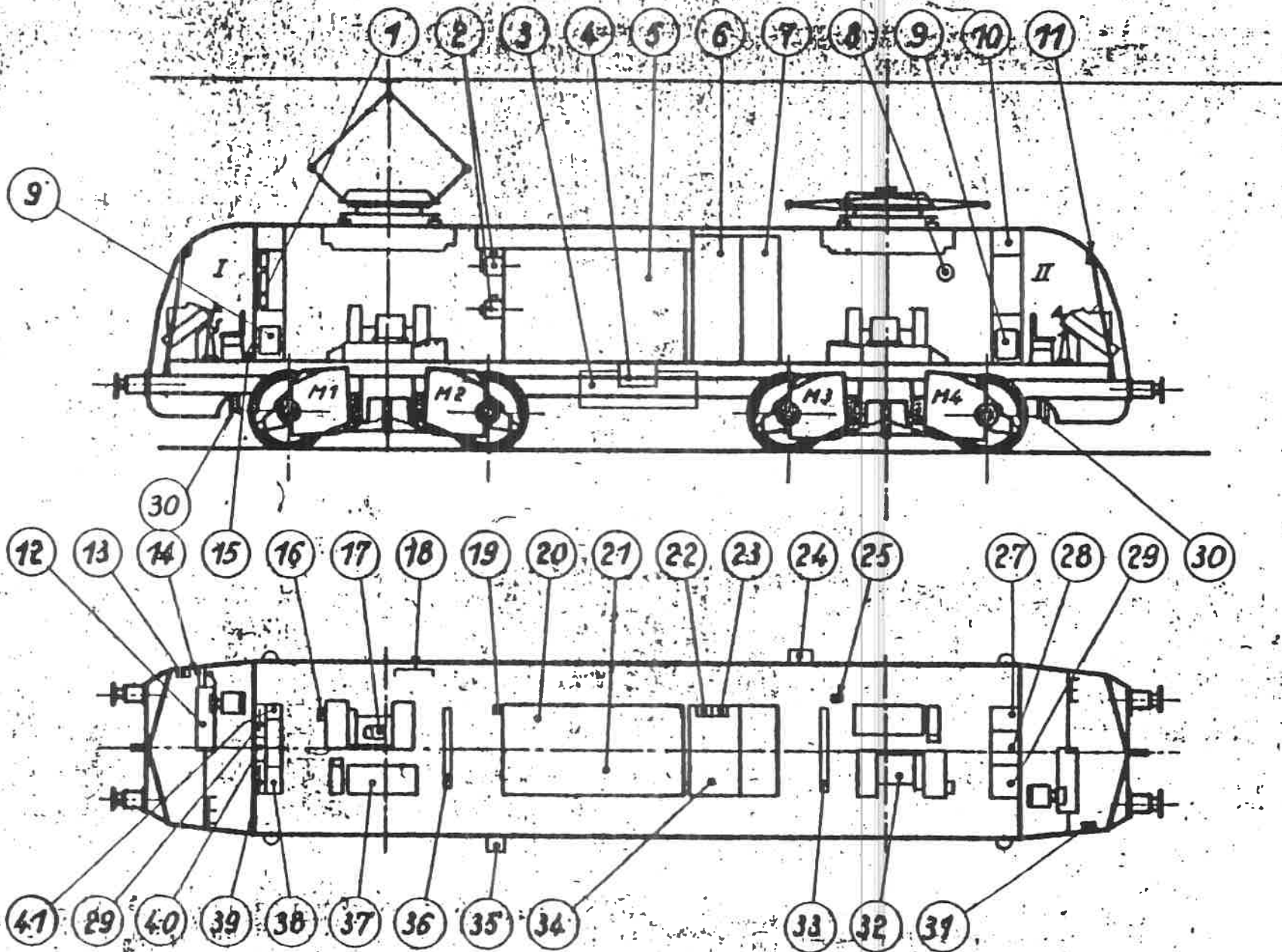
PARTIE ELECTRIQUE

Equipement de traction
Constructeurs : A.C.E.C. Charleroi S.E.M. Gand
Type de commande : arbres à cames commandés par servo-moteurs électriques B.T. (J.H.)
Moteurs de traction :
 Nombre : 4
 Puissance unihoraire : 470 kW
 continue : 435 kW
Ventilation forcée
Paliers d'essieux : à coussinets lisses et tampon graisseur
Transmission : par engrenages élastiques, unilatérale
Rapport d'engrenages : 3,107(87/28)
Suspension : par le nez

Appareillage auxiliaire
2 compresseurs : Oerlikon type 2A-200 à 3 cylindres à 2 étages à simple effet, entraînés par moteur électrique à 3000 V.
 pression refoulement 8 bar
 débit 1350l./min.
2 ventilateurs pour refroidissement des moteurs de traction, type hélicoïde-Rateau, entraînés par moteur électrique à 3000 Volts.
 Débit 90 m³/min.
1 génératrice de charge batterie
 A.C.E.C., type CV 266, tension 72V, courant 38A.
1 batterie d'accumulateurs : Cadmium-Nickel
 54 éléments 80 Ah.
 Les batteries CdNi seront progressivement remplacées par des batt. au Pb - 6x12V/100Ah

Cours 1270
 Leçon 16.

*Locomotive électrique
Electrische locomotief
Type 122.*



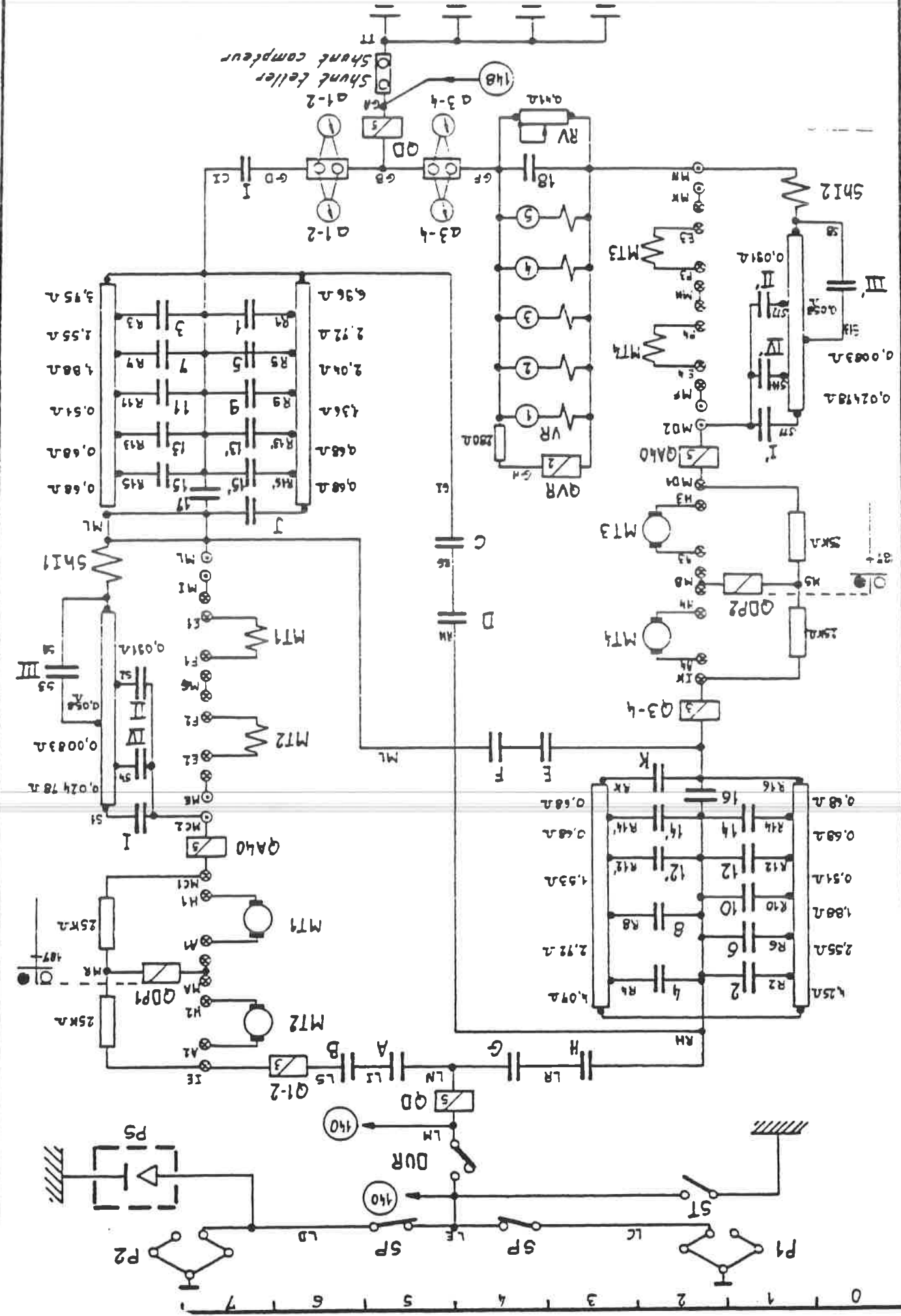
Coars 1270

LOCOMOTIVE ELECTRIQUE

ELEKTRISCHE LOCOMOTIEF type 122.

1. Régulateur de tension.	1. Spanningsregelaar.
2. Moteurs J.H.	2. J.H. Motoren.
3. Réservoir principal.	3. Hoofdeservoir.
4. Déaiguilleur.	4. Olieafscheider.
5. Bloc des J.H.	5. J.H. blok.
6. Bloc des shunts inductifs.	6. Inductieve shunten.
7. Bloc D.U.R.	7. D.U.R.
8. Perche de mise à la terre.	8. Aardingsstok.
9. 1/2 Batterie d'accumulateurs.	9. 1/2 Accumulatorenbatterij.
10. Résistances de démarrage des groupes auxiliaires.	10. Aansetweerstanden van de hulpgroepen.
11. Signalisation du J.H.	11. Signalisatie van de J.H.
12. Table de bord.	12. Stuurtafel.
13. Manomètres et Téléc (Indicateur).	13. Manometers en Teloc (Aanwijzend).
14. Robinets du frein.	14. Remkranen.
15. Radiateur.	15. Raditor.
16. Anémostat.	16. Anemostaat.
17. Génératrice.	17. Dynamo.
18. Signaux abaissement pantographes.	18. Neerlatingsseinen stroomafnemers.
19. Commande manuelle de secours.	19. Hulp-handbediening.
20. Côté appareillage.	20. Kant toestellen.
21. Côté résistances.	21. Kant weerstanden.
22. Sectionneur de mise à la terre.	22. Seinen voor neerlaten stroomafnemers.
23. Boîte à clefs.	23. Sleuteldoos.
24. Contacteur centrifuge pour autovariable.	24. Centrifugale contactor voor zelfregelaar.
25. Robinet de verrouillage des pantographes.	25. Grendelingskraan van stroomafnemers.
27. Armoire vestiaire.	27. Kleerkast.
28. Armoire pneumatique.	28. Pneumatische kast.
29. Tableau d'asservissement.	29. Bedieningsbord.
30. Brosse Téléc.	30. Teloc borstel.
31. Téléc (Baregistréur).	31. Teloc (Registreurend).
32. Moteur ventilateur.	32. Motor-ventilator groep.
33. Distributeur Oerlikon et électro-valves.	33. Verdeler Oerlikon en electro-kleppen.
34. Contacteurs chauffage train.	34. Treinverwarmingcontactoren.
35. Emetteur Téléc.	35. Generator voor Teloc.
36. Robinet d'isolement.	36. Afzonderingskraan.
37. Moteur compresseur.	37. Motor-compressor groep.
38. Armoire à outillage.	38. Gereedschapskast.
39. Tableau de batterie et régulateur de pression.	39. Batterijbord en drukregelaar.
40. Régulateur de tension.	40. Spanningsregelaar.
41. Mémor	41. Memor

BRC1 - 2 - 3 - BRC4

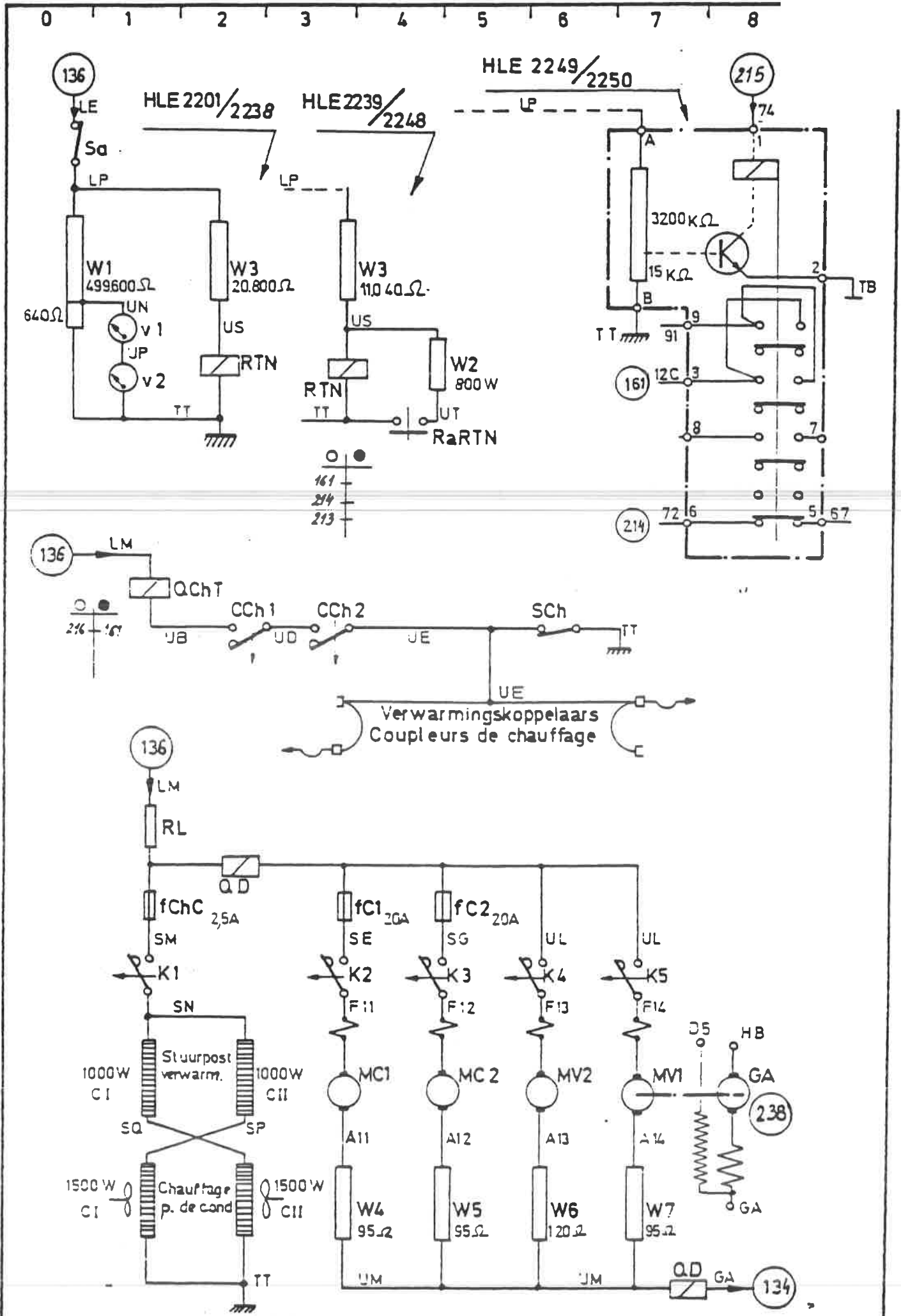


Shunt compendium

Shunt teller

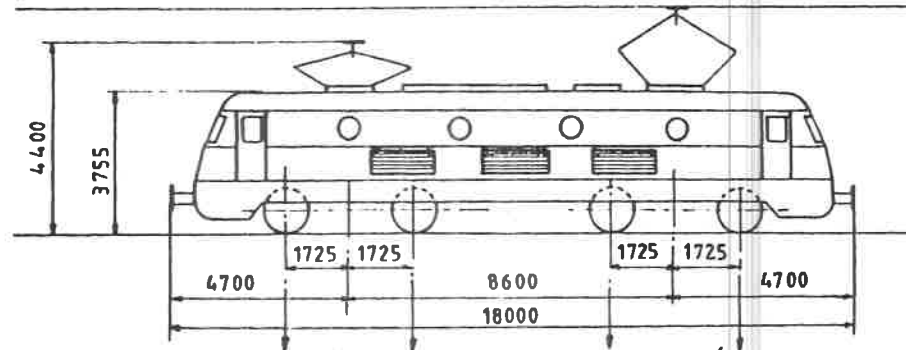
FIG. 16.07.

Fig. 16.08.



Locomotive série 23

150.00.04/10



Masse sous charge 4x 23,325 tonnes

* Les batteries CdNi seront progressivement remplacées par des batt. au Pb - 6x12 V/100 Ah

GENERALITES

<u>Effectif</u>		32
<u>Type</u>		DoBo
<u>Masse totale</u>	tonnes	93,3
<u>Numerotation</u>		2301
		à 2383
<u>Puissance unihoraire</u>	kW	1880
<u>Vitesse max.</u>	km/h	130
<u>Masse max. par essieu</u>	tonnes	23,325
<u>Effort max. au démarrage</u>	kN	196
<u>Rayon min. de courbe</u>	m	125
		après
démontage de l'accouplement des bogies	m	73
<u>Diamètre des roues</u>	mm	1262

PARTIE MECANIQUE

Constructeur : Ateliers métallurgiques de Nivelles
Date de construction : 1955
Freinage :
à frein automatique Oerlikon combiné avec un frein direct Oerlikon, freinage électrique par récupération (avec neutralisation du frein automatique)
Bogie : S.L.M. Winterthur avec accouplement entre bogie
Chauffage : des cabines de conduite par radiateurs et batteries de chauffe électriques à air pulsé.

PARTIE ELECTRIQUE

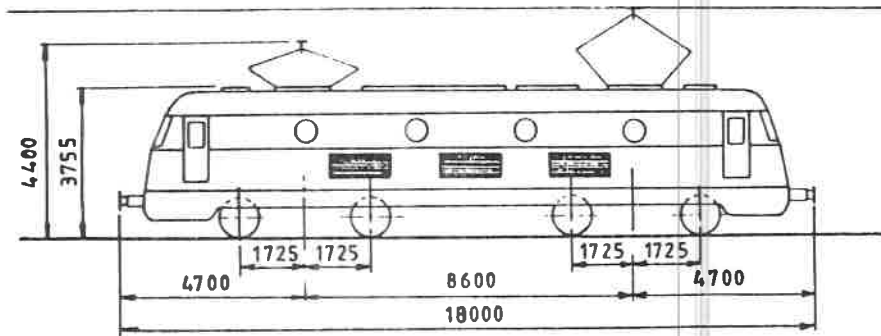
Equipement de traction
Constructeurs : Ateliers de Construction Electrique de Charleroi-Société d'Electricité et de mécanique à Gand.
Type de commande : arbres à cames commandés par servo-moteurs électriques B.T. (JH)
Moteurs de traction
Nombre 4
Puissance unihoraire : 470 kW
continue : 435 kW
Ventilation forcée
Paliers d'essieux : avec coussinets lisses et tampon graisseur
Transmission : par engrenages élastiques unilatérale
Rapport d'engrenages : 3/107 (87/28)
Suspension : par le nez
Equipée pour double traction avec HILE 26 et 26²⁺³

Appareillage auxiliaire

1 Groupe de récupération
a) moteur puissance continue : 34,5 kW (absorbé) tension nominale : 3200V excitation : série-shunt
b) excitatrice puissance continue : 17,4 kW tension 71V. excitation : série indépendante et anticompound
c) transformateur antimituel : rapport de transformation : 1/10
4 contacteurs de ligne électropneumatiques individuels
2 Compresseurs
Westingh. 202 V.B.Z. à 2 étages et 4 cylindres en V entraînés par mot. élect. 3000 V pression refoulement : 8 bar. débit : 1330 l/min.
2 ventilateurs pour refroidissement des moteurs de traction, type hélicoïde-Rateau, entraînés par moteur électrique 3000 V débit : 90 m³/min.
1 génératrice de charge batterie
A.C.E.C. type CV 266 tension : 72 V courant : 38 A
1 batterie d'accumulateurs : Cadmium-Nickel 34 éléments 80 Ah *

Locomotive série 25

150.00.04/11



Masse sous charge : 4 x 20,960 tonnes

GENERALITES

<u>Effectif</u>		14
<u>Type</u>		BoBo
<u>Masse totale</u>	tonnes	83,850
<u>Numérotation</u>	n° 2501 à 2514	
<u>Puissance unihoraire</u>	kW	1880
<u>Vitesse max.</u>	km/h	130/100
<u>Masse max. par essieu</u>	tonnes	20,960
<u>Effort max. au démarrage</u>	kN	196
<u>Rayon min. de courbe</u>	m	125
<u>Rayon min. de courbe après démontage de l'accouplement des bogies</u>	m	75
<u>Diamètre des roues</u>	mm	1262

PARTIE MECANIQUE

Constructeur : B.N. à Nivelles
Année de construction : 1960-61
Freinage :
 Frein automatique Oerlikon combiné avec un frein direct Oerlikon
Bogies
 SLAT Winterthur avec accouplement entre bogies
Chauffage des cabines de conduite par radiateur et batterie de chauffe électriques à air pulsé.

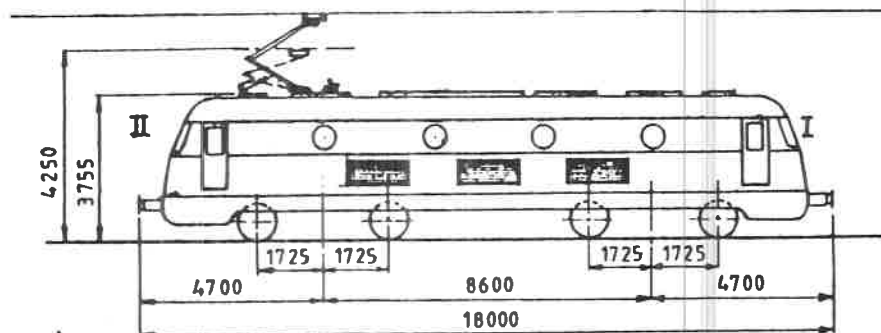
PARTIE ELECTRIQUE

Equipement de traction
Constructeur :
 A.C.E.C. Charleroi
 S.E.M. Gand
Type de commande
 Arbres à cames commandé par servo-moteurs électriques B.T. (J.H.)
Moteurs de traction
 Nombre 4
 Puissance unihoraire : 470 kW
 Puissance continue : 435 kW
 Ventilation forcée
 Les paliers d'essieux sont à coussinets lisses et tampons graisseurs
Transmission :
 Par engrenages élastiques unilatérale rapport de réduction 3,107
Suspension par le nez
 Equipée pour traction avec rame réversible (14V M2)

Appareillage auxiliaire
 2 compresseurs Westinghouse 242 VBZ à 2 étages, 4 cylindres en V, commandés par moteurs électriques 3000 V.
 Pression de refoulement 8 bar
 Débit 1350l/min.
 2 ventilateurs pour refroidissement des moteurs de traction, type hélicoïde-Rateau entraînés par moteur électrique 3000 V
 Débit 90 m³/min.
 1 génératrice de charge batterie
 A.C.E.C. type C.V. 266, tension 72 V courant 3SA.
 1 batterie d'accumulateurs :
 Cadmium-Nickel Tudor
 54 éléments 80 Ah
 Les batteries CdNi sont remplacées par des batt. au Pb - 6 x 12V/100 Ah

Locomotive série 25.5 (pour 1,5/3 KV)

150.00.04/12



GENERALITES

<u>Effectif</u>		8
<u>Type</u>		NoBo
<u>Masse totale</u>	tonnes	35
<u>Numerotation</u>		2551
		à
		2553
<u>Puissance unihoraire</u>	kW	1880
<u>Vitesse max.</u>	km/h	130/109
<u>Masse max. par essieu</u>	tonnes	21,250
<u>Effort max. au démarrage</u>	kN	196
<u>Rayon min. de courbe</u>	m	125
<u>Rayon min. de courbe après démontage de l'accouplement des bogies</u>	m	75
<u>Diamètre des roues</u>	mm	1262
<u>Gabarit - UIC 503 avec interférence</u>		

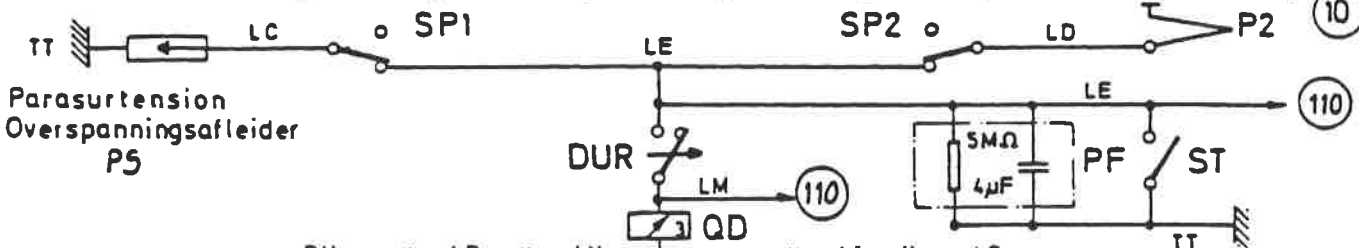
PARTIE MECANIQUE

Constructeur : R.N. à Nivelles
Année de construction : 1960-61
Année de modification : 1973
Freinage :
 Frein automatique Oerlikon combiné avec un frein direct Oerlikon
Bogies
 SLM Winterthur avec accouplement entre bogies
Chauffage des cabines de conduite par radiateur et batterie de chauffe électriques à air pulsé.
Poids frein - R-100T
 G-78T
 P-79T

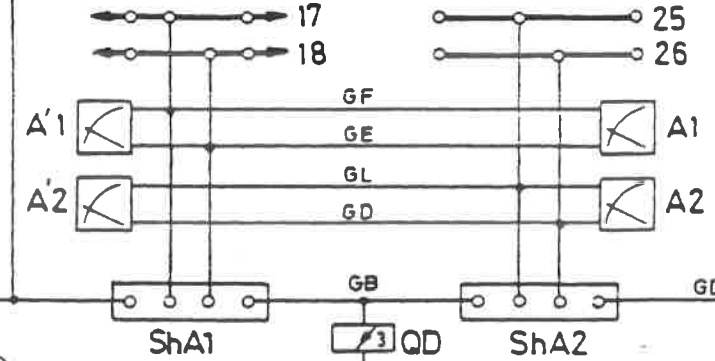
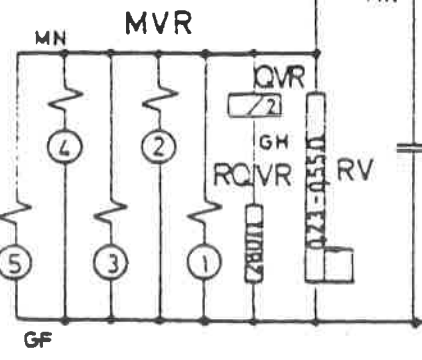
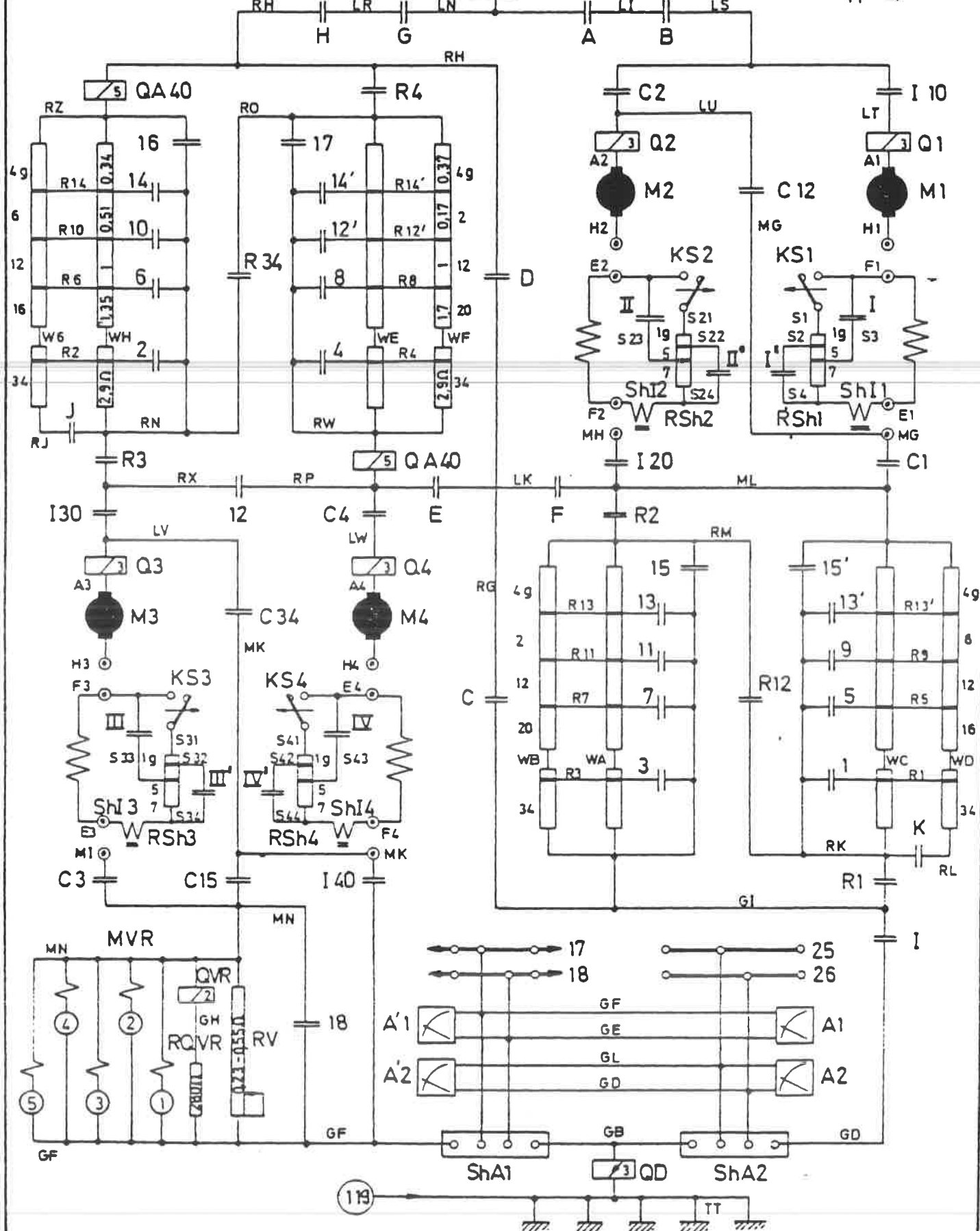
PARTIE ELECTRIQUE

Equipelement de traction
Constructeur :
 A.C.E.C. Charleroi
 S.E.M. Gand
Type de commande
 Arbres à cames commandés par servo-moteurs électriques B.T. (J.I.)
Moteurs de traction
 Nombre 4
 Puissance unihoraire : 470 kW
 Puissance continue : 435 kW
 Ventilation forcée
 Les paliers d'essieux sont à coussinets lisses et tampons graisseurs
 suspension par le nez
Transmission :
 Par engrenages élastiques, unilatérale
 Rapport de réduction 3,107
 Equipée pour traction avec râme réversible (H.V. NS)

Appareillage auxiliaire
 1 compresseur Westinghouse 242 VBZ à 2 étages, 4 cylindres en V, commandés par moteurs électriques 1,5/3kV.
 Pression de refoulement 8 bar
 Débit 1350 l/min.
 2 ventilateurs pour refroidissement des moteurs de traction, type hélicoïde-Rateau entraînés par moteur électrique 1,5/3kV
 Débit 90m³/min.
 1 génératrice de charge batterie
 A.C.E.C. type C.V. 266, tension 72 V courant 38A.
 1 batterie d'accumulateurs :
 Cadmium-Nickel Tudor
 54 éléments 80 Ah

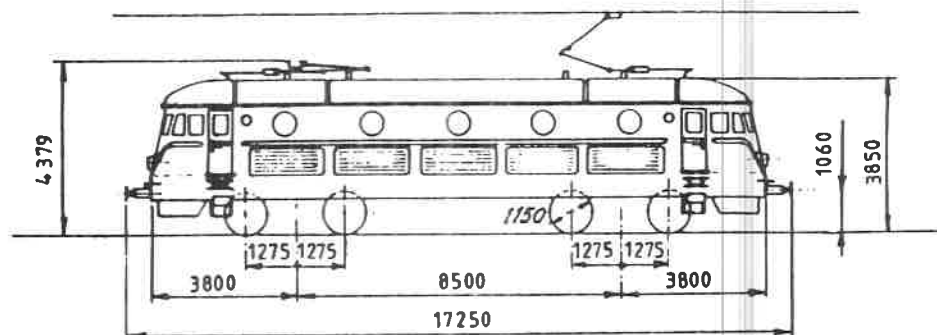


Parasurtension
 Overspanningsafleder
 P5



Locomotive série 26 1^{ère} série

150.00.04/13



GENERALITES

<u>Effectif</u>		5
<u>Type</u>		RB
<u>Masse totale (après lestage)</u>	tonnes	32,4
<u>Numerotation :</u>		2601 à 2605
<u>Puissance unihoraire</u>	kW	2355
<u>Vitesse max.</u>	km/h	130/100
<u>Masse moyen par essieu</u>	tonnes	20,6
<u>Effort moyen au démarrage</u>	kW	235
<u>Rayon min. de courbe</u>	m	125
<u>Diamètre des roues</u>	mm	1150

PARTIE MECANIQUE

Constructeur : SA La Brugeoise et Nivelles à Nivelles
Année de construction : 1964
Freinage : Frein automatique de service et frein direct de manoeuvre, frein de secours agissant sur la cond. autom. Le frein automat. comprend le régime "voyageurs" régime "marchandises" et le régime haute puissance *, à 2 étages de pression.
 Le robinet de mécanicien du frein autom. est du type Oerlikon FV4.
 La loc. est pourvue d'un frein d'anti-patinage
 Deux compresseurs du type Westingh 242,VBZ à fonction. autom. alimentent 2 réservoirs d'une capacité totale de 1000 l. Un frein à vis placé dans chaque cabine et agissant chacun sur un bogie.
Bogie
 La locomotive est équipée de bogies du type monomoteur, SFAC.
Chauffage des cabines par radiateurs et batteries de chauffe électriques à air pulsé.

* Le régime haute puissance, n'est mis en action que lors de freinage d'urgence.

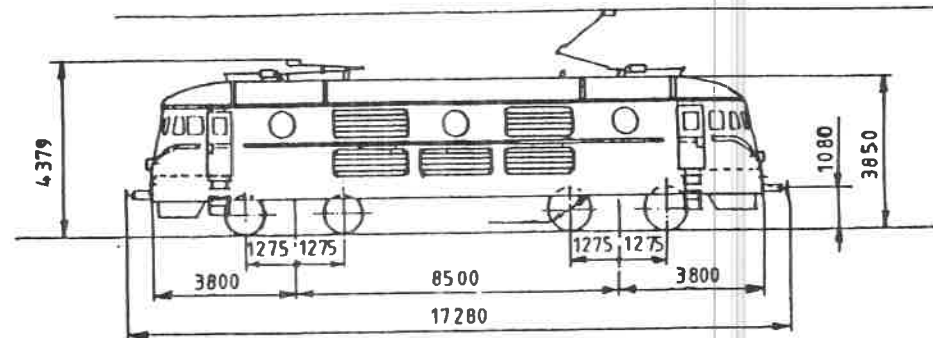
PARTIE ELECTRIQUE

Equipement de traction
Constructeur : A.C.E.C. Charleroi
Type de commande : arbres à cames commandés par servo-moteur électrique B.T. (J.H.)
Moteurs de traction : entièrement suspendus et à ventilation forcée
Nombre : 2 (à 2 induits)
Puissance unihoraire : 1175 kW
Puissance continue : 1180 kW
Paliers d'essieu : à rouleaux
Transmission : par 2 étages d'engrenages et accouplement élastique sur arbre creux.
Rapport d'engrenages : 3,4
 Equipée pour double traction avec HLE 23 et 26²⁺³

Appareillage auxiliaire
2 compresseurs : Westinghouse type 242 VBZ à 2 étages et 4 cylindres en V, entraîné par un moteur de 3000 V.
2 ventilateurs à 2 roues pour le refroidissement des moteurs de traction, type hélicoïde "Rateau" entraînés chacun par un moteur de 3000V.
 Débit : 125 m³/min. par roue
1 génératrice de charge batterie A.C.E.C. type CV 226 shunt tension 72 V courant 38 A.
1 batterie d'accumulateurs
 SAFT - 12Y56 - 54 éléments - 80 Ah

Locomotive série 26 2^e et 3^e série

150.00.04/14



GENERALITES

<u>Effectif</u>		15+15
<u>Type</u>		BB
<u>Masse totale (après lestage)</u>	tonnes	82,4
<u>Nomenclature</u>		2 ^e série 2606 à 2620
		3 ^e série 2621 à 2635
<u>Puissance unihoraire</u>	kW	2590
<u>Vitesse max.</u>	km/h	130/100
<u>Masse moyen par essieu</u>	tonnes	20,6
<u>Effort moyen au démarrage</u>	kN	235
<u>Rayon min. de courbe</u>	m	125
<u>Diamètre des roues</u>	mm	1150

PARTIE MECANIQUE

Constructeur : S.A. La Brugeoise et Nivelles à Nivelles
Année de construction : 1969 1971
Freinage
 Frein automatique de service et frein direct de manœuvre. Frein de secours agissant sur la cond. autom. Le frein automat. comprend le régime "Voyageurs" régime "marchandises" et le régime haute puissance à 2 étages de pression. Le robinet de mécanique du frein autom. est du type Oerlikon FV4.
 La loc. est pourvue d'un frein d'anti-patinage. Deux compresseurs du type Westinghouse 242 VBZ à fonction. autom. alimentent 2 réservoirs d'une capacité totale de 1000 L. Un frein à vis place dans chaque cabine et agissant chacun sur un bogie.
Bogie : La locomotive est équipée de bogies du type monomoteur, SFAC.
Chauffage des cabines par radiateurs et batteries de chauffe électriques à air pulsé.

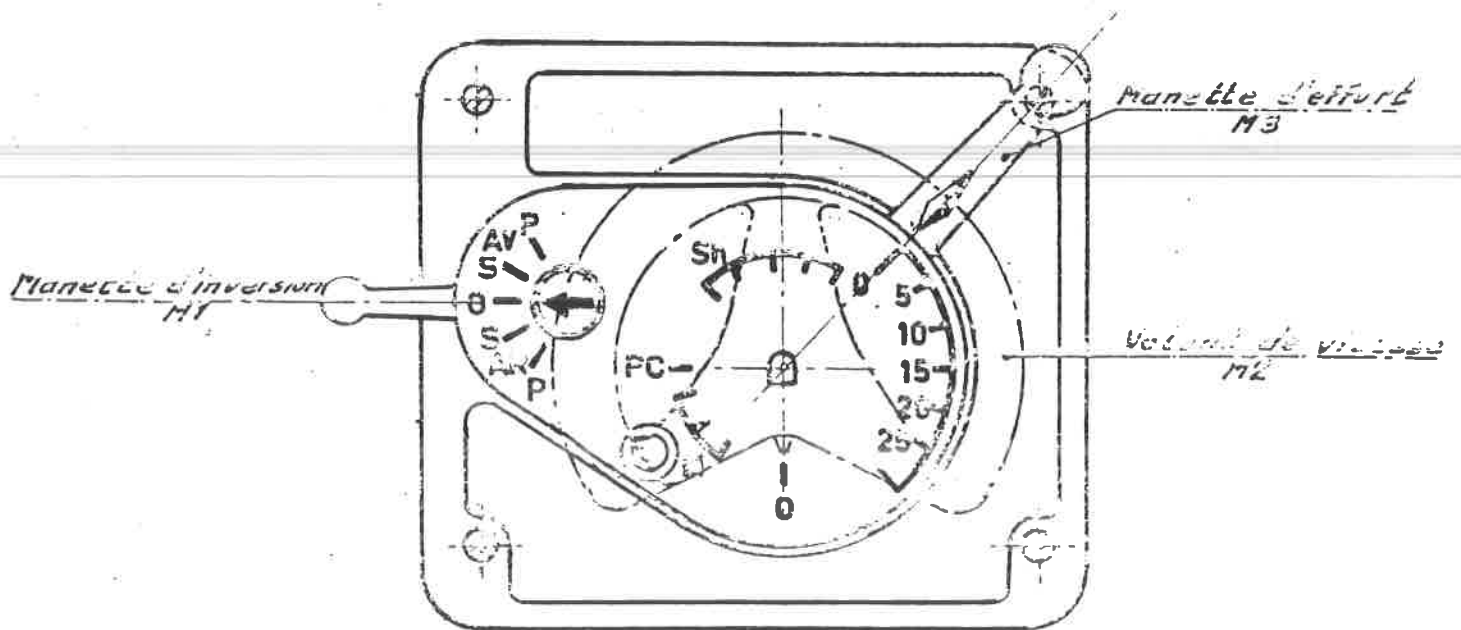
- Le régime "haute puissance" n'est mis en action que lors de freinages d'urgence et avec application totale des semelles en fonte.

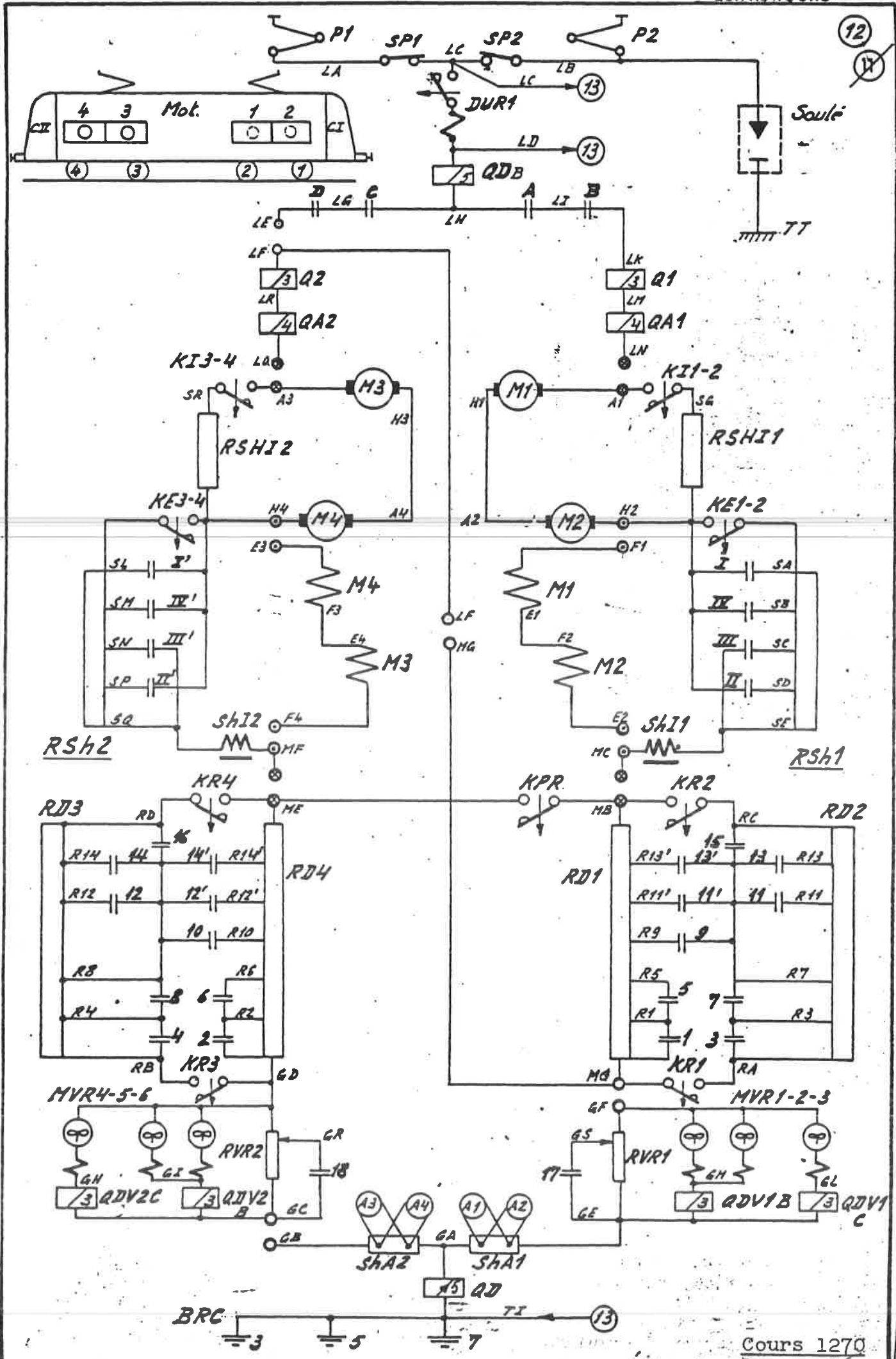
PARTIE ELECTRIQUE

Equipement de traction
Constructeur : A.C.E.C. Charleroi
Type de commande arbre à cames commandes par servo-moteur électrique B.T. (J.H.)
Moteurs de traction : entièrement suspendus et à ventilation forcée
Nombre : 2 (à 2 induits)
Puissance unihoraire : 1295 kW
Puissance continue : 1235 kW
Palier d'essieu : à rouleaux
Transmission : par 2 étages d'engrenages et accouplement élastique sur arbre creux
Rapport d'engrenages : 3,4
 Equipée pour double traction avec HLE 23 et 26

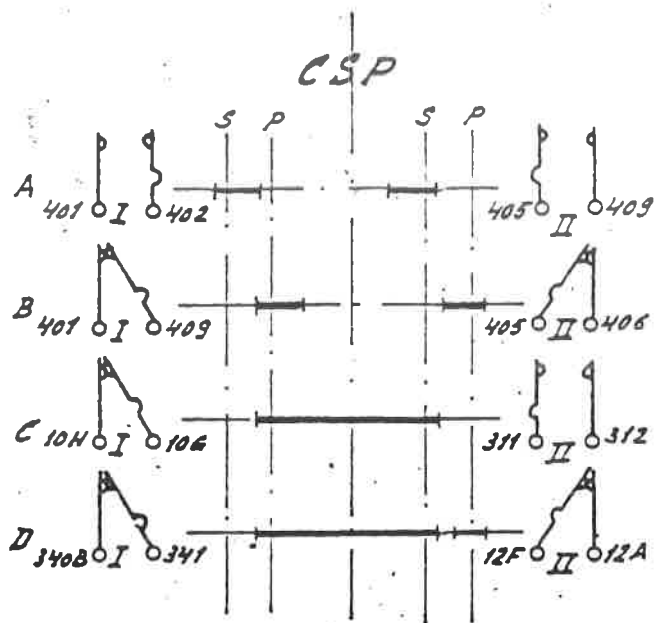
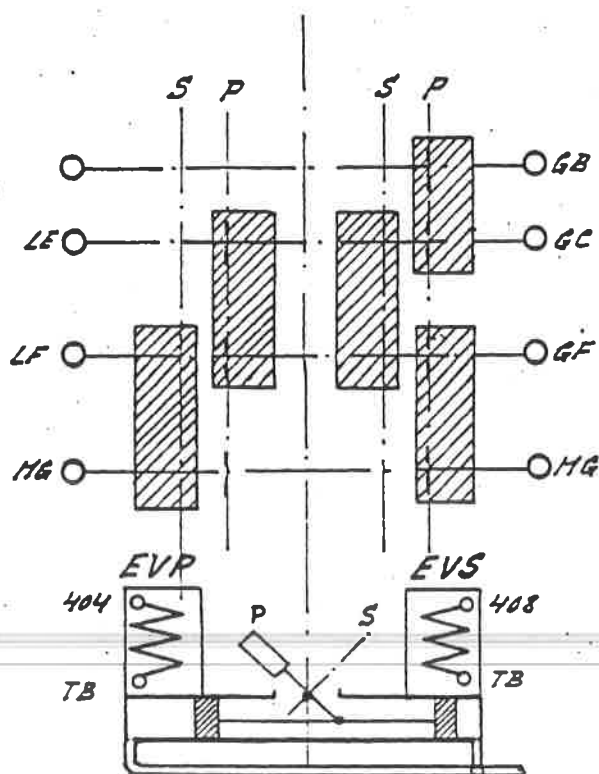
Appareillage auxiliaire
 2 compresseurs Westinghouse type 242 VBZ à 2 étages et 4 cylindres en V, entraîné par un moteur de 3000 V
 2 ventilateurs à 2 roues pour le refroidissement des moteurs de traction type hélicoïde "Rateau" entraînés chacun par un moteur de 3000 V. Débit 125 m³/min. par roue
 1 alternateur de charge batterie A.C.E.C. type H05019 Homopolaire + régulateur 35V - 35A
 1 batterie d'accumulateurs Cadmium - Nickel - 54 éléments - 80 Ah

Fig. 16.16.

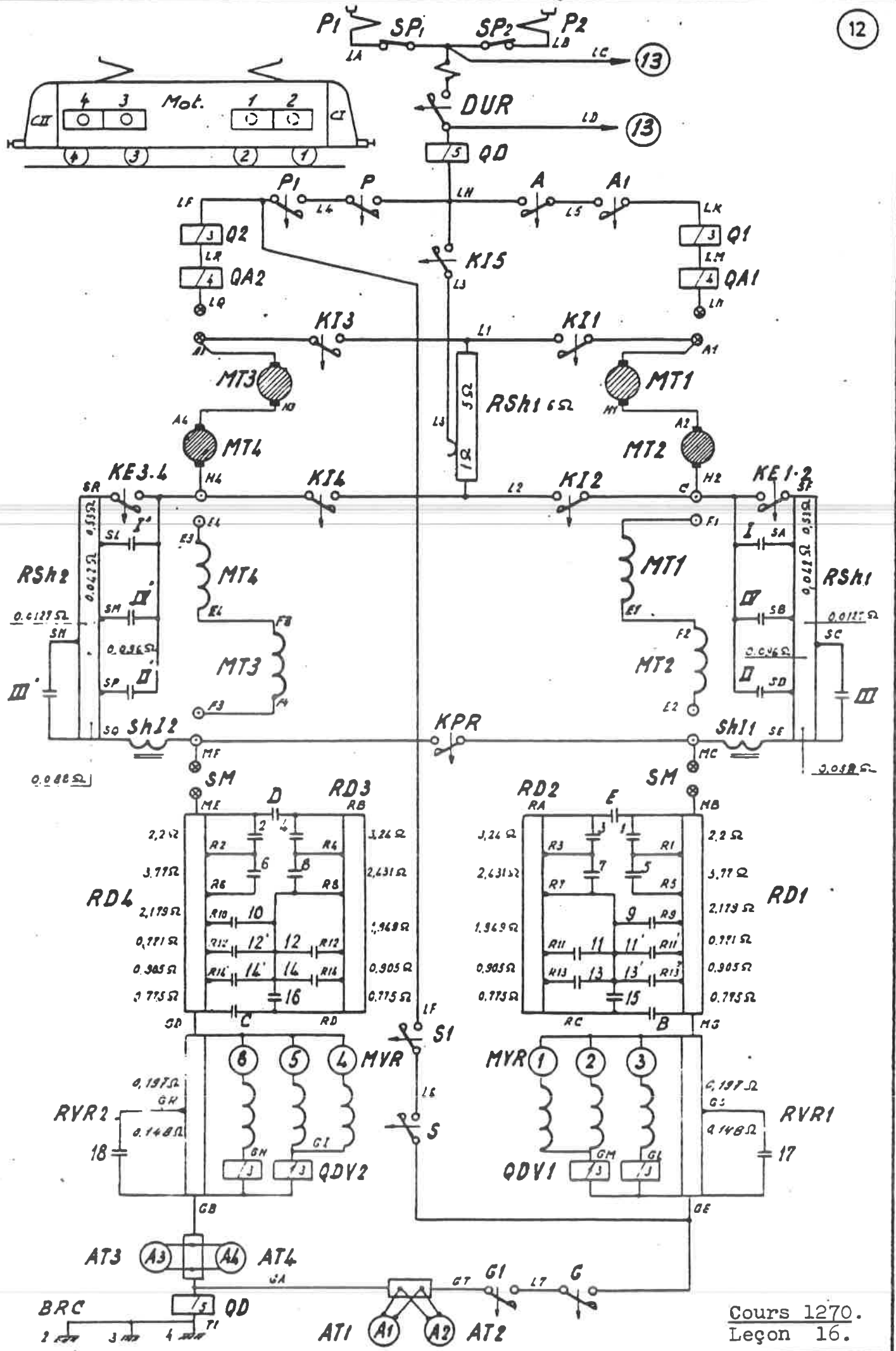




Commutateur : serie-parallele
 omschakelaar

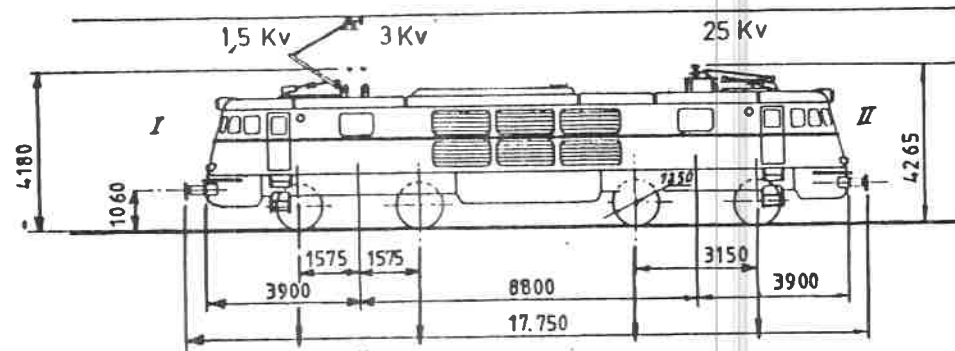


Borne- Klem	
○	Commutateur serie-parallele: Omschakelaar
⊙	Inverseur Ritwisselaar
⊗	Sectionneurs d'elimination Afzonderingschakelaar



Locomotive série 15 (tritension)

150.00.04/4



Masse : 19,5 tonnes par essieu

GENERALITES

<u>Effectif</u>		5
<u>Type</u>		BoBo
<u>Masse totale</u>	tonnes	77,7
<u>Numerotation</u>		
redresseur Siemens 1501 à 1503		
"Schneider-Westing 1504 et 1505		
<u>Puissance unihoraire</u>	kW	2780
<u>Tensions de service</u>		
25 KV 50 Hz		
3 KV c.c.		
1,5 KV c.c.		
<u>Vitesse maximum</u>	Km/h	160
<u>Masse max. par essieu</u>	tonnes	19,5
<u>Effort max. au démarrage</u>	kN	170
<u>Rayon min. de courbe</u>	m	125
<u>Rayon min. de courbe après démontage de certains organes</u>	m	75
<u>Diamètre des roues</u>	mm	1250

PARTIE MECANIQUE

Constructeur : S.A. La Brugeoise et Nivelles à Nivelles
Année de construction : 1962
Freinage : Frein automatique de service et frein direct de manoeuvre. Frein de secours agissant sur la conduite autom. Le frein autom. comprend le régime "voyageurs" et le régime "Haute puissance" * qui est à 2 étages de pression. Le robinet de mécanicien du frein autom. est du type Oerlikon FV4.
 La locomotive est pourvue d'un frein d'anti-patinage. Un compresseur du type Westinghouse 242VBZ à fonction. autom. alimente 3 réservoirs d'une capacité totale de 1000 l.
 Un frein à vis placé dans chaque poste de conduite et agissant chacun sur un bogie.
Bogie
 La locomotive est équipée de bogies BN
Chauffage des cabines de conduite par radiateurs et batteries de chauffe électriques à air pulsé

* Le régime "Haute puissance" n'est mis en action que lors de freinages d'urgence.

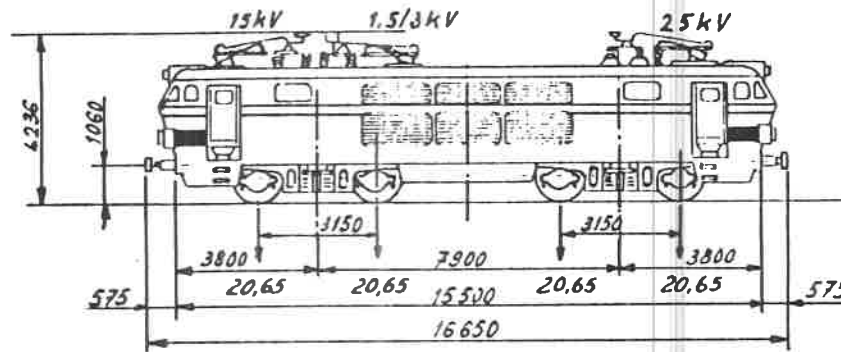
PARTIE ELECTRIQUE

Equipement de traction
Constructeur : A.C.E.C. Charleroi
Type de Cde : arbres à cames commandés par servo-moteurs électriques BT (JH)
Moteurs de traction - Ventilation forcée
 Nombre 4
 Puissance unihoraire 695 kW
 Puissance continue 655 kW
Paliers d'essieux à coussinets lisses
Transmission élastique Alsthom à anneaux mobiles
Suspension élastique en 3 points
Rapport d'engrenages : 3,08 (77/25)
Transformateur : cuirassé imbriqué Shell
 Puissance 3 782 kVA
 Tension secondaire à vide : traction 1826Vx2
 chauffage 1484V
 auxiliaires 400V
Redresseur SI
 Siemens Schneider-Westing
Type cellules
 Nbre par branche
 série 6 8
 parallèle 6 3
 Nbre total par loco 288 192

Appareillage auxiliaire
1 compresseur : Westinghouse type 242VBZ à 2 étages et 4 cylindres en V, entraîné par 1 moteur double de 1500V de tension d'induit
2 ventilateurs à 2 roues pour le refroidissement des moteurs de traction, type hélicoïde Rateau, entraînés chacun par un moteur 1500V
 Débit 125 m³/min. par roue
1 génératrice de charge batterie
 A.C.E.C. type 226A/B3 shunt, tension 72V courant 35A
1 génératrice d'alimentation du moteur ventilateur de self de lissage A.C.E.C. type 223A/B3 série-tension 60/90V
 COURANT 25/35A
1 batterie d'accumulateurs
 SAFT - 12Y56 - 54 éléments - 80Ah

Locomotive série 16 (quadricourant)

150.00.04/5



GENERALITES

Effectif	8
Type	BoBo
Masse totale	tonnes 32,6
Numerotation	
redresseur Siemens n° 1601 à 1604	
" ACEC n° 1605 à 1608	
Puissance unihoraire :	kW 2730
Tensions de service :	
25KV 50Hz	
15KV 16 2/3Hz	
3KV cc	
1,5KV cc	
Vitesse maximum :	km/h 160
Masse max. par essieu :	tonnes 20,65
Effort max. au démarrage :	kN 196
Rayon min. de courbe :	m 100
Rayon min. de courbe après démontage de certains organes :	m 70
Diamètre des roues :	mm 1250

PARTIE MECANIQUE

Constructeur : S.A. La Brugeoise et Nivelles, Nivelles

Année de construction : 1966

Freinage : Frein automatique de service et frein direct de manoeuvre.

Frein de secours agissant sur la cond. autom.

Le frein autom. comprend le régime "Voyageurs" et le régime "Haute puissance" qui est à 2 étages de pression.

Le robinet de mécanicien du frein autom. est du type Oerlikon FV4. La locomotive est pourvue d'un frein d'anti-patinage.

Un compresseur du type Westinghouse 242VBZ à fonctionnement autom. alimente 2 réservoirs d'une capacité totale de 1000 l.

Un frein à vis placé dans chaque cabine de conduite et agissant chacun sur un bogie.

Bogie :

La locomotive est équipée de bogies BN

Chauffage : Chauffage des cabines de conduite par radiateurs dorsaux et radiateurs électriques sous planchers à air pulsé.

PARTIE ELECTRIQUE

Equipement de traction

Constructeur : A.C.E.C. Charleroi

Type de Cde : Arbres à cames commandés par servo-moteurs électriques BT(JH)

Moteurs de traction - Nombre 4

Puissance unihoraire : 695 kW

Puissance continue : 655 kW

Paliers d'essieux à coussinets lisses

Transmission élastique Alsthom à anneaux mobiles

Suspension élastique en 3 points

Rapport d'engrenages : 3,3 (76/23)

Transformateur : cuirassé imbriqué Shell

Puissance 3310KVA (chauff. train non compris)

Tension secondaire à vide 1950Vx2

chauffage à vide (1461V pr 25KV prim. (1000V pr 15KV prim.

Redresseurs

	Siemens	A.C.E.C.
Type cellules		
Nombre par branche		
série	6	7
parallèle	6	6
Nbre total		
par loco	238	336

Appareillage auxiliaire

1 compresseur : Westinghouse type 242VBZ à 2 étages et 4 cylindres en V, entraîné par 1 moteur double de 1500 V de tension d'induit.

2 ventilateurs : 2 roues, 1 pour les moteurs de traction (VTM260) débit 4,18m³/sec. et 1 pour self de lissage et armoire à redresseurs (VTM245) débit 2m³/sec, 25kW 1500V, 2300tr/min. (par moteur double).

1 alternateur de charge batterie AVGT32M, 3,6 kW triphasé, 70V57A60Hz

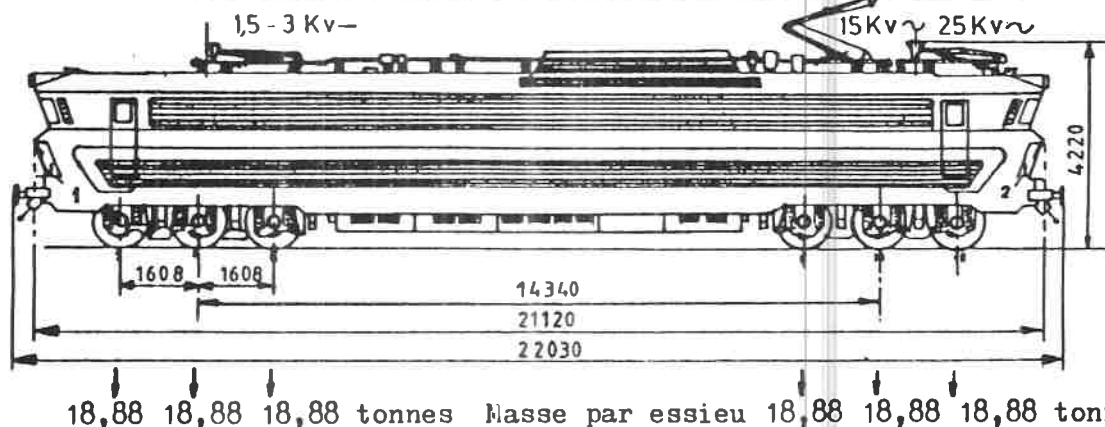
1 alternateur d'alimentation du moteur de pompe à huile : AV6, 132M, 1,35KW triphasé 15V 15,3A 60Hz

1 batterie d'accumulateurs Tudor Cd-Ni 54 éléments 80Ah

Type 6PS11M

Locomotive série 18 (quadritension)

150.00.04/6



18,88 18,88 18,88 tonnes Masse par essieu 18,88 18,88 18,88 tonnes Masse par essieu

GENERALITES

<u>Effectif</u>		6
<u>Type</u>		CC
<u>Masse totale</u>	tonnes	113
<u>Numerotation</u>		1301
<u>Puissance unihor. :</u>	kW	4450
<u>Tensions de service</u>		1806
25kV 50Hz		4450
15kV 16 2/3Hz		
3kV "		
1,5kV "		
<u>Vitesse max. :</u>	km/h	180
<u>Masse max. par essieu :</u>	tonnes	18,8
<u>Effort max. au demarr. :</u>	kN	167
<u>Rayon min. de courbe :</u>	m	190
<u>Diametre des roues</u>	mm	1100

PARTIE MECANIQUE

Constructeur :
Caisse : SA La Brugeoise et Nivelles à Nivelles
Bogie : ALSTHOM
Annee de construct. : 1973
Freinage : frein automat. de service et frein direct de manoeuvre. Frein de secours agissant sur la cond. autom. Frein électropneumat. commandé par appar. Oerlikon EPA 700. Le robinet de mécanicien du frein aut. est du type Oerlikon EV4a. Un compress. du type Westinghouse 243VC à fonctionnem. automat. alimente 2 réservoirs d'une capacité tot. de 500 l. Un frein à vis placé dans cab. de conduite 1 agissant sur essieu 1.
Bogie : la locomotive est équipée de bogies ALSTHOM monomot.
Chauffage des cabines de conduite par des batteries de chauffage à air pulse.

PARTIE ELECTRIQUE

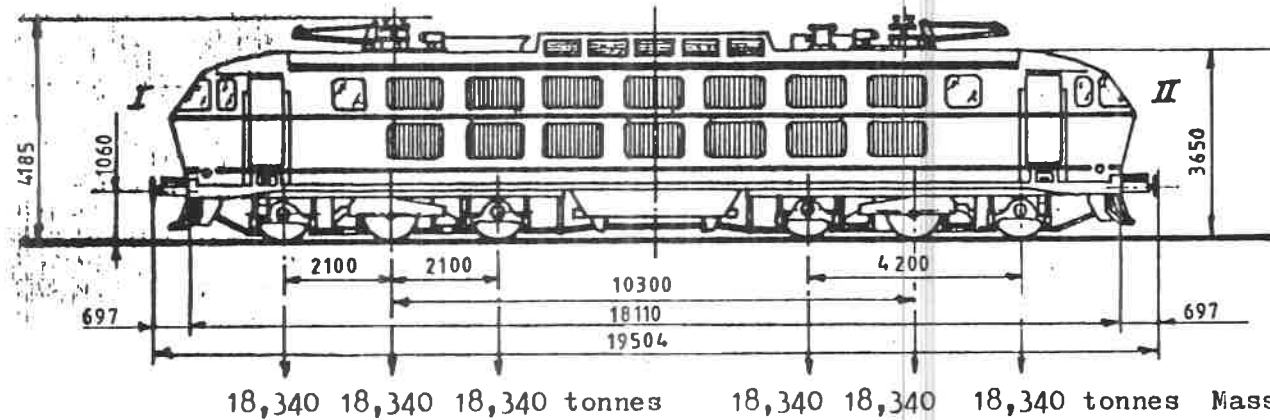
Equipement de traction
Constructeur : ALSTHOM
Type de Cde : arbores à cames commandés par servo-moteurs électr. BT (311)
Moteurs de tract. : 2 mot. doubles
Puissance unihor. : 2225 kW
Puissance continue : 2160 kW
Paliers d'essieu : coussin. lisses
Transmission élastique Alsthom à anneaux mobiles.
Suspension : entièrement suspendu
Rapport d'engrenages : 1,596
Transformateur : immergé dans l'huile
Puissance 5360 kVA (chauff. train non compris)
Tension second. à vide 2100 V
chauffage (1600V pr. 25 kV prim. à vide (960V pr. 15 kV prim.
Redresseurs : 1 pont de Graetz
type cellules
nombre par branche 72
" série 6
" parallèle 12
" tot. par loco 288

Appareillage auxiliaire
1 compresseur Westinghouse 243VC à 2 étages et 4 cylindres en V, entraîné par 1 mot. double de 1500V de tension d'induit.
1 ventilateur par moteur de traction entraîné par moteur 1500V.
5 moteurs à 145V :
2 moteurs pompes à huile
1 groupe ventilat. réfrigér. transfo
1 groupe ventilat. self de lissage
1 groupe ventilat. redresseurs moteurs

1 batterie d'accumulateurs Cd-Ni/48 éléments/72V

Locomotive série 20

150.00.04/7



GENERALITES

Effectif :	25
Type :	Co' Co'
Masse totale	110 tonnes
Numerotation :	1 ^è .sér. 2001 à 2015
	2 ^è .sér. 2016 à 2025
Puissance unihoraire :	5150 kW
Tension de service :	CC kV
Vitesse maximum	160/100 km/h
Masse max. par essieu :	18,340 tonnes
Effort max. au démarrage :	314 kN
Rayon min. de courbe :	100 m
Diamètre des roues :	1250 mm
Satisfait au gabarit UIC	

PARTIE MECANIQUE

Constructeur : S.A. La Brugeoise et Nivelles à Nivelles
Année de construction : (1) 1975 (2) 1977

Freinage :
 Frein automatique de service et frein direct de manoeuvre. Frein de secours agissant sur la conduite de frein autom. Frein électrique rhéostatique.
 Le frein automatique comprend le régime "Marchandises-Voyageurs" et le régime "Haute puissance" (à 2 étages de pression).
 Le robinet de mécanicien du frein autom. est du type Oerlikon FV4.
 La locomotive est pourvue d'un frein anti-patinage, un compresseur Wabco type 243 VC alimentant 2 réservoirs d'une capacité totale de 1 000 l.
 Un frein à vis placé dans chaque cabine de conduite et agissant chacun sur les 6 blocs frein d'un bogie.

Bogie
 La locomotive est équipée de bogies RN

Chauffage des cabines de conduite par radiateurs et batterie de chauffe électriques à air pulsé.

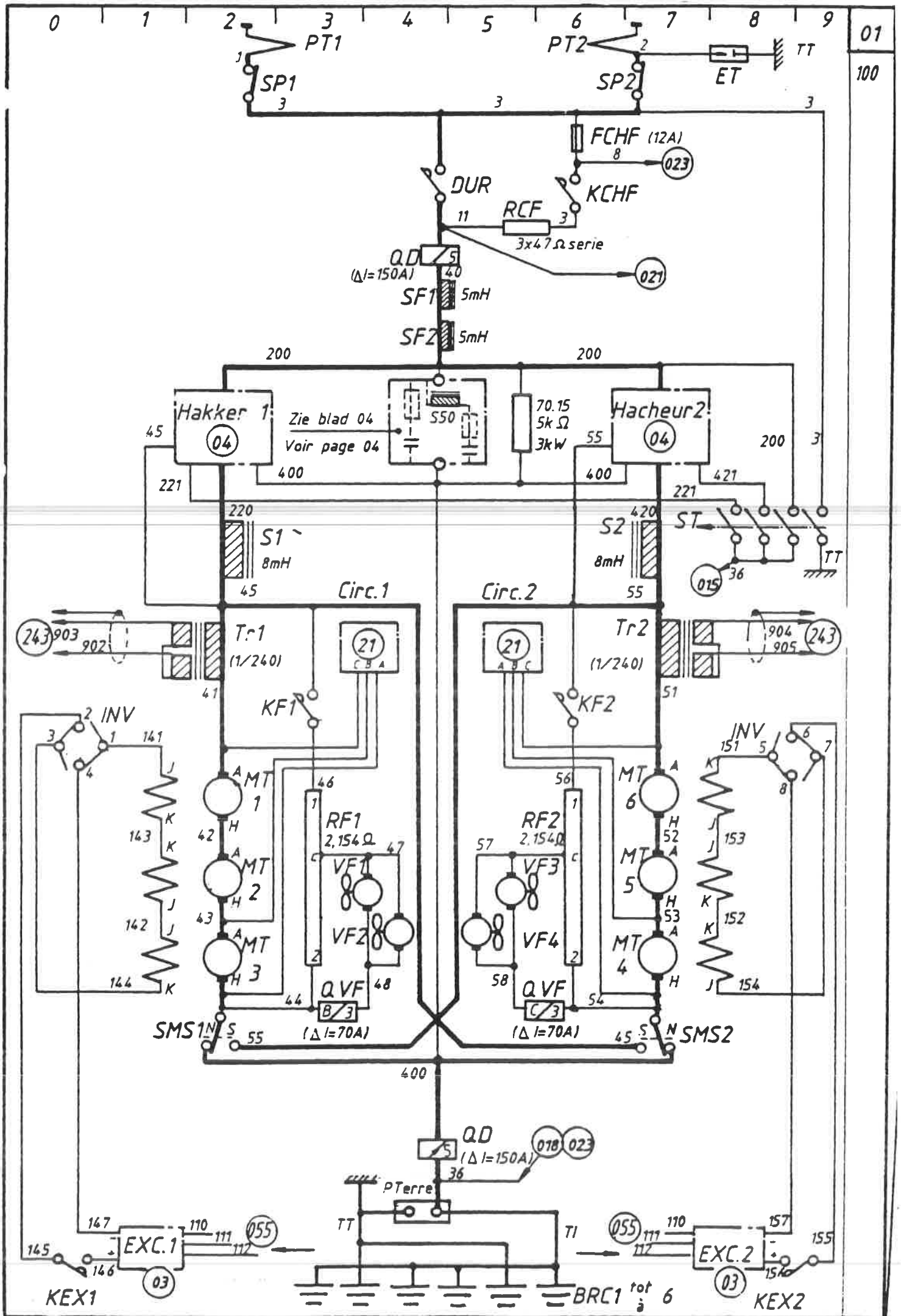
PARTIE ELECTRIQUE

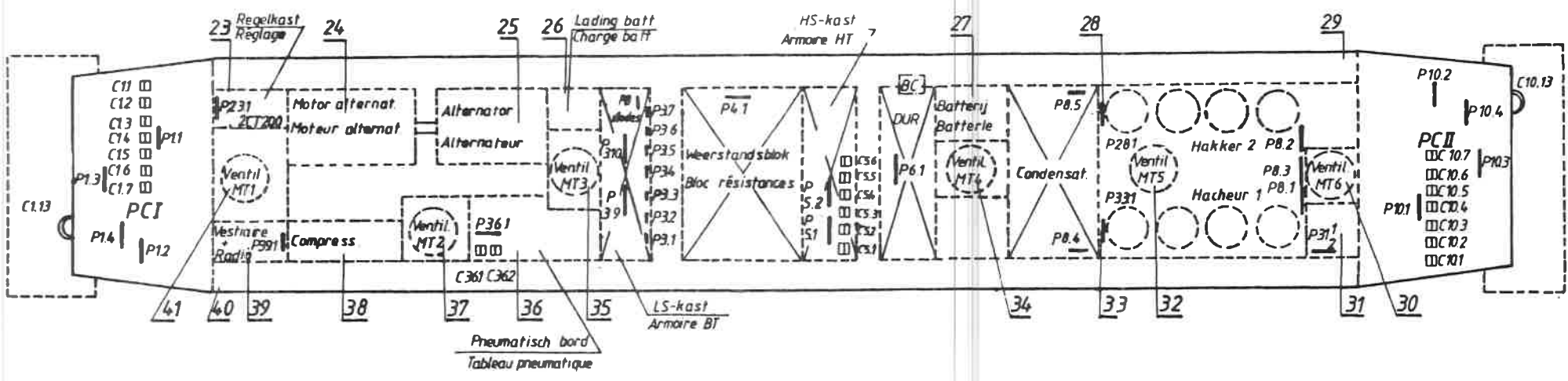
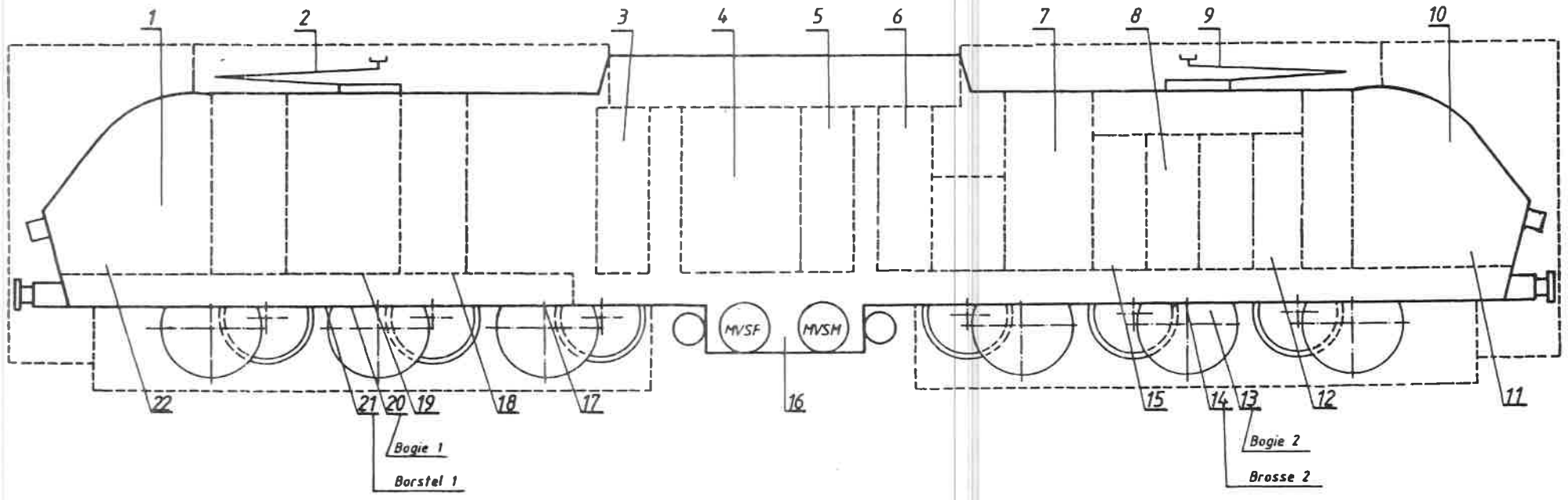
Équipement de traction
Constructeur : A.C.E.C. Charleroi
Type de Cde : équipement de démarrage à thyristors à commande électronique
Moteurs de traction : Type LE772G 950V avec excitation indépendante
 Nombre 6
 Puissance unihoraire : 903 kW
 Puissance continue : 855 kW
Suspension : élastique sur 3 points
Transmission : élastique
 • Transmission G des ACEC
 • Le carter est tenu par roulements à rouleaux
Rapport d'engrenages : 80/25 (3,077)

Équipement de frein électrique
Constructeur : ACEC Charleroi
 Type : rhéostatique, avec réglage électronique de l'excitation indépendante des M. Traction, combiné ou pas avec frein pneumatique
 Rhéostat : puissance max. 3 350 kW
 Ventilation : 4 ventilateurs type VH50 débit 4,5 m³/sec.
 moteur VRI3 courant continu

Appareillage auxiliaire
Groupe moteur-alternateur :
 • Moteur : ACEC type 7CT200 alimenté sur 3kV ou 1,5 kV
 • Alternateur : Van Kaick, type DIB 80 fournit 380V/60Hz ; 300 kVA
Sont raccordés sur le réseau 380V/60Hz
 - 8 ventilateurs, débit 1,7m³/sec, pour 6 moteurs de traction et 3 sels de lissage. Entraînés par moteurs asynchrones type AH112 de 8,5 kW 3500 tr/min.
 - 8 ventilateurs, débit 0,8 m³/sec., pour les armoires à thyristors. Entraînés par moteurs asynchrones type AH80 de 1,3 kW, 3500 tr/min
 - 1 compresseur, Wabco, type 243 VC à 2 étages et 4 cylindres. Entraîné par 1 moteur asynchrone type AK180 de 22 kW
 - 1 chargeur de batterie AEG pour la charge des batteries SAFT type KPM70Ah (Cd Ni) de 54 éléments 65 V.
 - 2 Ponts de redressement à thyristors à commande électronique : ACEC type 611 RV 12/231 pour l'alimentation de l'excitation indépendante des moteurs de traction.

Fig. 16.24.



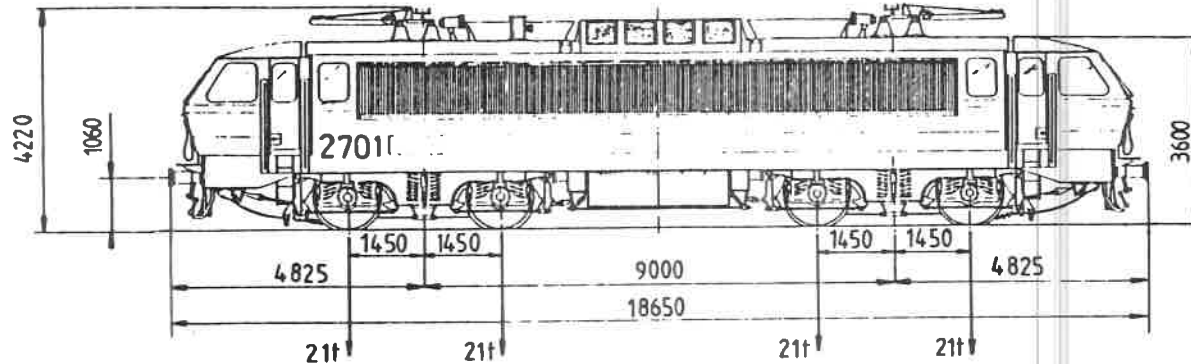


Cours 1270.
Léon 10.

H.18. 10.25.

Locomotive série 27

150.00.04/15



GENERALITES

Effectif :	30 + 30	60
Type :		Bo-Bo
Masse totale :	t.	85
Numérotation	{ 1re série: 2701 à 2730 { 2e série: 2731 à 2760	
Puissance continue :	kW	4150
Tension de service :	kV	3
Vitesse maximum :	km/h	160/ 100
Masse max. par essieu :	t.	21
Effort max. au démarrage :	kN	234
Rayon min. de courbe :	m.	100
Diamètre des roues :	mm	1250
Satisfait au gabarit UIC		

PARTIE MECANIQUE

Constructeur : Constr. Ferro. et Metall. (B & N)
à Nivelles

Année de construction : (1re série : 1981
{ 2e série : 1982

Freinage : Frein automatique de service et frein direct de manoeuvre. Frein de secours agissant sur la conduite de frein autom. Frein électrique rhéostatique. Le frein autom. comprend le régime "Marchandises-Voyageurs" et le régime "Haute puissance" (à 2 étages de press.)

Le robinet de mécanicien du frein autom. est du type Oerlikon FV4.

La locomotive est pourvue d'un frein antipatinage. 2 compresseurs Wabco type 242 VB 79 alimentant 4 réservoirs d'une capacité totale de 1000 l.

Un frein à vis placé dans chaque cabine de conduite et agissant chacun sur les 4 blocs frein d'un bogie.

Bogie :
La locomotive est équipée de bogies BN - ACEC avec suspension (primaire: (Winterthur) SLM (secondaire: Flexicoil

Chauffage des cabines de conduite par radiateurs et batterie de chauffe électrique à air pulsé.

PARTIE ELECTRIQUE

Equipement de traction :

Constructeur : A.C.E.C. Charleroi

Type de Cde : équipement de démarrage à thyristors à commande électronique

Moteurs de traction : Type LE 9213 avec excitation en série

Nombre : 4

Puissance unihoraire : 1062,5 kW*
Puissance continue : 1048 kW

Suspension : élastique sur 3 points

Transmission : élastique.

- Transmission BBC - Federantrieb

Rapport d'engrenages : $116/41 = 2,829$

Equipement de frein électrique :

Constructeur : ; A.C.E.C. Charleroi

Type : rhéostatique avec réglage électronique des inducteurs de MT ; couplés en excitation indépendante et combiné ou pas avec frein pneumatique.

Rhéostat : puissance max. 2500 kW *

Ventilation : 4 ventilateurs Leroy-Somer T22 9 kW - 80 V - 4500 tr/min.
débit : 168 m³/min. à 4500 tr/min.

Appareillage auxiliaire :

2 convertisseurs statiques : 3 kV - 2 x 55 kW avec sorties 440 V - et 110 V -
2 x (2 ventilateurs sur un moteur) pour les moteurs de traction, 440 V - 18,6 kW - 2600 tr/min.

2 x moteurs-ventilateurs : pour selfs, 440 V - 4,5 kW - type GRM 132,3 (Avk) 1600 tr/min. débit 120 m³/min.*

6 moteurs-ventilateurs : pour hacheurs, - moteur shunt Stephan 900 W/110 V/ 2900 tr/min.
- ventilateur ALVI HV 40

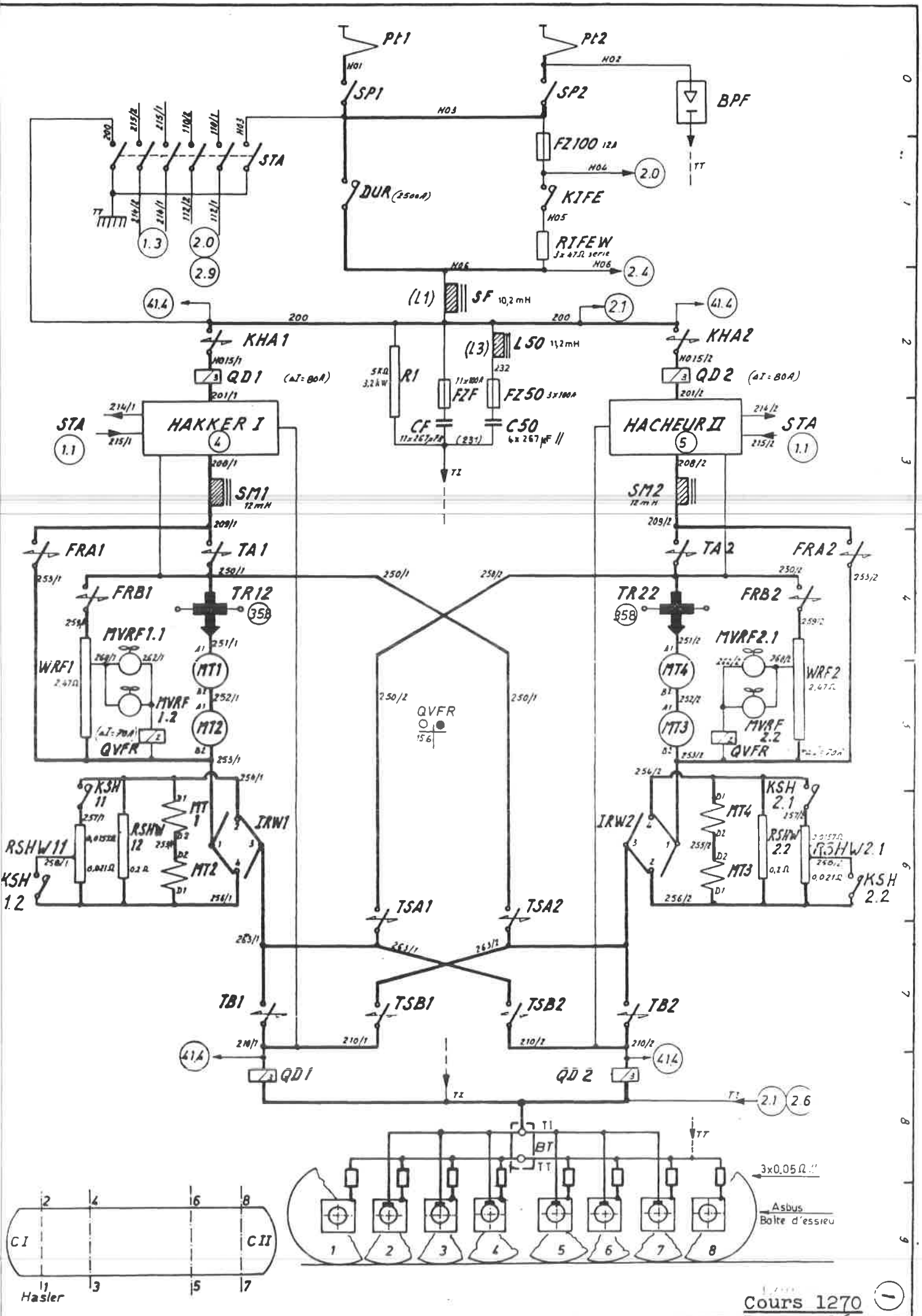
2 moteurs-compresseurs :

- moteur 440 V - 11 kW
1re série : GRM 180,5 Avk 1050 tr/min.
2e série : FC 160 LrPX - ACEC - ENCO
- compresseur : Wabco-Westinghouse type 242 VB 79 avec 2 étages de pression et 4 cylindres.

1 Batterie : chargée en permanence par les 2 convertisseurs en //
Batteries SAFT type KPM 100 Ah avec 75 éléments 100 V - tension de charge 115 V

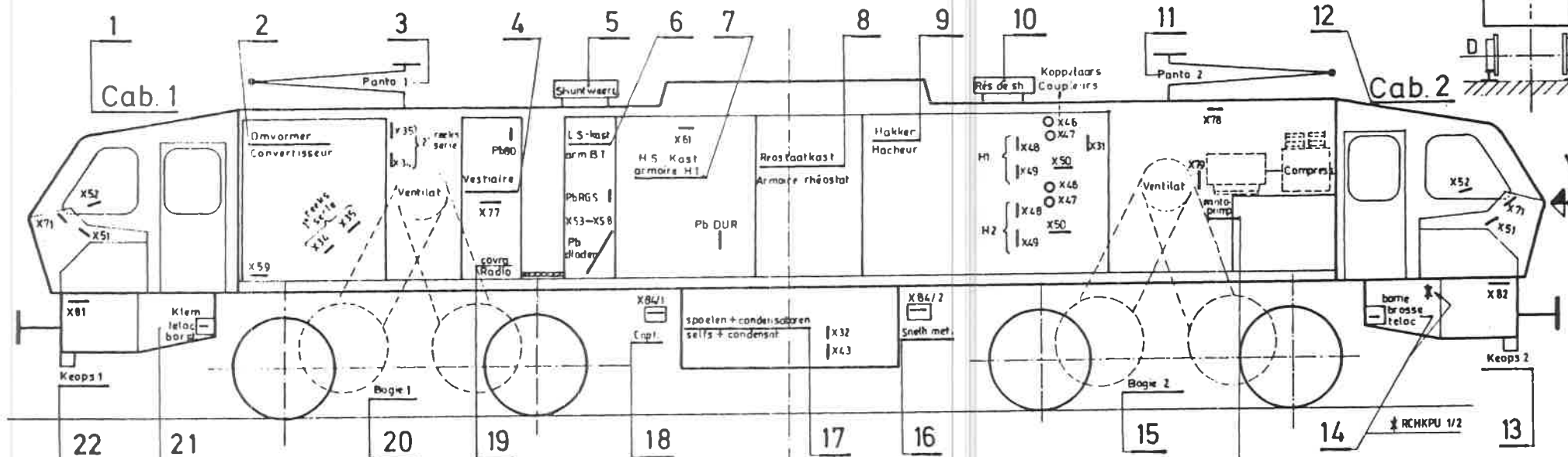
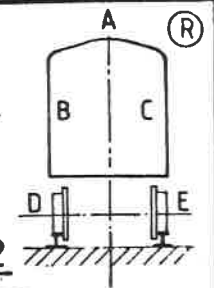
* Valeurs calculées

Fig. 16.27.



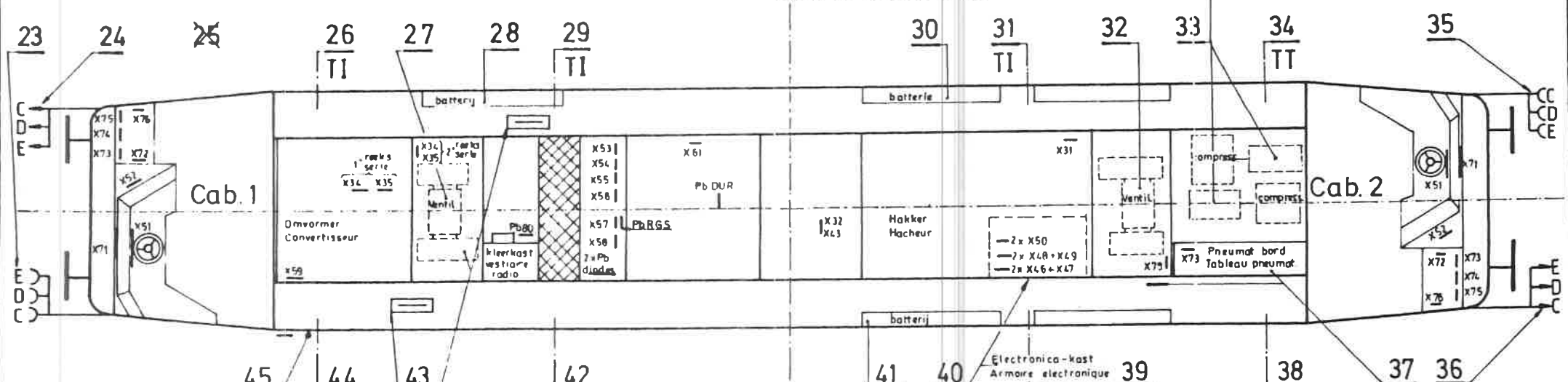
HLE 27

Zicht volgens Y
Vue suivant Y



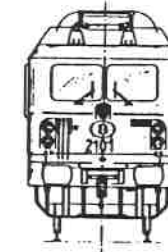
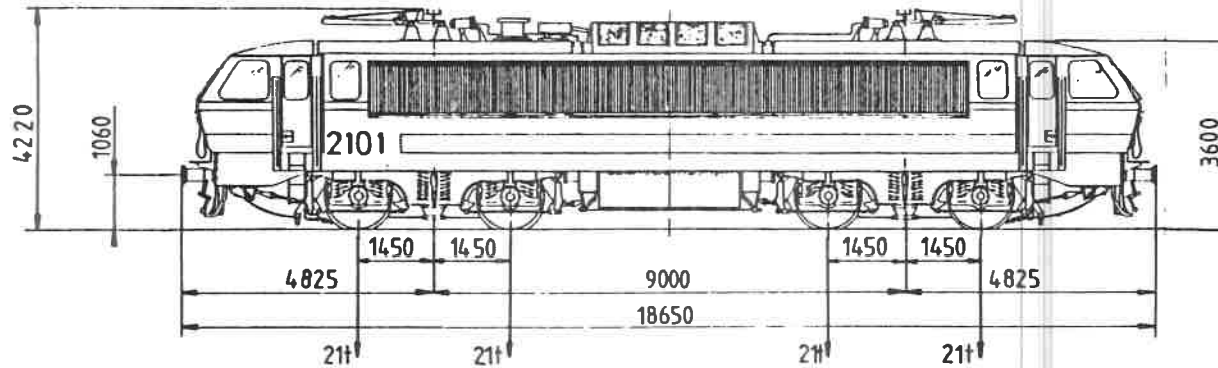
TI Geïsoleerde terugstroom
Retour de cour. isol.

TT "terugstroom kast
Retour de cour. de la caisse



Locomotive série 21

150.00.04/8



GENERALITES

Effectif :	1ère sér.	30
	2ème sér.	30
Type :		Bo-Bb
Masse totale :	t	84
Numérotation :	2101 à 2130 (1re sér.) 2131 à 2160 (2e sér.)	
Puissance continue :	kW	3130
Tension de service :	kV	3
Vitesse maximum :	km/h	160/ 120
Masse max. par essieu :	t	21
Effort max. au démarrage :	kN	234
Rayon min. de courbe :	m	100
Diamètre des roues :	mm	1250

Satisfait au gabarit UIC

PARTIE MECANIQUE

Constructeur : Constr. Ferro. et Metall. (B & N)
à Nivelles

Année de construction : 1983/1985 (1ère sér.)
1986/1988 (2ème sér.)

Freinage : Frein automatique de service et frein direct de manoeuvre. Frein de secours agissant sur la conduite de frein autom. Frein électrique rhéostatique. Le frein autom. comprend le régime "Marchandises-Voyageurs" et le régime "Haute puissance" (à 2 étages de press.). Le robinet de mécanicien du frein autom. est du type Oerlikon FV4.

La locomotive est pourvue d'un frein antipatinage, 2 compresseurs "Wabco" type 242 VB 79 alimentant 4 réservoirs d'une capacité totale de 1 000 l.

Un frein à vis placé dans chaque cabine de conduite et agissant chacun sur les 4 blocs frein d'un bogie.

Bogie : la locomotive est équipée de bogies BV - ACEC avec suspension { primaire: Winterthur
secondaire: Flexicoil

Chauffage des cabines de conduite par batterie de chauffe électrique à air pulsé.

PARTIE ELECTRIQUE

Equipement de traction :

Constructeur : A.C.E.C. Charleroi.

Type de commande : équipement de démarrage à thyristors à commande électronique.

Moteurs de traction : Type LE 622 S avec excitation en série.

Nombre : 4

Puissance unihoraire : 828 kW *

Puissance continue : 782 kW

Suspension : élastique sur 3 points.

Transmission : élastique

- Transmission BEC - Federantrieb.

Rapport d'engrenages : 116/31 = 3,742.

Equipement de frein électrique :

Constructeur : A.C.E.C. Charleroi

Type : rhéostatique avec réglage électronique des inducteurs de MT ; couplés en excitation indépendante et combiné ou pas avec frein pneumatique.

Rhéostat : puissance max. 1 880 kW *

Ventilation : 4 ventilateurs Leroy-Somer

T 22 9 kW - 80 V - 4500 tr/min.

Débit : 168 m³/min. à 4500 tr/min.

Appareillage auxiliaire :

2 convertisseurs statiques : 3 kV - 2 x 55 kW avec sorties 440 V et 110 V

2 x (2 ventilateurs sur un moteur) pour les mot. de traction; 440 V - 18,6 kW - type A.C.E.C.

2600 tr/min. - débit : 125 m³/min. *

2 x moteurs-ventilateurs : pour selfs, 440 V - 4,5 kW - type A.C.E.C. 1600 tr/min.

Débit : 120 m³/min. *

8 moteurs-ventilateurs : pour hacheurs,

- moteurs asynchrones 110 V incorporés dans les ventilateurs.

2 moteurs-compresseurs :

- moteur 440 V - 11 kW type A.C.E.C. 1050 tr/min.

- compresseur : Wabco-Westinghouse type 242 VB 79 avec 2 étages de pression et 4 cylindres.

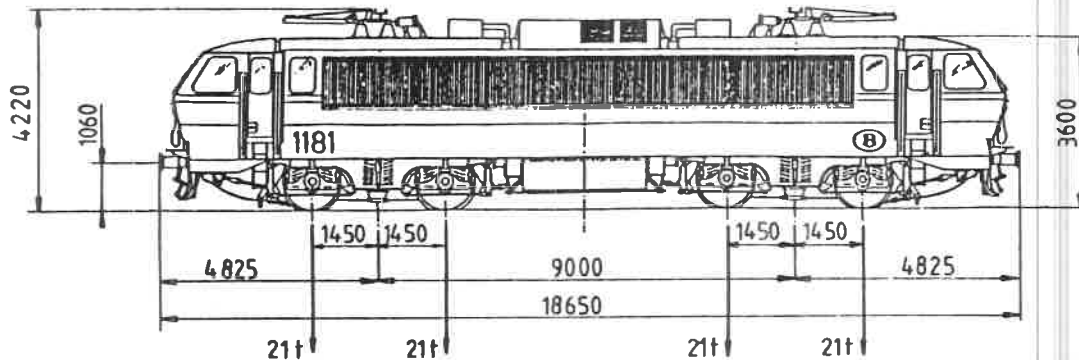
1 batterie : chargée en permanence par les 2 convertisseurs en //.

Batteries SAFT type KPM - 100 Ah avec 75 éléments 100 V - tension de charge 115 V.

* Valeurs calculées

Locomotive série 11

150.00.04/2



GENERALITES

<u>Effectif :</u>	12
<u>Type :</u>	Bo-Bo
<u>Masse totale :</u>	t 85
<u>Numérotation :</u>	1181 à 1192
<u>Puissance continue :</u>	kW 3 130
<u>Tension de service :</u>	kV (3) 1,5
<u>Vitesse maximum :</u>	km/h 160/ 120
<u>Masse max. par essieu :</u>	t 21
<u>Effort max. au démarrage :</u>	kN 234
<u>Rayon min. de courbe :</u>	m 100
<u>Diamètre des roues :</u>	mm 1250
Satisfait au gabarit UIC	

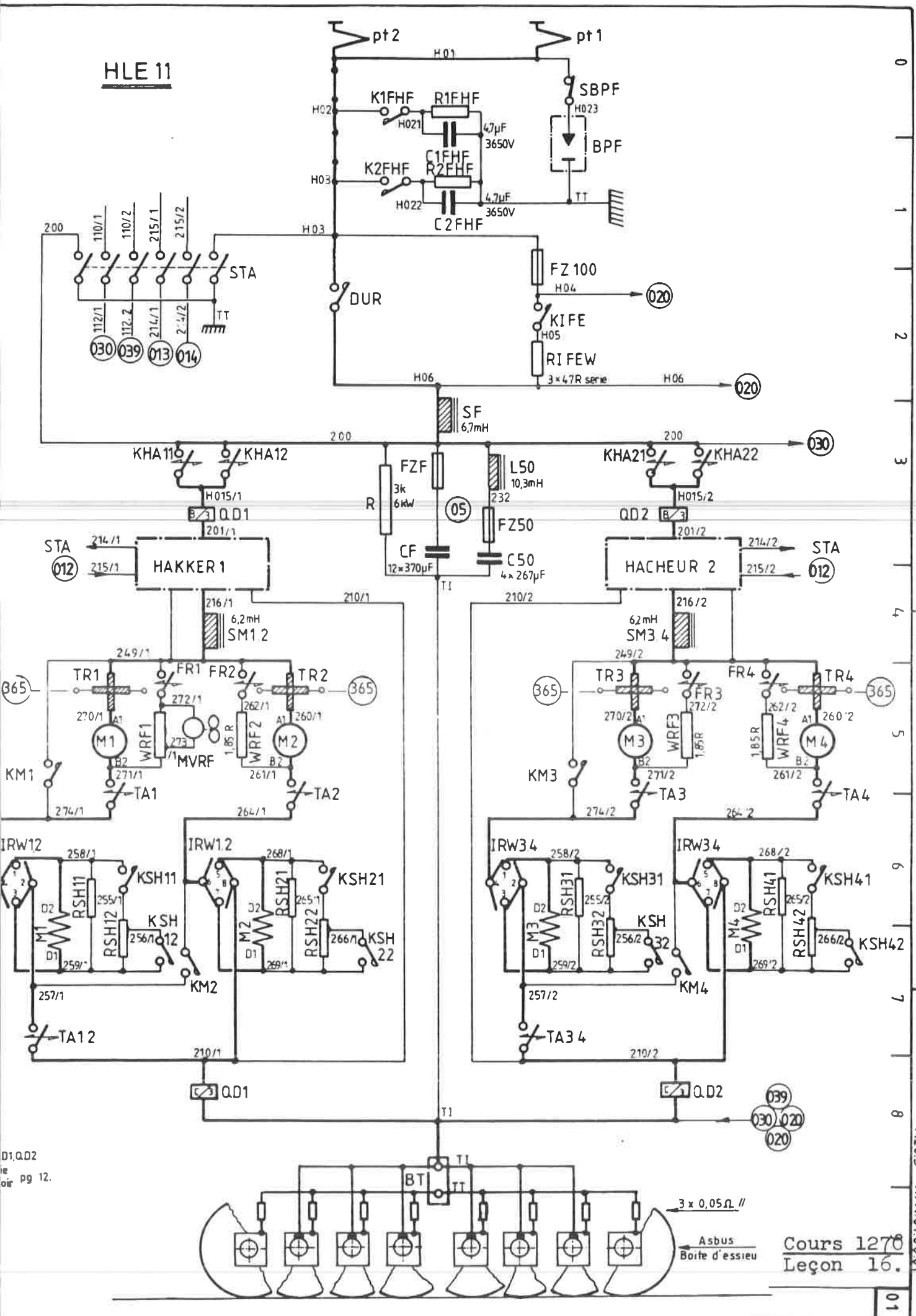
PARTIE MECANIQUE

Constructeur : Constr. Ferro. et Metall. (B & N) à Nivelles
Année de construction : 1985/1986
Freinage : Frein automatique de service et frein direct de manoeuvre. Frein de secours agissant sur la conduite de frein autom. Frein auxiliaire électrique rhéostatique. Le frein autom. comprend le régime "Marchandises-Voyageurs" et le régime "Haute puissance" (à 2 étages de press.). Le robinet de mécanicien du frein autom. est du type Wabco Westinghouse (PB 2) avec commande électrique.
 La locomotive est pourvue d'un frein antipatinage, 2 compresseurs Wabco type 242 VB 79 alimentant 4 réservoirs d'une capacité totale de 1 000 l.
 Un frein à vis placé dans chaque cabine de conduite et agissant sur les 4 blocs frein d'un bogie.
Bogie : La locomotive est équipée de bogies BN-ACEC avec suspension } primaire : Winterthur.
 } secondaire : Flexicoil.
 Chauffage des cabines de conduite par batterie de chauffe électrique à air pulsé.

PARTIE ELECTRIQUE

Equipement de traction :
Constructeur : A.C.E.C. Charleroi.
Type de commande : équipement de démarrage à thyristors à commande électronique.
Moteurs de traction : Type LE 622 S avec excitation en série.
 Nombre : 4.
 Puissance unitaire : 828 kW *
 Puissance continue : 782 kW
 Suspension : élastique sur 3 points.
Transmission : élastique
 - Transmission BBC - Federantrieb.
 Rapport d'engrenages : 116/31 - 3,742
Equipement de frein électrique :
 Constructeur : A.C.E.C. Charleroi.
 Type : Rhéostatique, à puissance limitée.
Remarque : pourvu de l'ATB pour circuler sur réseau NS.

Appareillage auxiliaire :
 2 convertisseurs statiques : 3 kV/1,5kV, 2 x 55 kW avec sorties 440 V et 110 V = 2 x (2 ventilateurs sur un moteur) pour les mot. de traction, 440 V - 18,6 kW - type ACEC.
 2 600 tr/min. - débit : 125 m³/min. *
 2 x moteurs-ventilateurs : pour selfs, 440 V - 4,5 kW - type ACEC 1 600 tr/min. Débit : 120 m³/min. *
 12 moteurs-ventilateurs : pour hacheurs, - moteurs asynchrones 110 V incorporés dans les ventilateurs
 2 moteurs-compresseurs :
 - moteur 440 V - 11 kW type ACEC 1 050 tr/min.
 - compresseur : Wabco-Westinghouse type 242 VB 79 avec 2 étages de pression et 4 cylindres.
 1 batterie : chargée en permanence par les 2 convertisseurs en //.
 Batteries Nife type MD8, 75 Ah avec 75 éléments 100 V - tension de charge 115 V.
 * Valeurs calculées



D1, QD2
ie
oir pg 12.

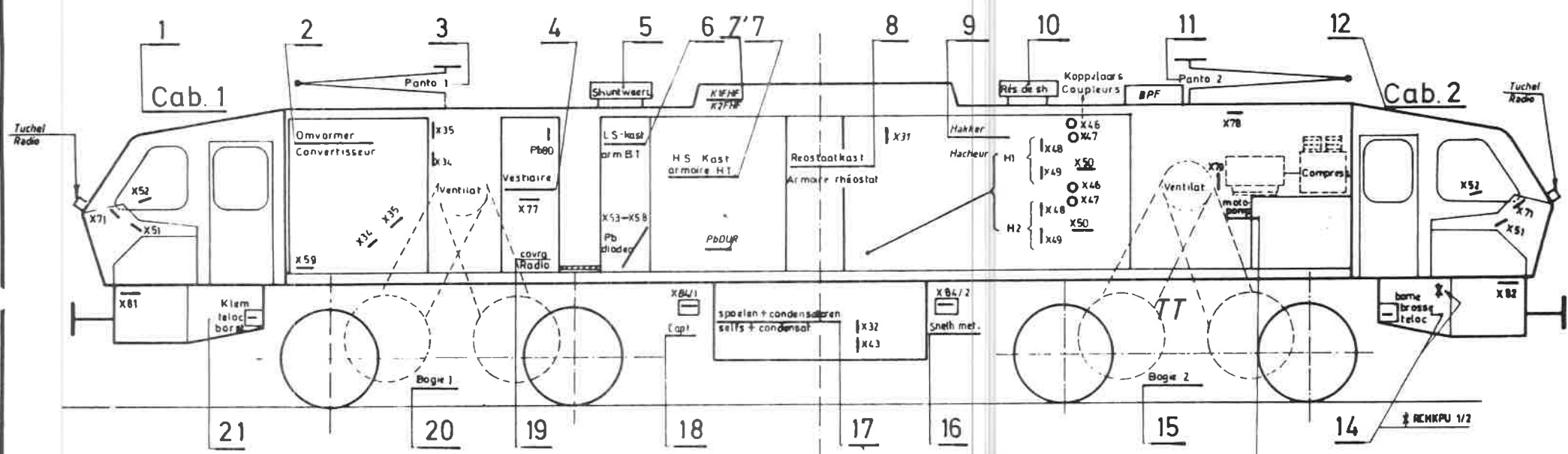
Cours 1270
Leçon 16.

M20.3 M/X01.00.01

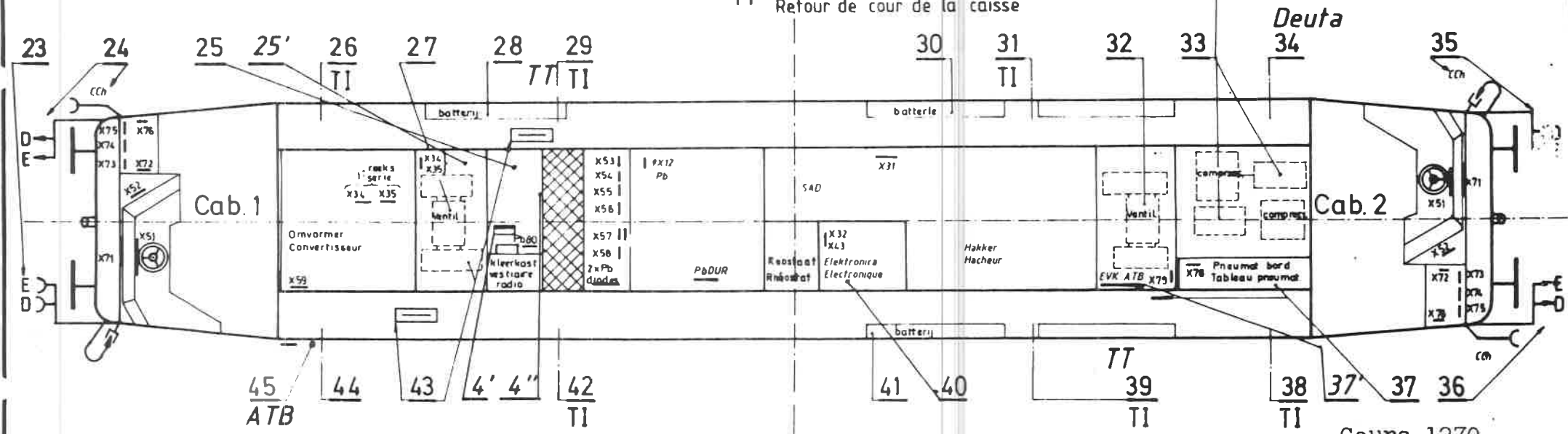
01

Fig. 16.32.

HLE 11

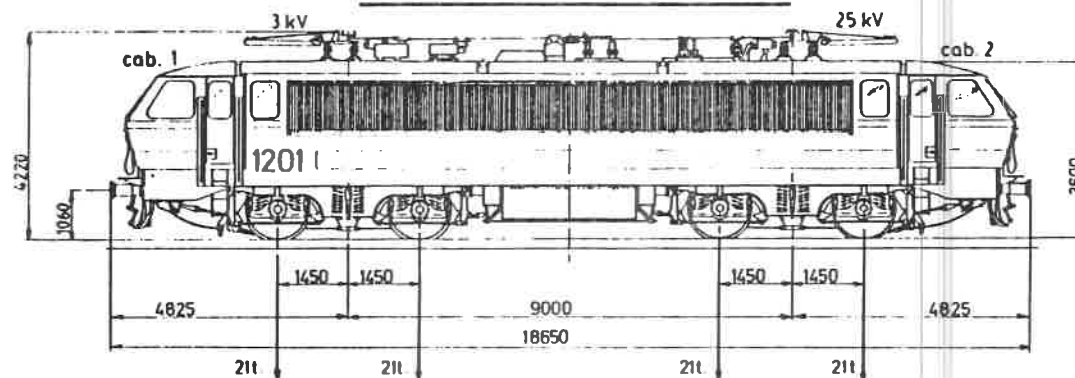


- TI Geisoleerde terugstroom
Retour de cour isol
- TT Terugstroom kast
Retour de cour de la caisse



Locomotive série 12

150.00.04/3



GENERALITES

<u>Effectif</u> :	12
<u>Type</u> :	Bo-Bo
<u>Masse totale</u> :	t 85
<u>Numérotation</u> :	1201 à 1212
<u>Puissance continue</u> :	kW 3 130
<u>Tension de service</u> :	kV 3 25
<u>Vitesse maximum</u> :	km/h 160 120
<u>Masse max. par essieu</u> :	t 21,25
<u>Effort max. au démarrage</u> :	kN 234
<u>Rayon min. de courbe</u> :	m 100
<u>Diamètre des roues</u> :	mm 1250
Satisfait au gabarit UIC	

PARTIE MECANIQUE

Constructeur : S.A. Constructions Ferroviaires et Métalliques (BN) à NIVELLES

Année de construction : 1986

Freinage : Frein automatique de service et frein direct de manoeuvre. Frein de secours agissant sur la conduite de frein autom. Le frein autom. comprend le régime "Marchandises-Voyageurs" et le régime "haute puissance" (à 2 étages de press.). Le robinet de mécanicien du frein autom. est du type OERLIKON FV4.

La locomotive est pourvue d'un frein antipatinage, 2 compresseurs Wabco type 242 VB 79 alimentant 2 réservoirs d'une capacité totale de 1 000 l.

Un frein à vis placé dans chaque cabine de conduite et agissant sur les 4 blocs frein d'un bogie.

Bogie : La locomotive est équipée de bogies BN-ACEC avec suspension (primaire : Winterthur (secondaire : Flexicoil)

Chauffage des cabines de conduite par batterie de chauffe électrique à air pulsé.

PARTIE ELECTRIQUE

Equipement de traction :

Constructeur : A.C.E.C. Charleroi

Type de commande : Equipement de démarrage à thyristors composé de 2 hacheurs à commande électronique.

Moteurs de traction : Type I.E 622 S avec excitation en série.

Nombre : 4

Puissance unihoraire : 828 kW *

Puissance continue : 782 kW

Suspension : élastique sur 3 points

Transmission : élastique
- transmission BBC - Federantrieb.

Rapport d'engrenage : 116/31 - 3,742

Transformateur :

Constructeur : A.C.E.C.

Puissance : 3800 KVA

Tensions secondaires : traction A : 2500V
traction B : 1030V
chauffage : 1520V
pompe à huile : 392V

Redresseurs :

2 redresseurs en série fournissent une tension redressée de 3kV aux hacheurs
traction A : redresseur à diodes
traction B : redresseur mixte diodes et thyristors

Appareillage auxiliaire :

2 convertisseurs statiques : 3KV
2x55KW avec sorties 440V et 110V -
2x(2 ventilateurs sur un moteur) pour
les mot. de traction 440V - 18,6KW -
type A.C.E.C.
2 600 tr/min. - débit : 125m³/min. *

2x moteurs-ventilateurs : pour selfs
440V - 4,5KW - type ACEC 1 600 tr/min.
Débit : 120m³/min.

12 moteurs-ventilateurs : pour hacheurs
- moteurs asynchrones 110V incorporés
dans les ventilateurs

2 moteurs-compresseurs :
- moteur, 440V - 11 KW type ACEC
1 050 tr/min.
- compresseur : Wabco-Westinghouse
type 242 VB 79 avec 2 étages de
pression et 4 cylindres.

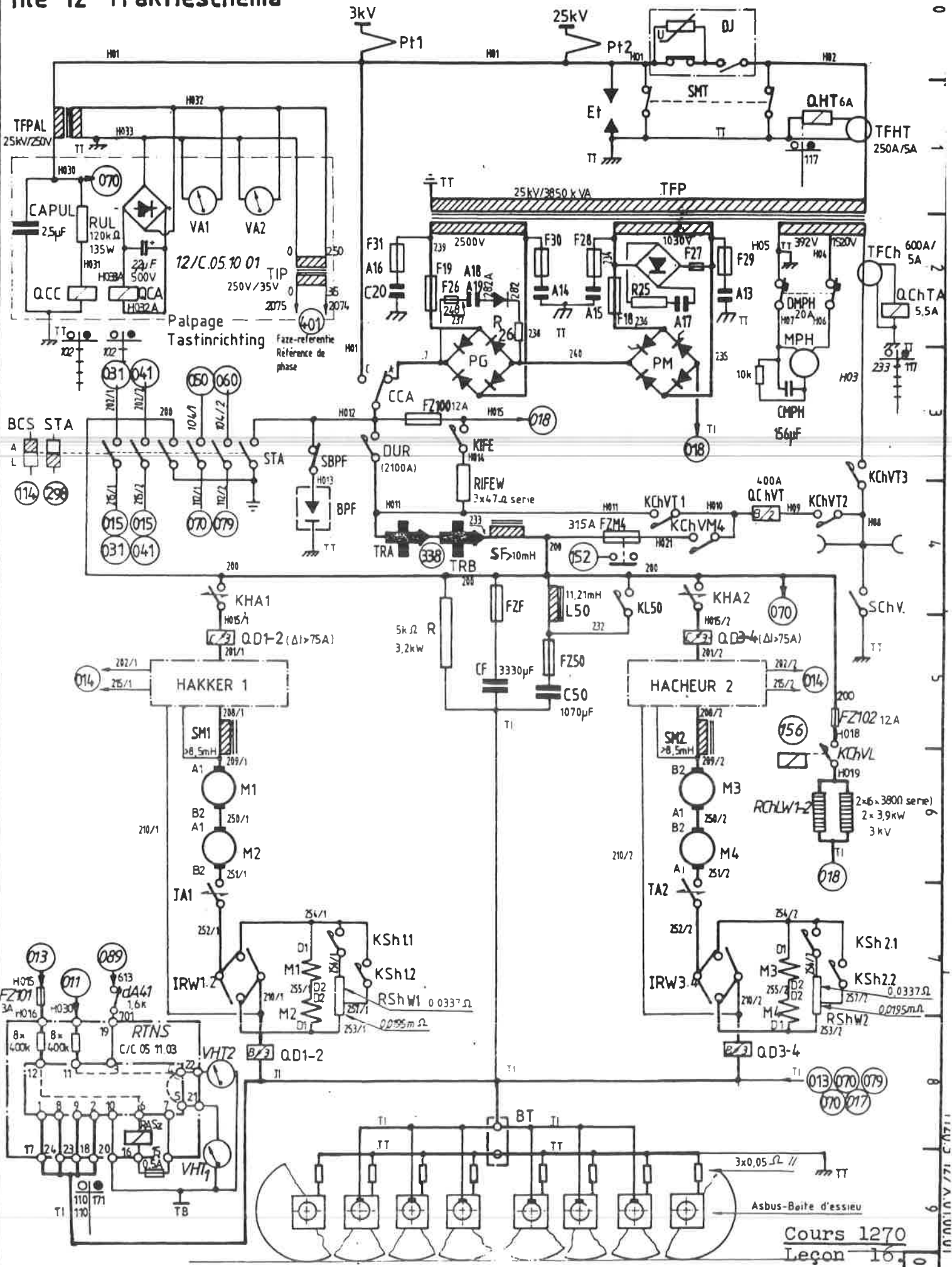
1 batterie : chargée en permanence par
les 2 convertisseurs en //.

Batteries Nife type MD8, 75 Ah avec 75
éléments 100V - tension de charge 115V.

* Valeurs calculées

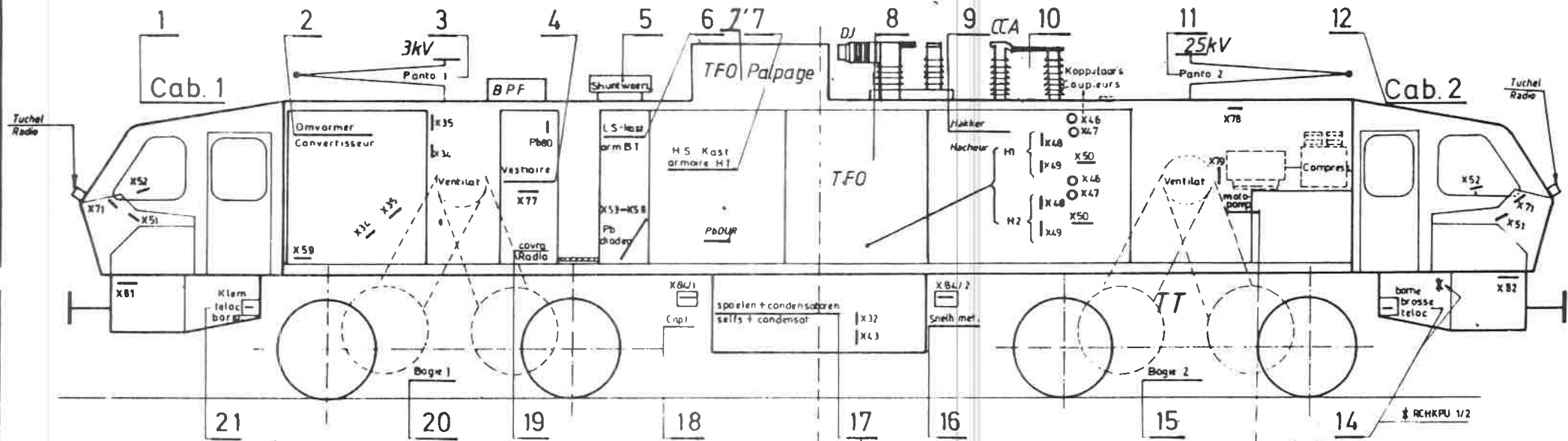
Conduite de train HT
Sous le réseau 25 kV ~, une tension de
3 kV = (HV.M4) ou 1,5 kV ~ (HV.RIC) est
fournie à la rame.

hle 12 Schéma de traction
hle 12 Traktieschéma



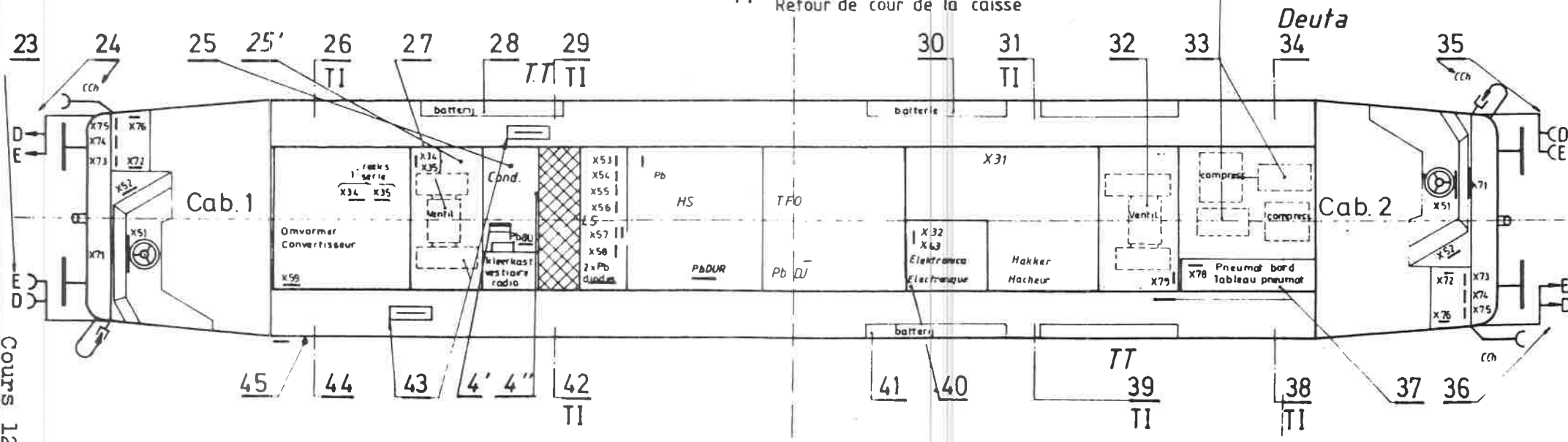
HLE 12

Fig. 16.35.



TI Geïsoleerde terugstroom
Retour de cour isol

TT Terugstroom kast
Retour de cour de la caisse



Cours 1270
Legon 10.

PANTOGRAPHES.17.1. Conditions de fonctionnement.

Le pantographe doit exercer une pression, bien déterminée et constante, sur le fil caténaire afin de garder un bon contact en toute circonstance.

Si à un moment donné, la pression de contact devient nulle, pendant que circule un courant, il y aura formation d'étincelles.

Or ce fait est non seulement nuisible pour le fil de contact mais aussi pour les frotteurs :

- avec les frotteurs en carbone il y a ébrèchement de la matière;
- avec les frotteurs cuivre-acier il y aura production de gouttes de métal fondu sur la surface des palettes.

A vitesse réduite il y aura de plus danger de faire fondre le fil de contact.

Une variation de la hauteur du fil de contact (4,8 m à 6,25 m) ne peut provoquer une variation de la pression contre le fil.

L'épûre du pantographe est étudiée dans le but de satisfaire à cette condition.

Une autre cause de la diminution de la pression de contact est ce qu'on appelle "un point dur" dans la caténaire.

Sous l'influence de la vitesse, le pantographe est comprimé sous le "point dur" et de par son inertie, n'arrive plus à retoucher la caténaire sans décoller.

La partie mobile devra donc être la plus légère possible.

Une pression de contact trop grande supprimerait bien entendu les inconvénients précités mais il se produirait alors d'autres phénomènes plus nuisibles encore :

- 1° Les frotteurs s'usent trop vite et l'on court le risque de former des rainures qui provoqueraient des accrochages aux pendules;
- 2° Le fil de contact s'use trop vite (bien que dans une mesure moindre);
- 3° Le fil de contact est soulevé par une trop forte pression et l'on court le risque d'accrocher le fil transversal au droit des poteaux.

17.2. Pantographe A.C.E.C. (fig. 17.1).

Ce pantographe est composé d'un cadre (1) isolé du toit par 4 isolateurs (2).

Sur ce châssis sont montés deux pentagones articulés.

Les bras (3) sont reliés ensemble par une entretoise (4) afin d'obtenir plus de rigidité latérale pour l'ensemble.

Les bras supérieurs portent la raquette munie de frotteurs (5). Celle-ci est tenue en position horizontale au moyen de ressorts à boudin (6).

Les bras inférieurs sont entraînés par le ressort de levage (7).

Le point d'attaque (8) est choisi de façon à augmenter le bras de levier lorsque le ressort se contracte afin d'obtenir un effort vertical invariable quelle que soit la hauteur de levée du pantographe.

Un tel pantographe pourrait être utilisé sur certains trams; l'abaissement se fait alors avec une corde.

Vu le danger de la haute tension, l'on fera usage, dans notre cas, d'un ressort abaisseur (9); celui-ci est beaucoup plus fort que le ressort (7) et appuie donc le piston (10) vers la droite (sur la figure).

Sans pression d'air, le pantographe est donc toujours abaissé.

Pour lever le pantographe, il faut une pression d'air dans le cylindre (11) d'au moins 3,5 à 4 kg/cm² afin de comprimer le ressort d'abaissement (9); ainsi l'action du ressort de levage devient prépondérante.

Lorsque la hauteur du fil de contact diminue, les bras doivent pouvoir se replier librement : à cette fin la tige du piston est pourvue d'une coulisse (12).

La fig. 17.2 montre un pantographe en position abaissée sans air.

La fig. 17.2a montre un pantographe comprimé par une caténaire très basse (sous un pont par exemple) mais en position de levage puisque l'air comprimé pousse le piston avec sa tige et sa coulisse vers la gauche.

Remarque.

Le raccordement du cylindre avec la conduite d'air comprimé doit être isolé.

On utilise à cette fin un raccord en caoutchouc ou un isolateur de traversée.

17.3. Pantographe type Faiveley (fig. 17.3).

Ce pantographe est fixé sur le toit au moyen de 3 isolateurs (I).

Le châssis (B) porte un ressort de levage R et un bras de commande (A).

Tout comme dans le pantographe ACEC, le ressort abaisseur (D) doit vaincre la force du ressort élévateur.

Le cylindre à air comprimé M est placé sur le toit, d'où la nécessité d'isoler la tige du piston.

L'épure de ce pantographe est un peu plus compliquée que pour un dessin en forme de pentagone.

Traçons sur la fig. 17.4 les bras inférieurs 1 et 2 ainsi que le bras supérieur 3. Les points O et O' sont pivots sur le châssis. P et P' sont des charnières du levier 3 qui a une forme brisée.

Les pointillés sur l'épure, montrent le chemin parcouru par le point S lorsque l'on fait pivoter les bras 1 et 2 autour des points O et O'.

Au point S l'on fixera la raquette munie de frotteurs. Afin de maintenir celle-ci en position horizontale, il est encore prévu un bras 4 (fig. 17.5).

En position relevée, le piston se trouve complètement vers la droite de façon à ce que la coulisse C vienne libérer le pivot E.

Sous l'influence du ressort R ce pivot se déplacera vers la droite en provoquant la rotation du bras (1).

17.4. Asservissement électropneumatique.

Le principe de la commande pneumatique diffère peu pour les 2 types de pantographes. Une électrovalve devra, après excitation, admettre de l'air comprimé dans le cylindre.

Le pantographe doit se lever lentement afin de ne pas rebondir contre le fil de contact (danger de la formation d'arc). L'air comprimé devra donc entrer dans le cylindre par une ouverture calibrée.

L'abaissement devra s'exécuter en 2 phases différentes :

- 1° Un échappement rapide de l'air du cylindre devra provoquer une rupture brutale avec le fil de contact;
- 2° La chute du pantographe doit être amortie en fin de course afin d'éviter le rebondissement sur les supports et atténuer les chocs sur le toit.

a) Commande A.C.E.C.

A.C.E.C. utilise une valve d'échappement rapide (fig. 17.6).

Dans un corps en bronze en forme de T, il y a un piston A qui obture à la partie inférieure l'orifice menant à l'atmosphère.

Lors de la levée

- l'air comprimé venant de l'électrovalve passe par une rainure C du siège de la soupape B via le forage dans le piston A vers le cylindre du pantographe;

Lors de l'abaissement

- l'air comprimé est mis à l'atmosphère via l'électrovalve.

De ce fait la pression côté cylindre est prépondérante et soulève le piston de son siège.

A cet instant l'air s'échappe brutalement à l'atmosphère.

Vers la fin de course, la chute du pantographe est amortie du fait que le piston est muni d'une aiguille d'étranglement qui obture progressivement l'échappement d'air du cylindre.

Le piston A de la valve d'échappement rapide retombera sur son siège et l'air restant s'échappera via l'électrovalve.

b) Commande Faiveley.

La boîte à clapet (fig. 17.7) remplace la valve d'échappement rapide et remplit en même temps le rôle de l'aiguille d'étranglement du système A.C.E.C.

- A la levée l'air venant de l'électrovalve passe par l'orifice calibré E et par le canal 2 vers le cylindre du pantographe.

La vis à pointeau VP permet un réglage précis de la vitesse de levée.

Comme l'air comprimé arrive également sous le piston P via l'orifice 1, celui-ci obture l'orifice donnant sur l'atmosphère.

- A l'abaissement par contre, l'électrovalve n'étant plus excitée met la chambre (1) à l'atmosphère.

La pression d'air à la partie supérieure (2) du piston pousse celui-ci vers le bas malgré son ressort et provoque la mise à l'atmosphère du cylindre du pantographe.

Vers la fin de la course, la pression dans le cylindre est fort réduite.

A ce moment, le ressort R repousse le piston vers le haut obturant la mise à l'atmosphère.

Le restant d'air s'échappe lentement à l'atmosphère via l'ouverture E et l'électrovalve.

De cette façon la chute du pantographe est amortie et la raquette vient se poser en douceur sur ses appuis.

17.5. Problèmes de réglage.

Pour les deux types de pantographes, le réglage de la pression de contact s'effectue en variant la tension du ressort élévateur au moyen des vis de réglage situés aux extrémités.

La force du ressort abaisseur (dans le cylindre) ne détermine que la pression d'air nécessaire pour lever le pantographe (3 à 3,5 kg/cm²).

La pression de contact peut être mesurée en atelier au moyen d'un poids suspendu à la raquette ou bien au moyen d'une corde ou d'un dynamomètre.

1° Condition.

L'effort vertical doit être aussi constant que possible entre la hauteur minimum et maximum de la caténaire (4,8 m à 6 m).

6.

Vu que la hauteur du gabarit en position abaissée est de 4,4 m, le contrôle doit s'effectuer entre les hauteurs de levée de 0,40 m et de 0,4 m + 1,2 m = 1,8 m.

Afin d'obtenir ces réglages, il faudra également agir sur la longueur des bras de levier.

Le panto A.C.E.C. ne permet pas un réglage de précision; il faut se contenter d'une marge de 25 %.

Sur le diagramme de la fig. 17.8, nous pouvons lire la pression moyenne de contact en fonction de la hauteur de levée. Nous voyons que pour un réglage à 10 kg nominal, l'effort varie entre 11 kg (position minimum) et 9 kg (hauteur maximum).

La pression de 10 kg n'est maintenue approximativement constante que dans une zone de 50 cm vers le milieu de la levée.

Le frottement dans les articulations provoque par surcroît une différence notable (environ 1 kg) entre la pression à la montée par rapport à la descente.

De ce fait, la pression nominale de 10 kg peut finalement varier entre 12 (à la descente) et 8 kg (à la montée) ce qui fait une différence de 20 % à - 20 %.

Le panto Faiveley par contre dont l'épure est de conception plus moderne donne une pression pratiquement constante sur toute la hauteur de levée utile (voir fig. 17.9).

Comme d'autre part il y a moins d'articulations, la différence de pression à la levée et à la descente n'est que de 0,2 kg.

17.6. Efforts dynamiques.

Un point dur dans la caténaire peut être représenté comme un angle (fig. 17.10).

Lorsque le frotteur dépasse le point dur, il quitte la caténaire par suite de son inertie.

La vitesse ascensionnelle n'est pas uniquement influencée par la force P (par exemple 10 kg) mais également par la masse M des parties mobiles du pantographe.

L'accélération sera : $a = \frac{P}{M}$

La vitesse v augmentera très vite mais dans la première phase, juste après le point dur il y aura un arc.

La durée du décollement dépendra également de la vitesse V du train.

Si la résultante R de v et V restait toujours parallèle au fil de contact il n'y aurait pas de décollement.

Les anciens pantographes ont une masse mobile de ± 100 kg.

Les pantographe type Faiveley par contre ont vu cette masse réduite à ± 25 kg.

La composante v du diagramme de la fig. 17.10 est donc 4 fois plus petite.

La formation d'étincelles au droit des portées qui est un phénomène normal avec un pantographe A.C.E.C. est totalement exclue avec un panto Faiveley à vitesse normale.

Pour des vitesses dépassant 120-130 km/h le problème devient plus difficile à résoudre.

Des mesures ont montré qu'à grande vitesse les filets d'air augmentent considérablement la pression sur le panto avant.

Afin de remédier à cet inconvénient, l'on monte sur les raquettes des pantographes Faiveley, des barres transversales à des endroits particulièrement choisis.

Le choix de l'emplacement idéal pour ces déflecteurs constitue un problème difficile vu que le panto doit pouvoir servir dans les 2 sens de marche.

L'on procède à une série d'essais dans le but d'obtenir des variations de pression comprises dans les limites indiquées à la fig. 17.11.

Effort statique ($V = 0$) 9 à 12 kg.

Effort dynamique à 140 km/h : 16 à 18 kg.

17.7. Frotteurs.

Jusqu'en 1963 seuls les frotteurs en carbone furent utilisés sur notre réseau.

Ceux-ci présentent les avantages suivants :

8.

- polissage du fil de contact,
- usure minimale du fil de contact,
- lors de la formation d'arcs, des morceaux de carbone sont arrachés mais la surface reste polie.

La fig. 17.12 représente une coupe à travers un archet d'automotrice.

L'espace entre les frotteurs est rempli d'une graisse spéciale, bonne conductrice, qui a pour but de diminuer encore le coefficient de frottement.

Le carbone étant très hygroscopique, cette graisse diminue en même temps l'absorption d'eau.

Les frotteurs ont comme dimension 30 x 30 mm.

L'épaisseur utile n'est cependant que de 20 à 25 mm (danger d'ébréchure).

L'usure varie entre 2,5 et 5 mm par 10000 km.

Un inconvénient des frotteurs en carbone est que la résistance de contact élevée impose une limitation du courant admissible à l'arrêt.

Sur un fil de contact (largeur théorique 1 cm) on ne peut admettre que 5 A/cm² comme intensité permanente.

Cette situation impose la levée des deux pantographes pour le préchauffage des rames (exemple : 12 hv x 15 A = 180 A).

Notons que les raquettes des pantographes des locomotives comportent 3 frotteurs.

Les locomotives modernes étant plus puissantes (locomotives polycourant et type 126) le courant de démarrage est très élevé (2000 A). De ce fait l'emploi de frotteurs en carbone n'est plus possible.

Les frotteurs cuivre-acier constituent la solution pour ces locomotives.

La fig. 17.13 représente un archet de pantographe 25 kV de locomotive type 160.

Les bandes de cuivre (largeur 2,5 cm) donnent une parfaite captation, tandis que les bandes d'acier servent à limiter l'usure de l'ensemble.

Ce type de frotteurs présente cependant un inconvénient : lors de la formation d'étincelles, par exemple sur un sectionnement, des gouttes de métal fondu se forment à la surface de frottement.

Ce phénomène s'aggrave progressivement vu qu'il détériore les conditions de captation.

Les frotteurs cuivre-acier nécessitent par conséquent intervention régulière de l'atelier où ils sont corrigés à la lime.

La généralisation de ce type de frotteurs n'est donc pas envisagée d'autant plus que ce serait néfaste pour la tenue du fil de contact.

Une autre solution est le frotteur Kasperowski (fig. 17.14). Il s'agit d'un frotteur en carbone enrobé d'une épaisseur de cuivre de 2 mm.

Le cuivre assure une bonne captation tandis que le carbone sert principalement au graissage et au polissage du fil de contact.

Pour donner une idée de la faible résistance de contact de ce type de frotteurs, signalons qu'un seul archet muni de 3 frotteurs Kasperowski permet de capter à l'arrêt en permanence un courant de 250 A soit près de 15 A/cm².

17.8. Schéma pneumatique.

La fig. 17.15 représente schématiquement les différents raccordements des tuyauteries d'air des pantographes.

En fonctionnement normal, l'air comprimé est fourni par un compresseur qui est entraîné par un moteur haute tension.

Lorsque la pression d'air est nulle, l'on doit utiliser une pompe à main ou un compresseur de secours basse tension afin d'atteindre la pression minimum de 3,5 à 4 kg/cm² nécessaire à la levée du pantographe (sur les locomotives il faut en plus fermer le DUR).

Une soupape de retenue e(3) empêche l'air de remplir toutes les canalisations du véhicule.

Cette moto-pompe est actionnée au moyen d'un bouton-poussoir pendant que l'on contrôle la pression sur le manomètre. (M).

Les robinets d'isolement (1) et (2) servent au verrouillage des pantographes; la conduite menant vers les pantographes se trouve à l'atmosphère lorsque le robinet est fermé.

Le robinet à trois voies (3) est une partie essentielle du dispositif de sécurité.

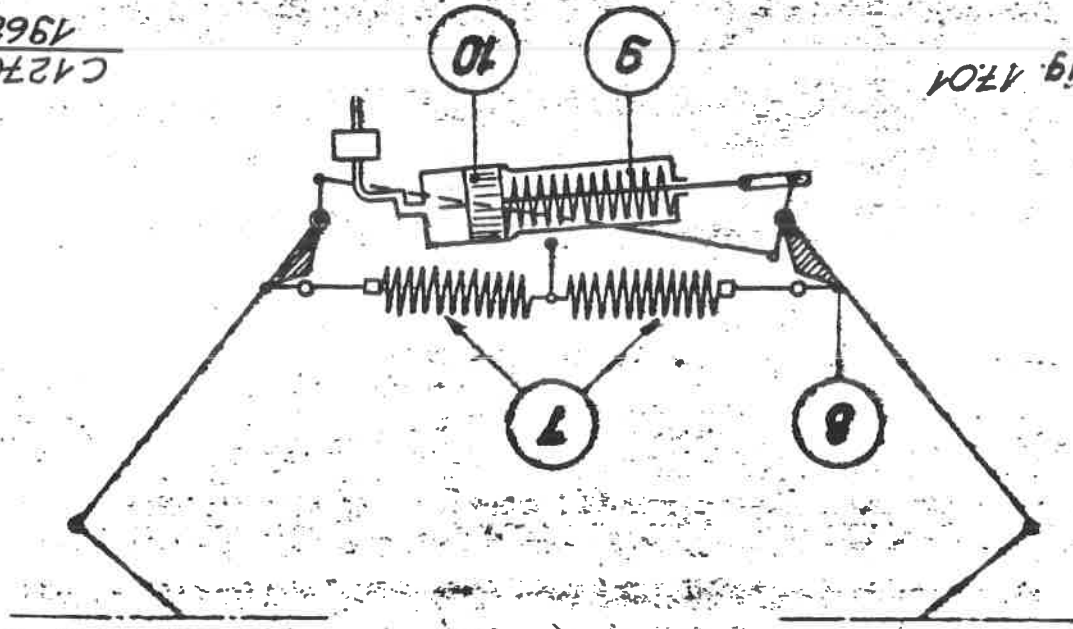
En effet, la clé de verrouillage, qui donne accès au dispositif de sécurité (et ainsi à l'armoire d'appareillage haute tension) ne peut être libérée qu'en position de fermeture. Inversement, le robinet ne peut être ouvert que lorsque la clé de verrouillage y est emprisonnée.

Par ailleurs, nous trouvons encore sur le schéma la boîte à clapets (B) (ou soupape d'échappement rapide) qui se trouve entre le cylindre du pantographe et l'électrovalve E.

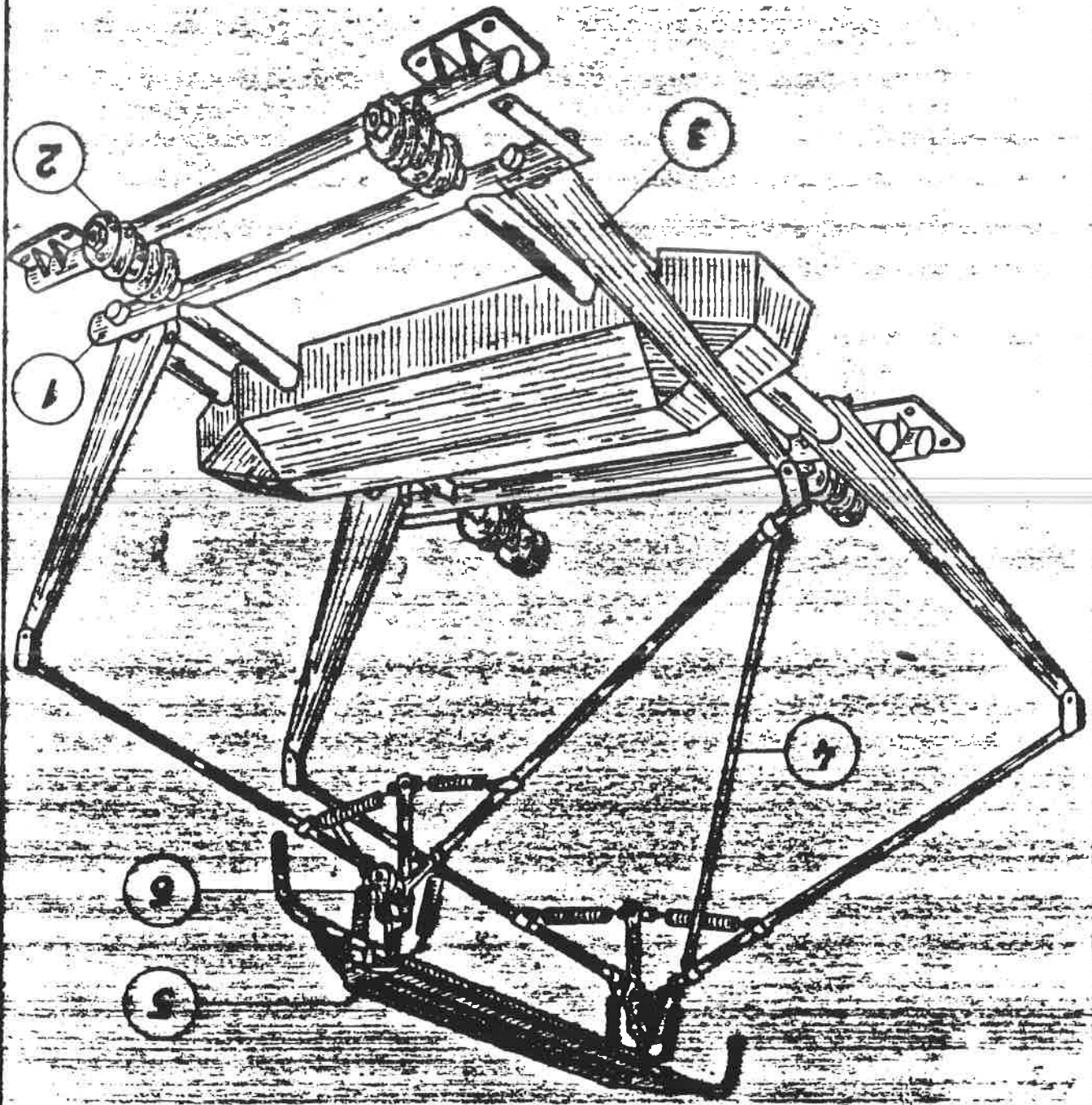
Le réservoir nourrice sert à garder une petite réserve d'air à pression maximum. Il est fermé au moyen d'un robinet à pointeau R.

Cette pression peut être tenue pendant plusieurs jours et le réservoir nourrice permet d'éviter l'emploi de la pompe à main ou de la moto-pompe.

Fig. 1701



C1270
1968



Amalgam

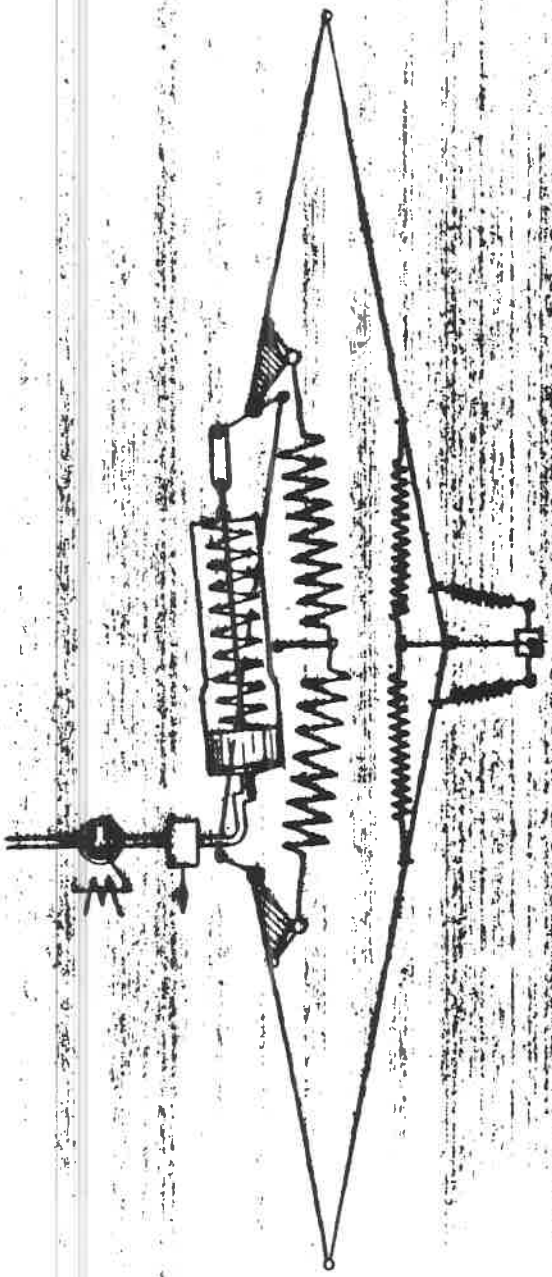


Fig. 1702

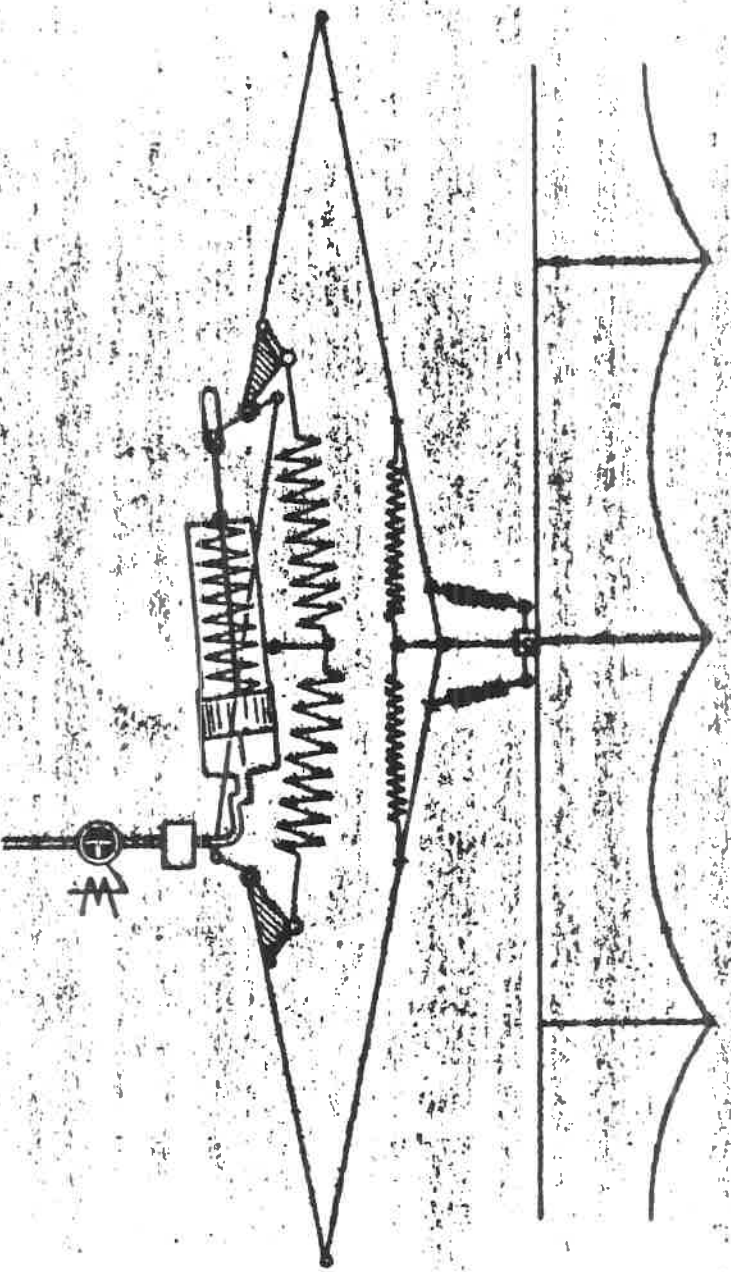


Fig. 1702.A

C 1270 | 17
1968

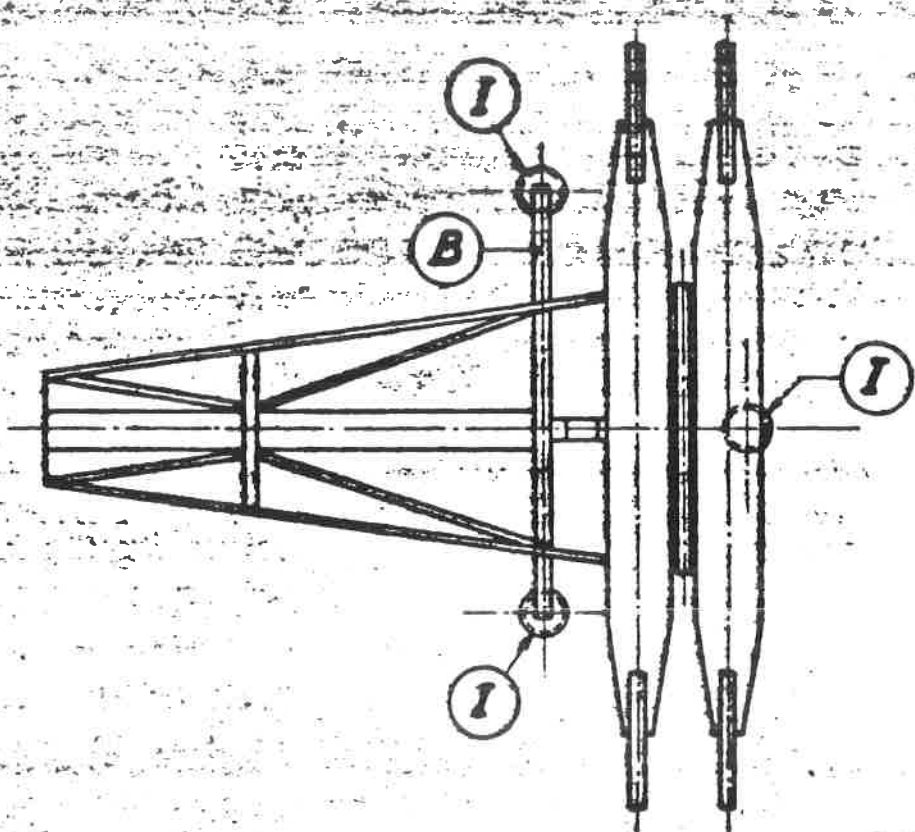
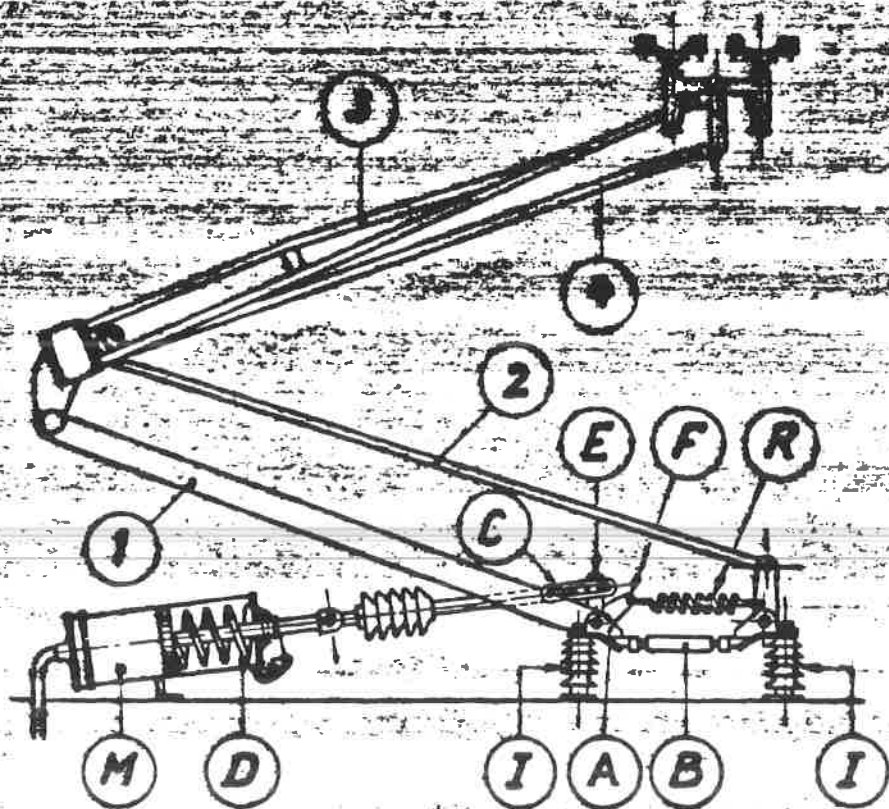


Fig. 1703

C 1270 / 17
1968

Fig. 1705

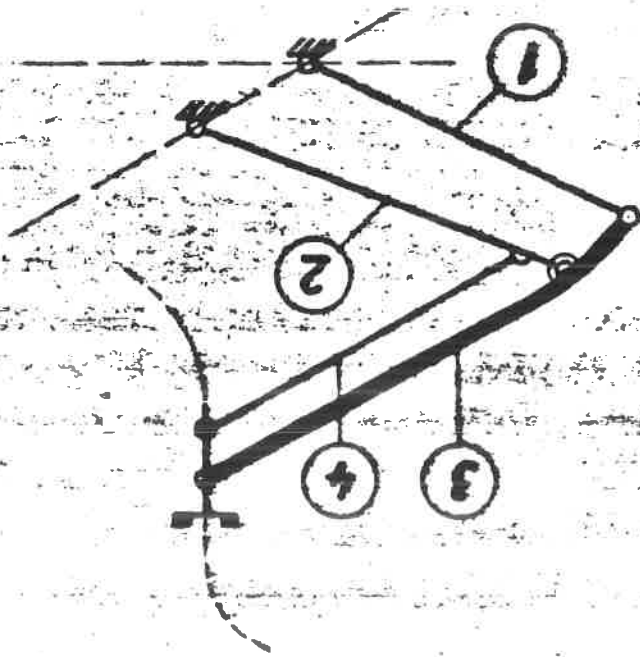
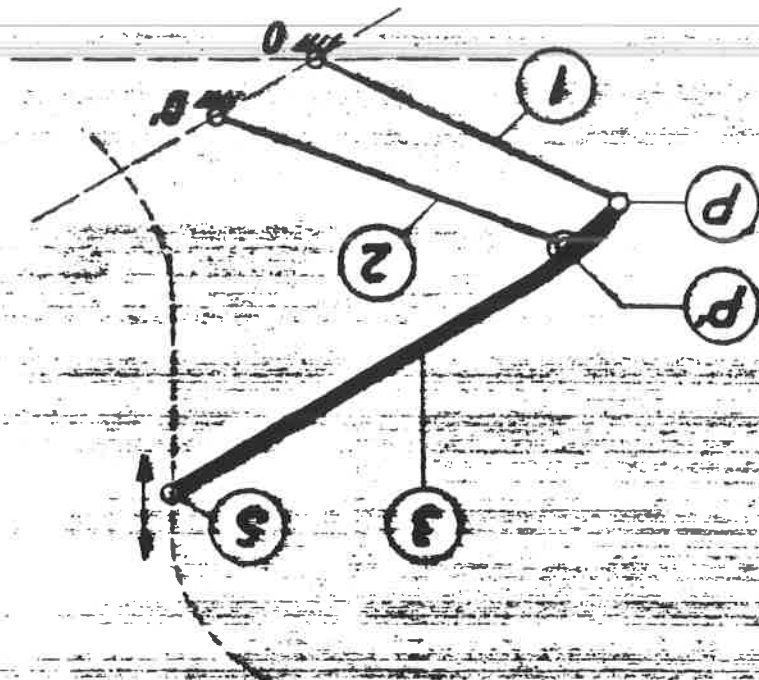
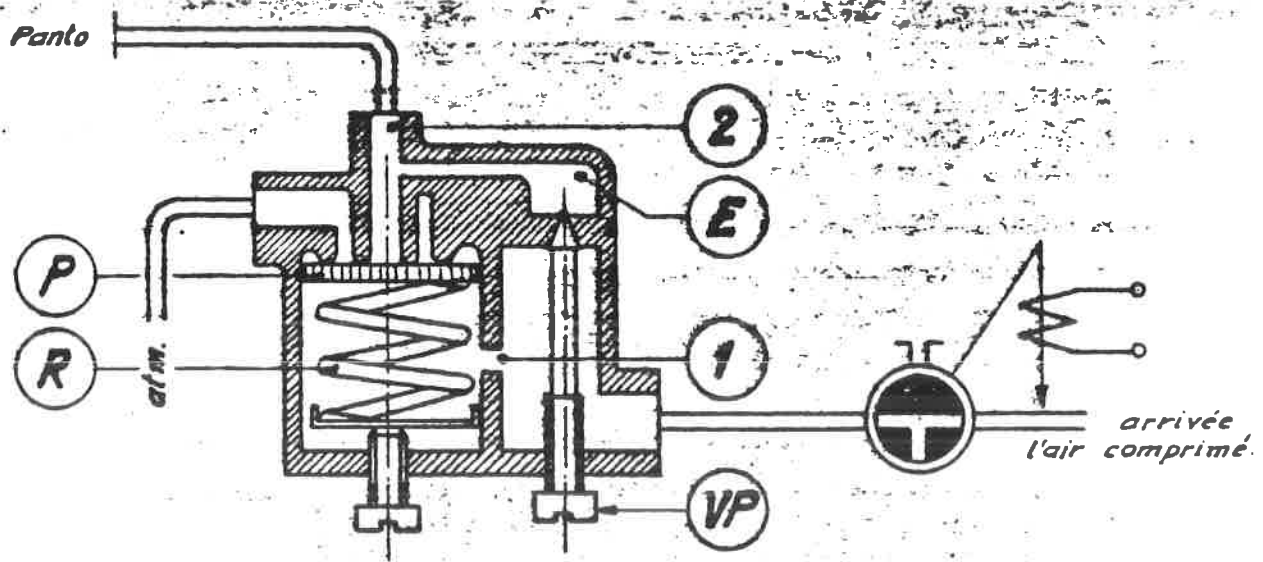
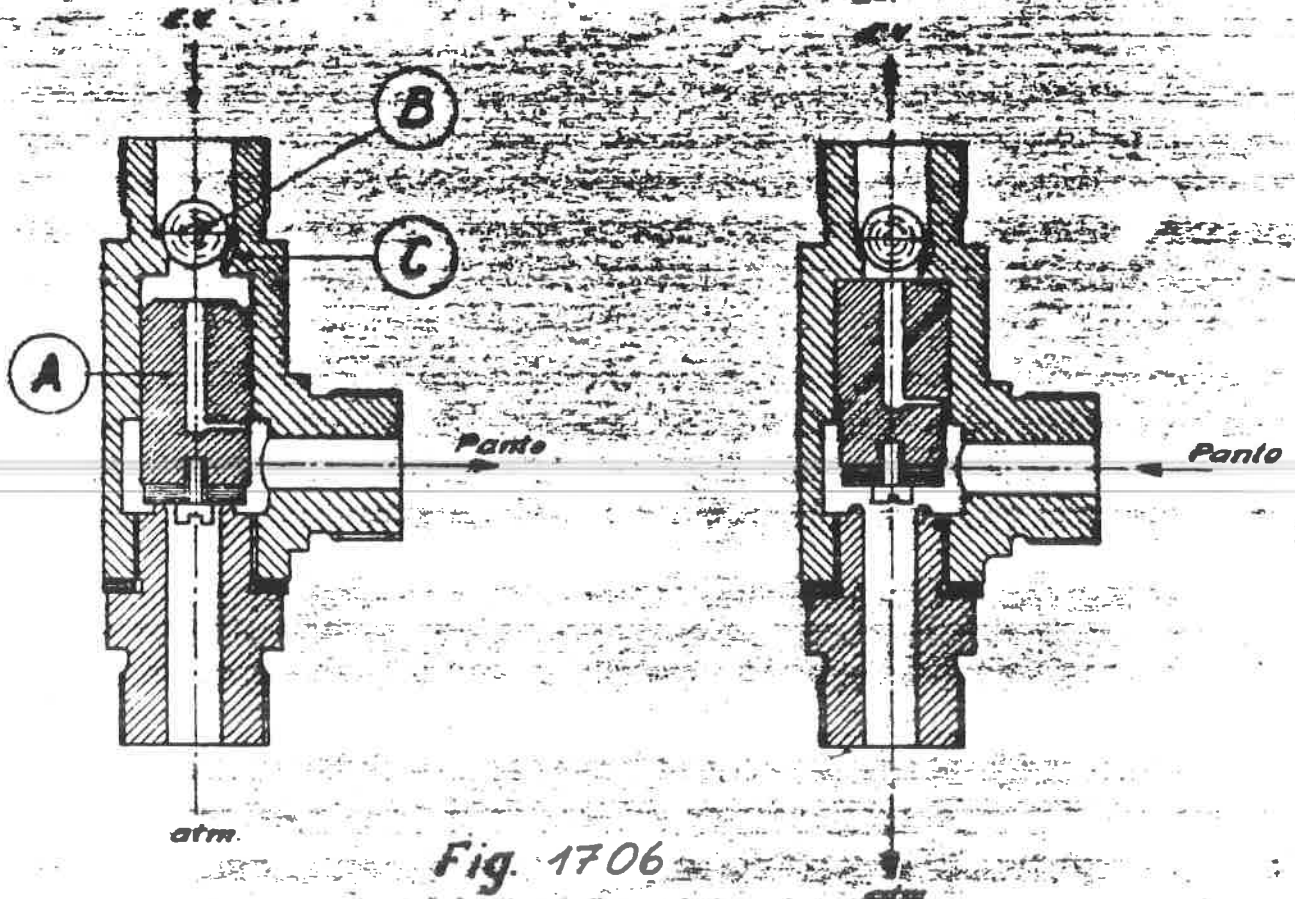


Fig. 1704





C1270 | 17
1968

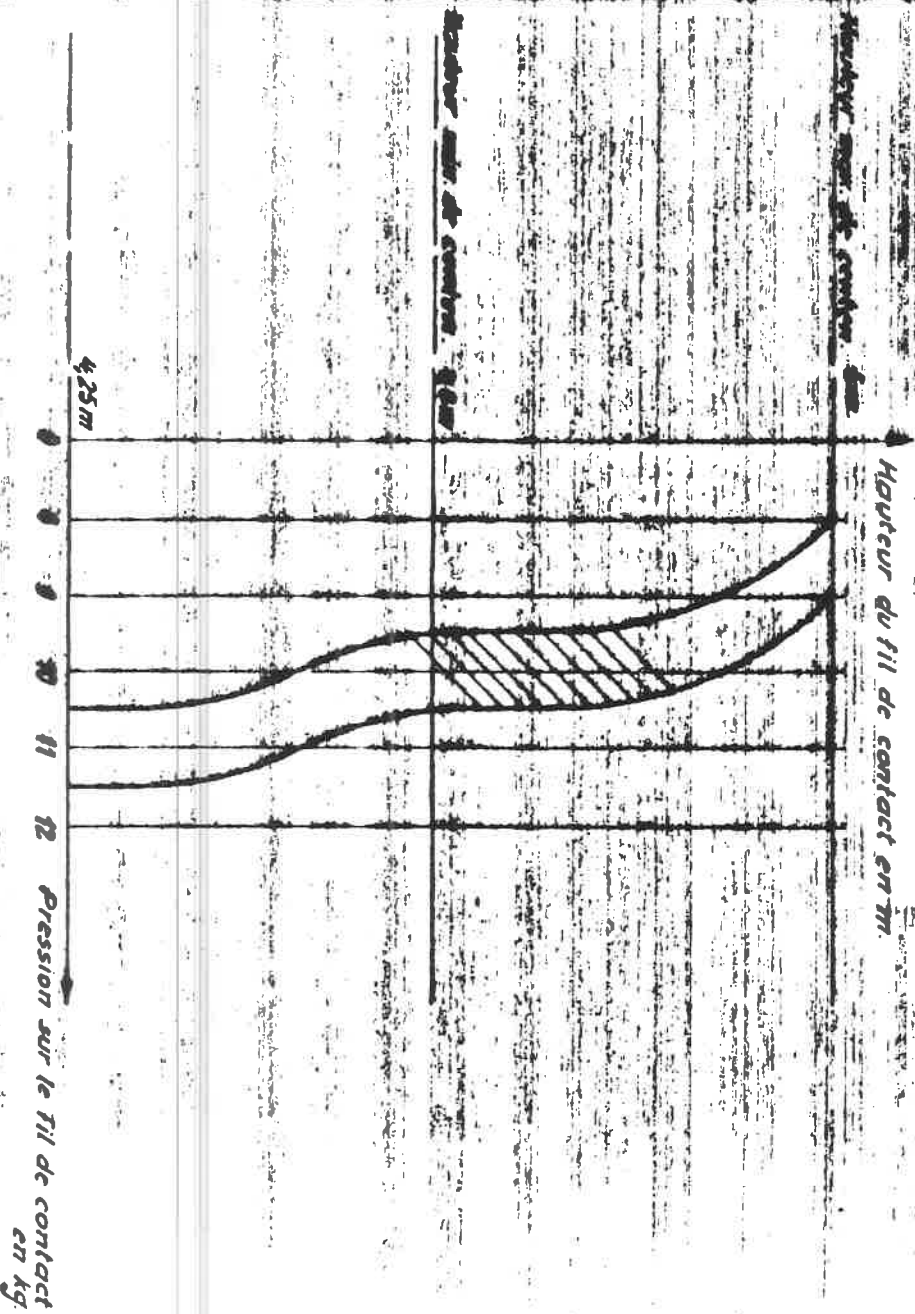


Fig. 1708

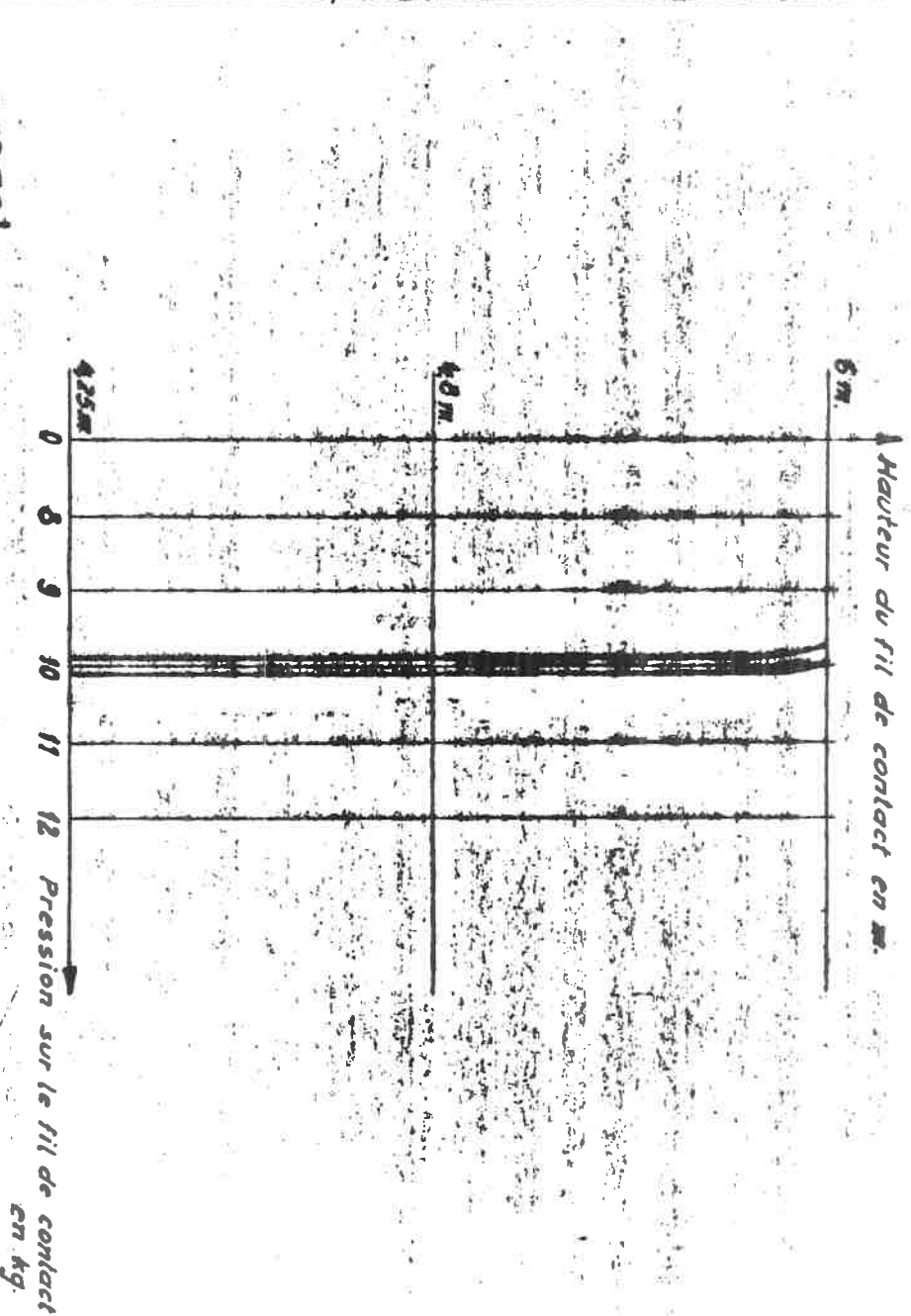


Fig. 1709

C1270 | 17
1968

224

C1970 17 | 1968

Fig. 17.11

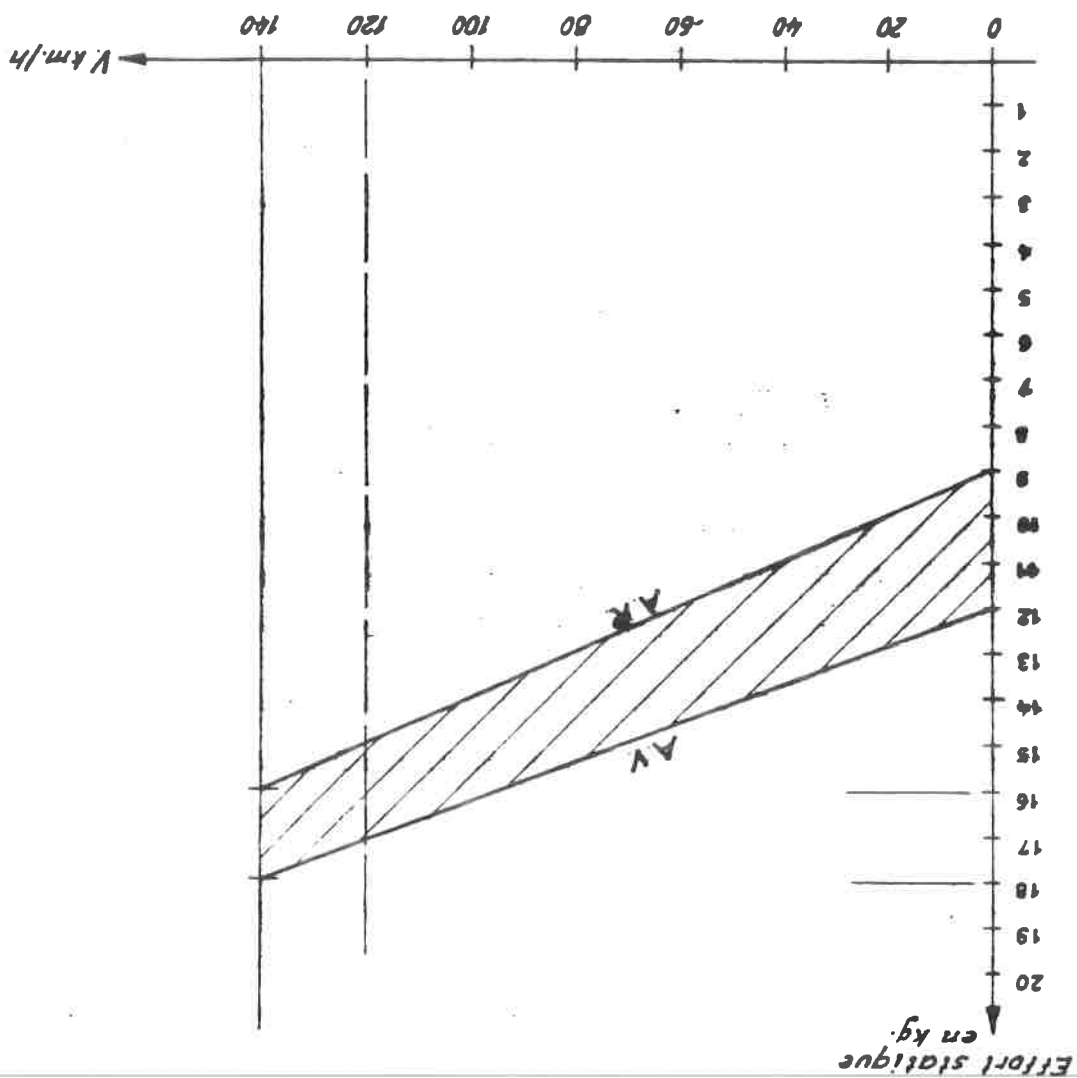
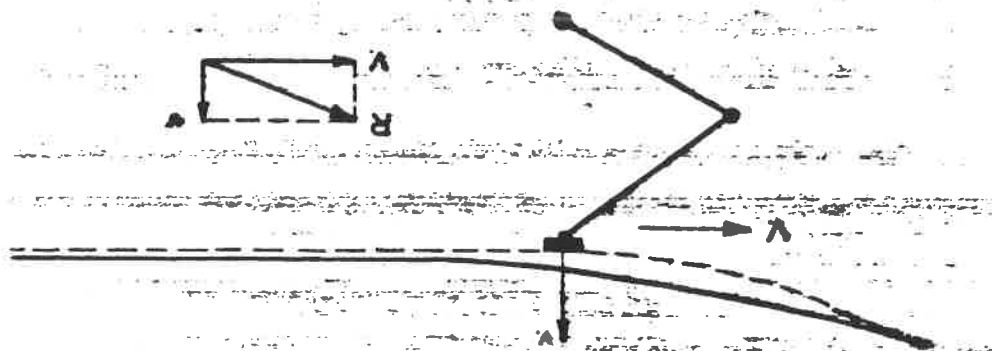


Fig. 17.10



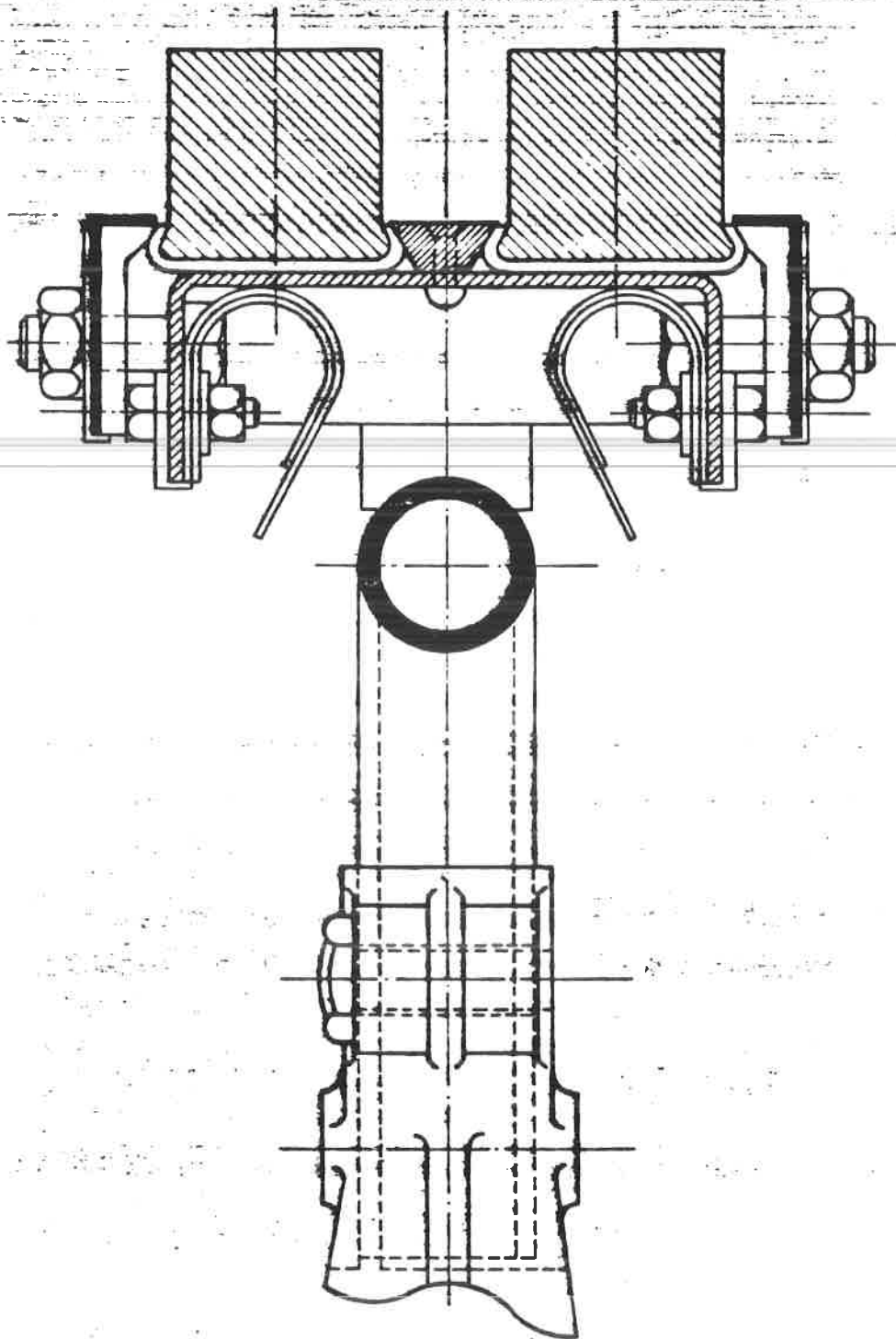


Fig. 17.12.

C1270 | 17
1968

C 1270 / 17
1968

Fig. 17.13.

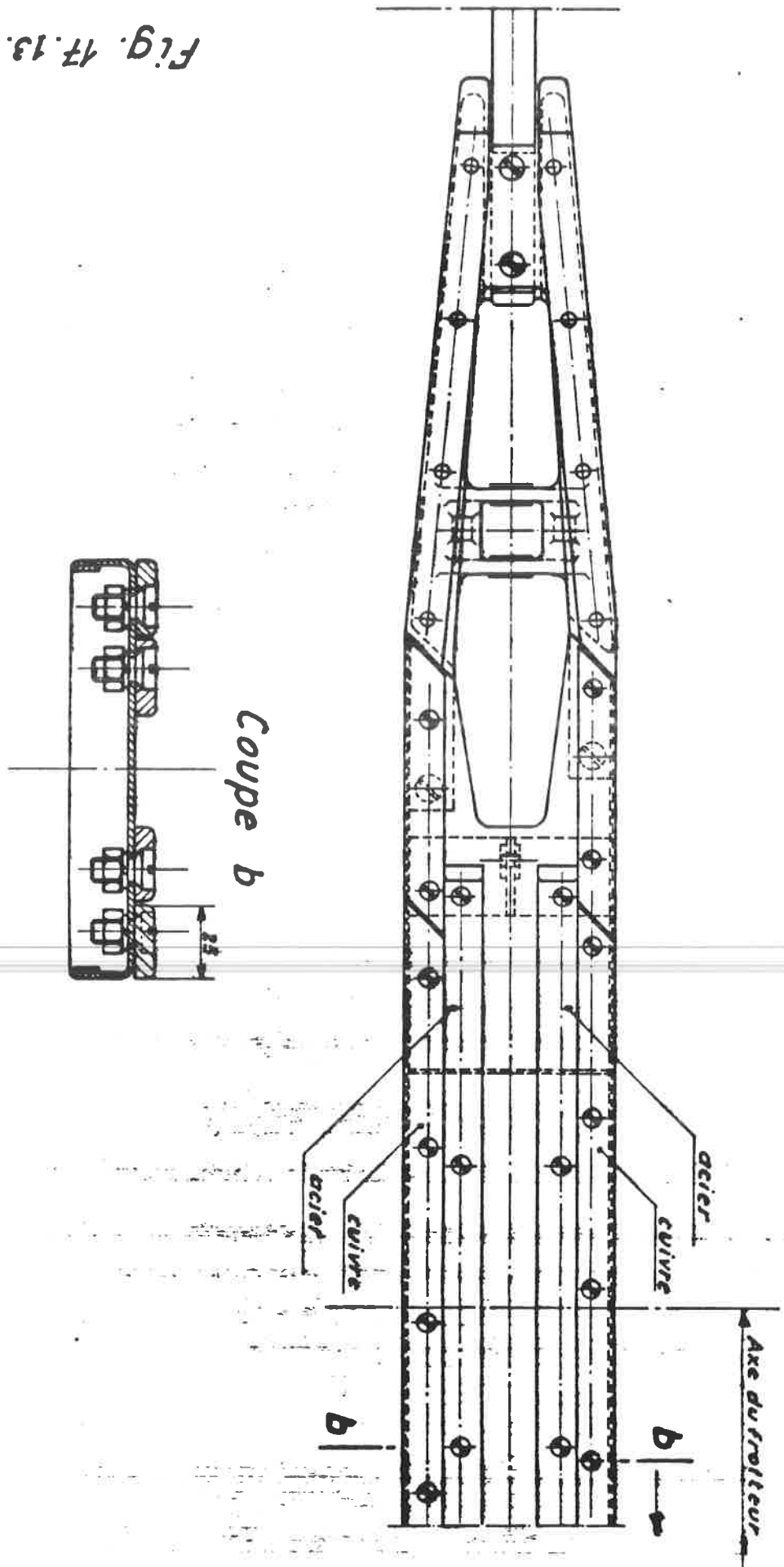


Fig. 17.15

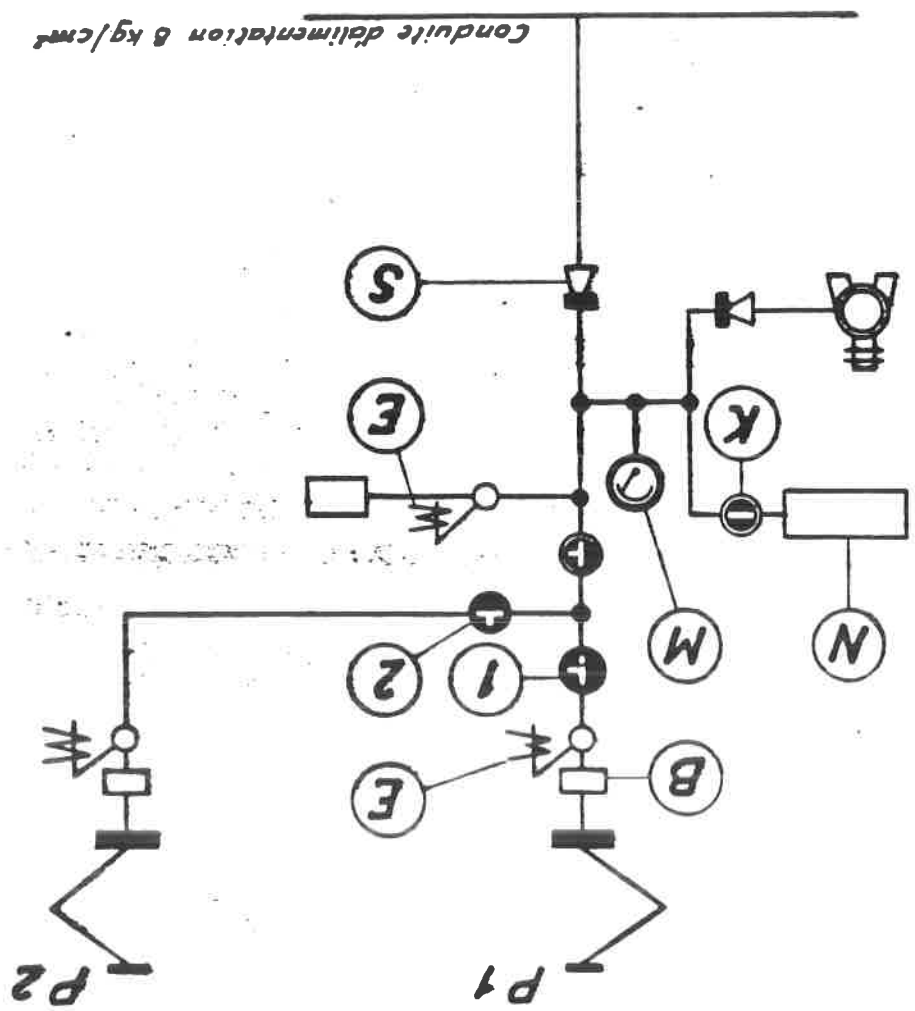
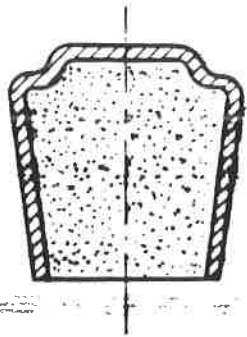


Fig. 17.14



18.1 Arc en courant continu.

Avant d'entamer l'étude de la coupure d'un arc électrique, étudions les conditions nécessaires pour qu'un arc électrique puisse se maintenir.

La fig. 18-1 donne un exemple de la variation de la tension dans un arc de 10 A entre 2 contacts en cuivre distants de 2 cm.

Dans ce cas, une tension d'arc minimale de 60 volts est nécessaire (sinon l'arc s'éteint). Nous constatons que la chute de tension dans l'arc est de ± 10 V alors qu'à une distance de ± 1 mm des électrodes se présente une variation brusque de la tension de l'ordre de ± 10 V à la cathode (-) et de ± 30 V à l'anode (+).

Lorsque le courant augmente, ces chutes de tension diminuent suivant une loi parabolique (fig. 18-2).

Ces tensions augmentent cependant avec la distance entre les contacts c-à-d avec la longueur de l'arc.

Considérons à présent un arc stable de 10 A avec une ouverture de contact de 2 cm.

La tension de l'arc eA est de ± 60 V: cet arc n'est stable que pour autant que le circuit présente une résistance R telle que la relation suivante soit satisfaite:

$$U = eA + Ri$$

par exemple $200 = 60 + 10 \times 14$.

Sur la figure nous voyons qu'une augmentation de la longueur de l'arc (c-à-d de la distance d'ouverture des contacts) jusqu'à 6 cm fait diminuer le courant jusqu'à 3,5 A; la tension de l'arc grimpe vers 150 V

$$200 = 150 + 3,5 \times 14.$$

Si nous augmentons l'ouverture des contacts jusqu'à 8 cm par exemple, nous voyons qu'il n'est plus possible de maintenir un arc à moins que d'augmenter soit i soit U.

Ces considérations forment la base théorique du fonctionnement d'un disjoncteur.

Les phénomènes transitoires lors de la coupure d'un courant non inductif sont représentés à la fig. 18.3 (le courant i diminue avec l'ouverture des contacts tandis que la tension entre contacts augmente suivant la courbe de la fig. 18.1).

2.

18.2 Arc en courant alternatif.

Un arc stable en courant alternatif ne s'éteint pas dès la première alternance mais se réamorçe spontanément dès que la tension est suffisante pour percer le diélectrique entre les contacts. Ce phénomène est facilité lorsque la fréquence augmente puisque dans ce cas les contacts ont moins le temps de se refroidir ce qui favorise l'ionisation.

En courant alternatif les valeurs de i et de e_A doivent être considérés dans le temps (t). Sur la fig. 18.4 l'on voit que la sinusoïde du courant dans l'arc conserve la même forme.

La tension entre les contacts évolue cependant d'une toute autre manière: elle reste constante durant le passage du courant mais forme deux pointes, l'une à l'extinction, l'autre au rallumage.

18.3 Coupure de courant continu.

De ce qui précède, il suffit de faire en sorte que la distance entre contacts ouverts soit telle que l'arc perde sa stabilité et s'éteint.

Dans la pratique toutefois, viennent s'ajouter deux conditions contradictoires:

- 1° la coupure doit être assez rapide pour éviter aux contacts de s'abîmer;
- 2° la coupure ne peut être trop rapide car les surtensions inductives pourraient faire maintenir l'arc plus longtemps encore.

De plus ces surtensions sont néfastes pour l'isolation de l'installation.

Lorsque la surtension d'induction $e = L \frac{di}{dt}$ devient trop grande, l'on peut en effet rester stable assez longtemps.

La fig. 18.5 montre l'évolution dans le temps du courant et de la tension, lors de la coupure d'un courant continu dans un circuit inductif.

Nous constatons que la tension entre contacts e_A peut atteindre le double de la tension de la source U .

La courbe en pointillé présente la variation de la tension pour un circuit purement ohmique.

18.4 Coupure de courant alternatif.

En général, la coupure d'un courant est plus directe en alternatif qu'en continu.

Théoriquement, il suffirait d'ouvrir très rapidement les contacts au moment où le courant passe par zéro.

En pratique, un contacteur de cette précision n'est pas réalisable. L'arc est donc une conséquence d'une coupure de courant ainsi que d'un ou plusieurs réamorçages, causés par le fait que les contacts ne se sont pas encore suffisamment écartés.

La fig. 18.6 montre un oscillogramme d'une disjonction en courant alternatif dans un circuit inductif.

La tension entre contacts, laquelle était 0 en temps (t_0) croît subitement jusqu'à une valeur $+ eA$.

Un réamorçage apparaît lors de la pointe Q et la tension devient $- eA$.

Lors de l'alternance suivante, la pointe R n'est plus à même de faire réamorcer l'arc, la distance entre les contacts étant devenue trop grande.

Par la suite, l'impédance de la ligne est cause de la surtension EM qui provoque une oscillation amortie sur la sinusoïde de la tension.

La fréquence de cette oscillation est fonction des caractéristiques propres du circuit (R - L - C):

18.5 Contacteurs H.T.

La dénomination "contacteur" s'applique généralement pour des courants ou pour des tensions élevés. C'est notamment le cas des circuits de traction et des circuits auxiliaires haute tension.

Dans le cas des circuits basse tension, l'appellation "relais" est plus utilisée.

Pour augmenter le pouvoir de coupure, on utilise des accessoires qui ont toujours pour but d'allonger l'arc et de diminuer le temps de coupure.

- Les cornes de soufflage forment la prolongation des contacts. On les place de préférence verticalement car, à cause de la chaleur, l'arc a une tendance naturelle de monter. Ce fait augmente très rapidement sa longueur et il s'éteint en principe avant l'ouverture complète des contacts (fig. 18.7).

- La boîte de soufflage (fig. 18.8) est placée au-dessus des cornes de soufflage. Elle a pour but de diviser l'arc au moyen d'intercalaires et de parois intermédiaires.

Les flasques latéraux empêchent que l'arc ne touche la masse.

La boîte de soufflage est en matière isolante résistant à l'arc (Pierite).

- Coupure multiple.

L'arc est coupé par 2, 3 ou 4 contacteurs placés en série. De ce fait la distance d'ouverture est multipliée par 2, 3 ou 4 et la vitesse de coupure est multipliée dans les mêmes proportions.

- Ce procédé est notamment utilisé sur le rupteur des automotrices qui comprend 4 contacteurs (fig. 18.9).

- Dans certains cas, l'on insère une résistance dans le circuit, en parallèle sur un contacteur afin de limiter le courant de court-circuit.

Sur la fig. 18.10, nous voyons que le contacteur 1 devra s'ouvrir en premier lieu. Ce système est appliqué sur les automotrices Postales (1935).

Sur tous les contacteurs qui doivent s'ouvrir sous charge, nous trouvons également un dispositif de soufflage magnétique (fig. 18.11).

Les contacts sont placés dans l'entrefer d'un circuit magnétique de façon à ce que l'arc soit poussé vers l'extérieur.

Sur la figure l'on peut contrôler la direction de la force de soufflage au moyen de la règle des 3 doigts.

- L'arc peut également être soufflé au moyen d'air comprimé (cela se fait sur les disjoncteurs en courant alternatif).

- La commande des contacteurs peut se faire de différentes manières: en général, c'est la force d'un ressort qui produit l'ouverture. Ce ressort est tendu lors de l'opération de fermeture du contacteur.

- Pour de faibles puissances (max. 7 A), l'on peut utiliser la commande électromagnétique.

- Lorsqu'il faut couper des courants plus importants, l'on utilisera soit une commande électropneumatique soit une commande mécanique au moyen d'un arbre à cames.

18.6 Fusibles haute tension.

- Comme c'est le cas pour un contacteur, un fusible doit pouvoir copier un courant d'une certaine valeur (surintensité ou courant de court-circuit) sans subir un dommage notable.

Dans le cas des hautes tensions, il s'agit d'un problème difficile. De toute manière, il s'agira d'éteindre l'arc.

- Un système simple, encore en service sur du vieux matériel (FS) consiste en deux cornes réunies par un fil fusible (fig. 18.12).

- Un fusible plus classique comprend un tube isolé muni à l'intérieur d'un fil fusible (fig. 18.13).
Le dégagement brutal de gaz provoqué par la fusion du fil ainsi que l'extrême température de l'arc, provoque une explosion qui sépare les deux extrémités des fils avec une grande vitesse.

Comme pour la basse tension, il y a des normes auxquelles les fusibles H.T. doivent satisfaire. Ainsi nous voyons sur le diagramme de la fig. 18.14 qu'un fusible de 300 A (valeur nominale) fondra après 10 sec. pour un courant de 1 200 A.

Ce n'est que pour un courant de court-circuit de plusieurs milliers d'ampères que la vitesse de coupure est suffisamment élevée (60 m.sec) pour éviter des dégâts aux installations.

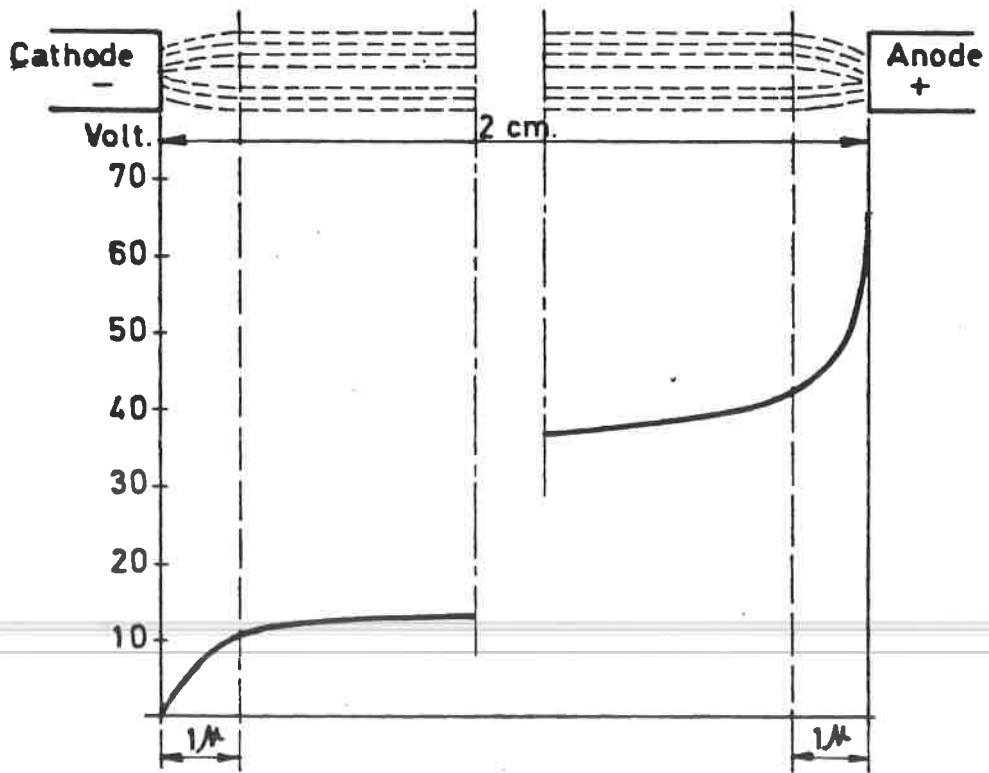


Fig. 1801.

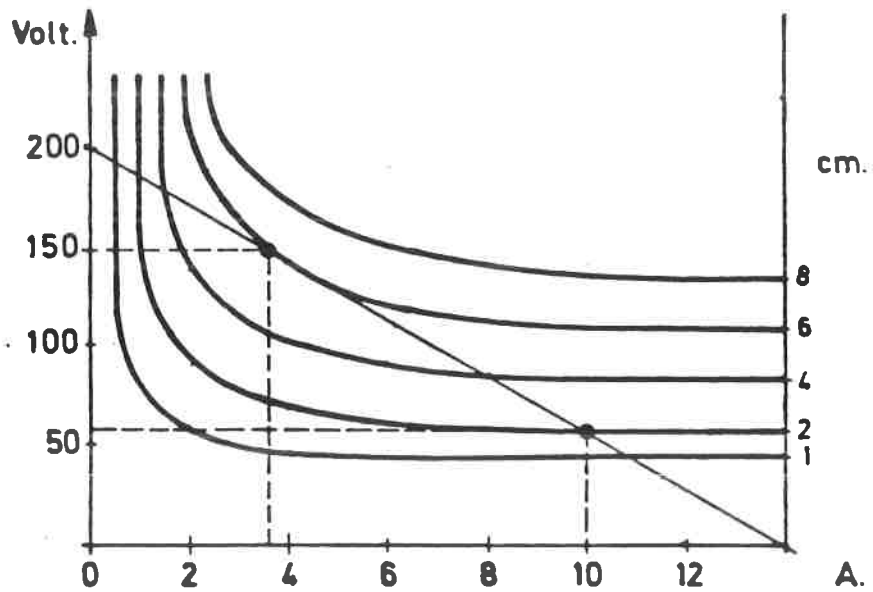


Fig. 1802.

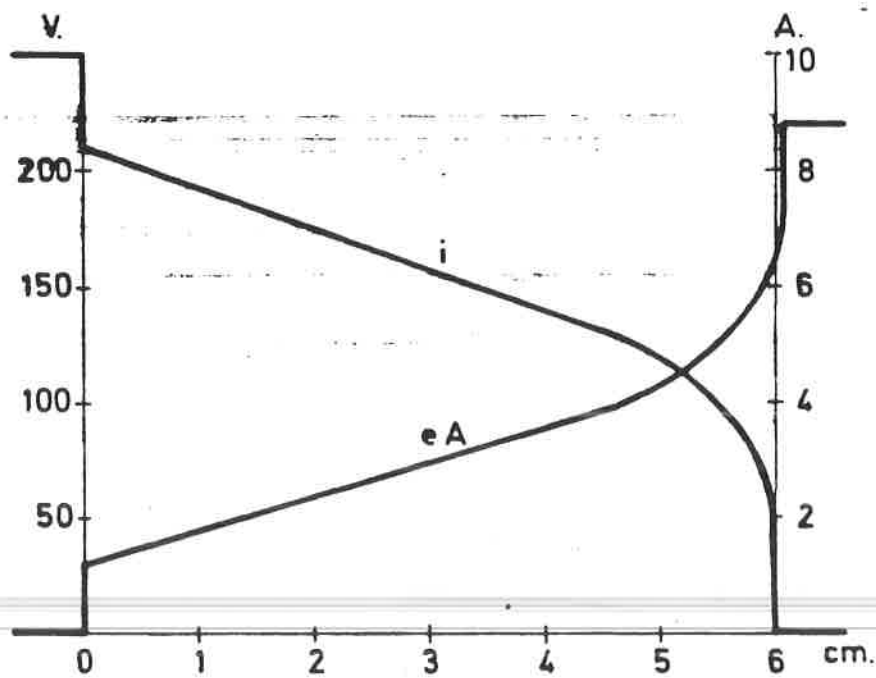


Fig. 18.03.

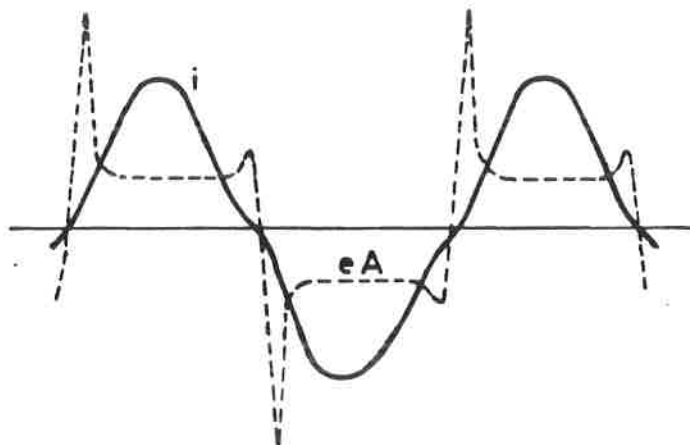


Fig. 18.04.

C1270 | 18
1968

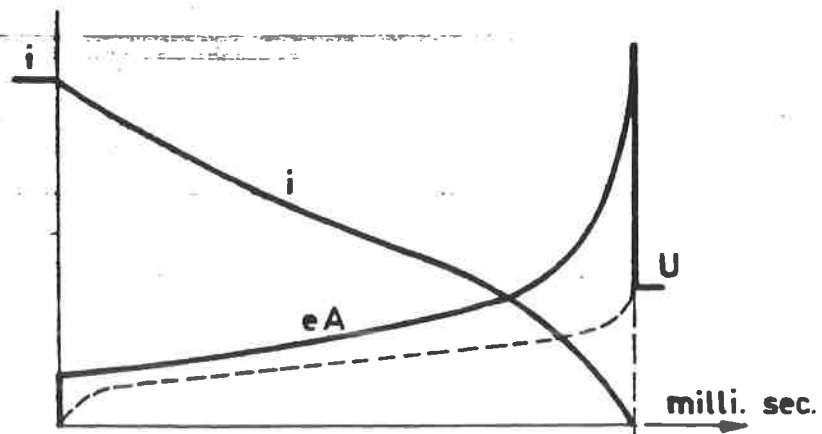


Fig. 18.05.

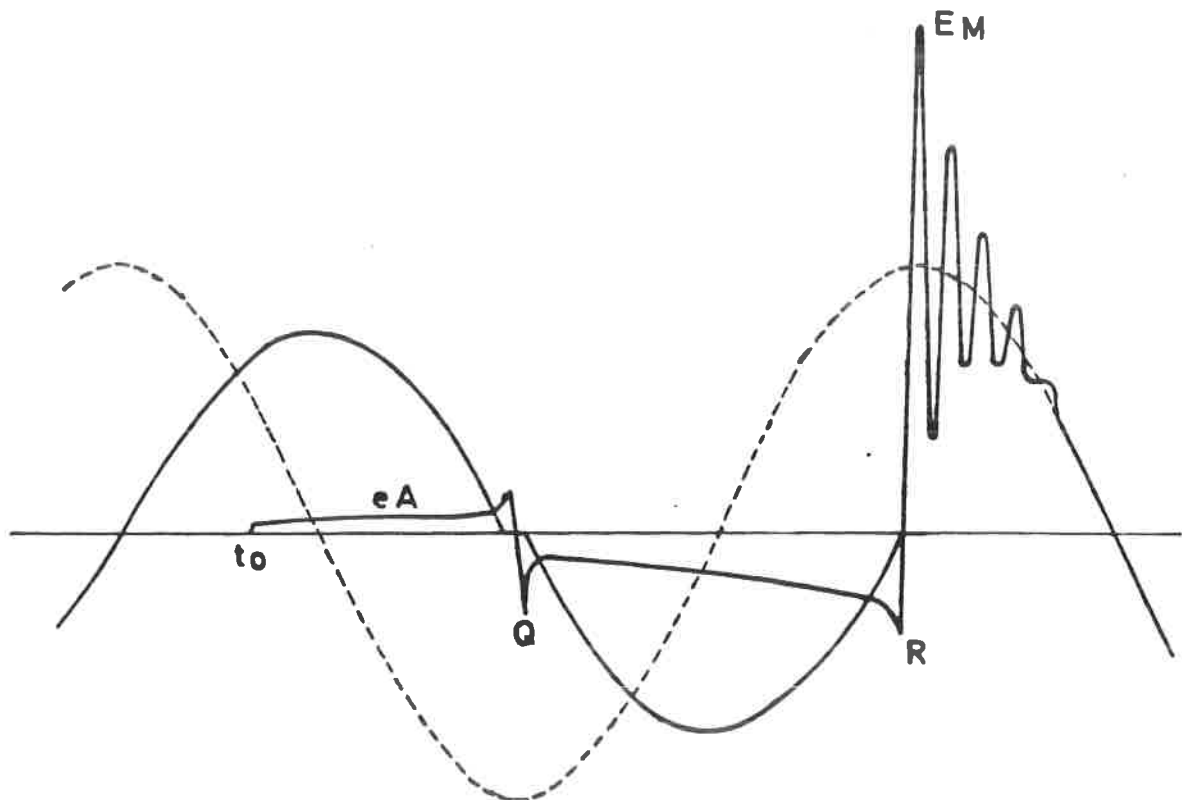


Fig. 18.06.

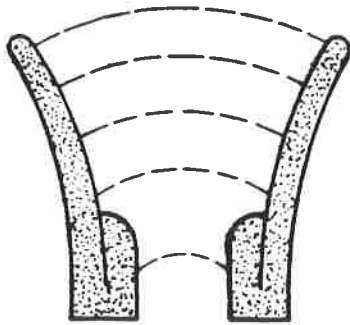


Fig. 18.07.

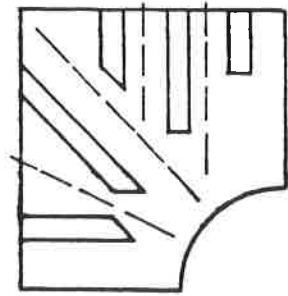


Fig. 18.08.



Fig. 18.09.

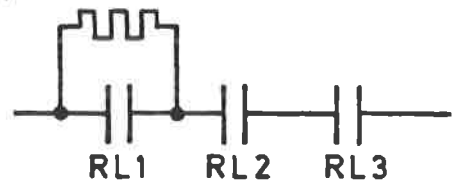


Fig. 18.10.

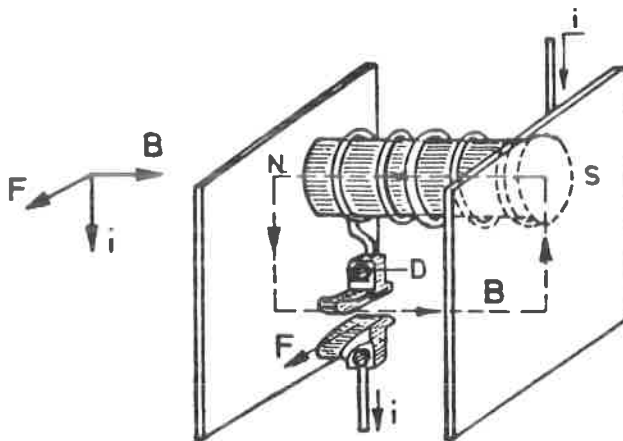


Fig. 18.11.

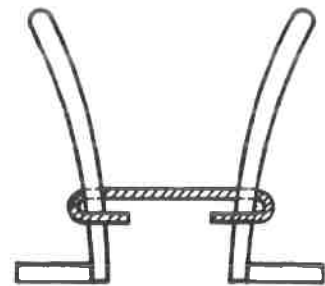


Fig. 18.12.



Fig. 18.13.

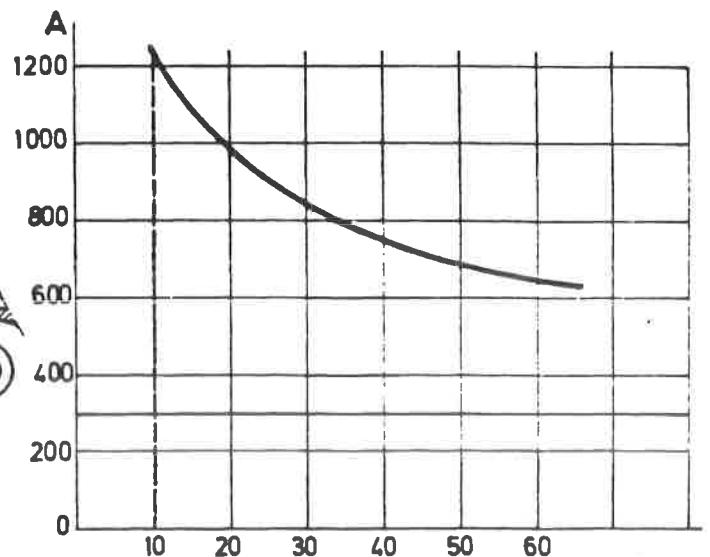


Fig. 18.14.

C 1270 | 18
1968

TYPES DE CONTACTEURS H.T.- DISJONCTEURS.

19.1. Choix du contacteur.

Les contacteurs H.T. sont toujours munis d'un dispositif de soufflage d'autant plus puissant que le courant à couper est plus grand.

De même, la boîte de soufflage comprendra plus ou moins d'intercalaires.

En ce qui concerne la commande du mouvement de cet appareil, nous distinguons 3 types :

19.2. Commande électromagnétique.

L'électro-aimant (la bobine) doit, en fermant les contacts, tendre un ressort lequel servira pour l'ouverture brusque.

L'effort devra être plus grand lorsque le courant à couper sera également grand (les pièces mobiles deviennent plus lourdes). La bobine deviendra donc également plus grande de même que le courant absorbé (on admet max. 0,5 A).

Finalement les facteurs prix de revient et poids jouent un rôle de façon à ce que dans la pratique on ne fabrique pas de contacteurs électromagnétiques pour un courant nominal supérieur à 7 A.

La fig 19.1 montre un contacteur électromagnétique.

Le contact mobile (1) est fixé sur une armature mobile (2) laquelle est attirée par le noyau de la bobine (3) alimentée en courant continu.

L'effort exercé sur l'armature, pour comprimer le ressort (4) , dépend du nombre d'ampère-tours de la bobine.

Le contact mobile (1) roule en fait sur le contact fixe (5) cependant que le ressort (6) se comprime. De cette manière le passage normal du courant se fait par le talon.

L'armature mobile (2) peut porter le cas échéant un certain nombre d'interlocks.

Les contacteurs électromagnétiques sont utilisés sur les automotrices et locomotives électriques pour les circuits H.T. auxiliaires (compresseur, ventilateur, etc...).

La tension minimale de fonctionnement prescrite est de 60 Volts mais en réalité ils arrivent à fonctionner pour 45 à 50 Volts.

2.

Ils sont utilisés pour des courants maximaux de 15 A. et sont équipés, suivant le cas, de bobines de soufflage différentes (2 - 7,5 ou 15 A).

Remarquons que l'inversion des connexions de la bobine de soufflage aurait comme conséquence, la destruction du contacteur (l'arc est soufflé vers l'intérieur).

Par contre l'inversion des câbles d'arrivée et de départ au contacteur n'aurait aucun effet sur le soufflage (vérifiez cela).

19 .3. Commande électropneumatique.

La commande électropneumatique permet de fabriquer des contacteurs depuis 1 A jusqu'à 500 A (et plus) bien que pour des faibles courants, le prix de revient soit plus grand que pour un contacteur électromagnétique.

Un inconvénient est certes le fait que le mécanisme nécessite plus d'entretien car de nombreuses pièces sont sujettes à usure (~~piston - joint - électrovalve, etc...~~).

Une source d'air comprimé est nécessaire; cela ne présente pas de problème pour le matériel de traction.

Ce type de contacteur est encore utilisé dans les circuits de traction du matériel moderne (DB - CFF) ainsi que dans nos anciens équipements (h1e série 29, AM 39).

On l'utilise également pour le circuit de chauffage train de nos locomotives électriques (2 contacteurs placés en série). La fig. 19. 2 représente un contacteur électropneumatique.

L'excitation de l'électrovalve (1) admet de l'air dans un cylindre (2) déplaçant le piston (3) et comprimant son ressort(4.)

Dans son mouvement, la tige ⁽⁵⁾ du piston entraîne un culbuteur (7) qui pivote autour de l'axe (6) du support fixe (8).

Le mouvement du culbuteur provoque, par l'intermédiaire de la pièce (9), le mouvement du contact mobile. Lorsque ce dernier entre en contact avec le contact fixe (11), la pièce (9) pivote autour de l'axe (18) du culbuteur, entraînant la tige (12) qui comprime le ressort (19) assurant ainsi la pression de contact.

Lorsque l'électrovalve n'est pas excitée, le ressort de rappel 4 ramène le piston dans sa position de repos et les contacts H.T. se séparent.

Ces contacts se trouvent dans une boîte de soufflage (15). La bobine de soufflage (13) ainsi que les cornes de soufflage (14) assurent l'extinction de l'arc.

Lors de son déplacement, la tige du piston (5) entraîne un blochet isolant (16) comportant des contacts (17) permettant de réaliser certains verrouillages électriques.

Ces contacts basse tension sont appelés des "interlocks". Ils sont de 2 types : contacts "normalement fermés" et contacts "normalement ouverts".

Les contacteurs sont réglés de façon à ce que l'arc de coupure se produit à l'extrémité des contacts et non à l'endroit où il y a normalement passage de courant.

Le profil des contacts est tel que lors de la fermeture, les "pointes" se touchent en premier lieu et ensuite les "talons".

Le mouvement de roulement des contacts a également pour conséquence une usure minime ainsi qu'un moindre risque de "collage".

Les contacteurs en question doivent encore fonctionner correctement pour une tension de 60 Volts et une pression d'air de 3,5 kg/cm².

Certains contacteurs sont munis d'un circuit de soufflage magnétique à aimant permanent (sur les locomotives ces aimants sont peints en rouge).

19. 4. Commande par arbre à cames.

L'équipement d'un engin de traction nécessite un grand nombre de contacteurs qui doivent fonctionner dans un ordre bien déterminé (élimination des résistances de démarrage, etc..).

Dans ce cas il est parfois avantageux de placer les contacteurs sur une rangée et de les commander au moyen d'un arbre à cames (une came par contacteur).

Ces cames en matière isolante sont disposées de façon à fermer et ouvrir les contacteurs en ordre voulu.

L'entraînement de l'arbre à cames se fait avec un mécanisme spécial (électrique ou pneumatique) de façon à obtenir un fonctionnement pas à pas infallible (par exemple 43 positions sur une locomotive).

Un point faible de ce système est le fait qu'un mauvais positionnement d'une came laisse le contacteur partiellement ouvert (par exemple en commande manuelle) avec comme conséquence immédiate : "coup de feu à la masse".

La fig 19.3 montre le montage de 2 contacteurs à commande par arbre à cames.

Au contacteur a) (locomotives) la came provoque l'ouverture des contacts et le ressort (4) ferme ces contacts.

4.

Par contre, sur le contacteur b) (automotrices), le ressort sert pour l'ouverture des contacts tandis que la came les ferme.

Il est prévu de toute façon un dispositif qui maintient la pression de contact constante (culbuteur repère 5).

Par ailleurs, nous trouvons sur les 2 types de contacteurs : une bobine de soufflage (5), une boîte de soufflage (6) ainsi que des cornes de soufflage (7).

19. 5. Rupteur (automotrices).

Le rupteur des automotrices ne remplit pas le même rôle que le disjoncteur (DUR) des locomotives.

1. Il ne protège que le circuit de traction tandis que les circuits auxiliaires sont protégés par des fusibles.
2. Il sert à couper le circuit de traction lors du fonctionnement normal de l'équipement.

Ainsi, lors de la régression de SP shunté vers SP ou de SP vers S ou 0, on ouvrira préalablement le rupteur afin de ne pas solliciter outre mesure les contacteurs.

Dans un but d'allègement ceux-ci ne sont pas dimensionnés pour la coupure du courant.

Le rupteur est constitué de 4 contacteurs électropneumatiques.

Sur la fig 19.4 le rupteur est représenté par les électrovalves des 4 contacteurs (RL1 à RL4).

L'alimentation vient du fil CD, par l'I.C. panto, contrôle, manipulateur, inverseur, interrupteur SA, tambour d'asservissement de l'inverseur H.T., contact de contrôle de la position de repos de l'équipement (JH à 1) et retourne au négatif par les contacts du relais de pression (control switch) via le fil 8.

Nous voyons que le circuit est bipolarisé pour des raisons de sécurité.

Le contact Q72 est un relais de substitution des relais de protection tels que relais tension ulle, contacteur d'alimentation du moteur JH, relais maxima et différentiels.

Le rupteur peut donc déclencher soit par le fait de ramener le manipulateur à 0 soit par une autre interruption du circuit.

Remarquons aussi qu'un interlock sur le RL2 se ferme lorsque le rupteur est fermé et permet ainsi la progression du JH (élimination des résistances de démarrage).

Remarque.

Lors d'un court-circuit, le rupteur est ouvert par l'intermédiaire du relais à maxima et du Q72.

Ceci ne constitue pas une coupure ultra-rapide et il n'est pas à conseiller de répéter cette opération à court intervalle.

Il est recommandé d'attendre 1 minute avant de l'enclencher à nouveau (ionisation).

Lors de disjonctions répétées sur court-circuit, il y a risque de coup de feu à la masse sur le RL1.

DISJONCTEURS.

19.6 Disjoncteur à courant continu.

En courant alternatif, le courant de court-circuit est limité aussi bien par la réactance que par la résistance ohmique. Cela signifie que le courant de court-circuit à tension et résistance ohmique égales sera plus petit qu'en courant continu.

De plus, le courant alternatif passe deux fois par période, par une valeur nulle. Un disjoncteur pour courant alternatif doit être conçu de telle sorte qu'il n'y ait pas de réallumage de l'arc entre les contacts ouverts après que le courant soit devenu nul.

Le réallumage est évité en augmentant plus rapidement la rigidité diélectrique du milieu entre les contacts par rapport à la tension de retour.

Comme nous le savons, c'est de l'air comprimé qui est utilisé la plupart du temps pour éloigner l'air ionisé. Dans les circuits à courant continu, la valeur du courant de court-circuit est seulement limitée par la résistance ohmique.

Un courant de court-circuit évolue suivant la courbe 1 de la fig. 19.5.

Cette courbe exponentielle a comme expression mathématique :

$$i = I_u (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

dans laquelle

$$e = 2,781$$

$$\tau = \frac{L}{R} \text{ (en sec).}$$

i = courant instantané

I_u = courant de court-circuit maximum.

La pente de la courbe 1 à l'origine, est représentée par la tangente:

$$x = \frac{I_u}{\tau}$$

Celle-ci est donc proportionnelle au courant de court-circuit permanent et inversement proportionnelle à la constante de temps.

Donc, plus grand est le courant de court-circuit, plus raide est la pente.

De ce raisonnement, il apparaît que le disjoncteur doit effectivement couper un courant. Il convient donc d'éviter les effets thermiques au moment de l'interruption. Pour cela, il faut faire travailler le disjoncteur aussi rapidement que possible. Il faudra donc un disjoncteur ultra-rapide (disjoncteur ultra-rapide = DUR).

De plus, la vitesse d'accroissement du courant doit être diminuée par un artifice. Cela est obtenu grâce au soufflage magnétique qui oblige l'arc à s'allonger, donc à augmenter sa résistance interne.

A ce moment, le courant n'augmente plus suivant la courbe théorique 1, mais suivant la courbe 2 moins raide de la fig. 19.5.

Sur cette figure, nous voyons qu'il se passe toujours quelques millisecondes avant que la valeur " i_k " (valeur de déclenchement) ne soit atteinte. Le temps de fonctionnement propre au disjoncteur est ici négligé.

Après une dizaine de millisecondes (t_2), le courant maximum est atteint, et après 30 à 50 millisecondes (t_3), le courant est complètement coupé.

La fig. 19.6 donne un oscillogramme d'un courant de court-circuit de 23.500 A qui fut coupé par un DUR (6e-Co). Nous voyons que la vitesse originelle d'accroissement du courant est de 3.600 kA par seconde.

Comme l'essai s'est déroulé en Amérique, la base du temps est fournie en 60 Hz.

Le temps total d'extinction est de 325 msec.

19.7- Fonctionnement DUR.

La protection de l'ensemble des circuits à haute tension des H1e et des automotrices types 75-76-77, 80-82-83 est assurée par un disjoncteur ultra-rapide (DUR).

Le disjoncteur déclenche :

a) directement :

Lorsqu'il est traversé par un courant de surcharge qui atteint sa valeur de réglage.

b) indirectement :

Pour différentes raisons, propres à chaque type de locomotive, mais toujours :

1. Lors du fonctionnement :

- des relais à maximum de protection des moteurs de traction;
- du relais à maximum de protection du circuit de chauffage-train;
- du relais différentiel de protection des circuits traction et groupes auxiliaires;
- du relais tension nulle;
- du circuit de veille automatique.

2. Lors de l'ouverture du bouton-poussoir du DUR.

En principe, le DUR est constitué par une armature mobile L portant le contact mobile et par une armature magnétique fixe A sur laquelle sont enroulées deux bobines (fig. 19.7).

- une bobine de maintien M, alimentée en basse tension;
- une bobine S, parcourue par le courant total du circuit à protéger (bobine de déclenchement).

L'enclenchement du disjoncteur est réalisé au moyen d'une commande pneumatique. Son maintien est assuré par la bobine M.

En cas de surintensité, la bobine S en opposition avec la bobine M annule l'action de celle-ci et permet au ressort R de déclencher le DUR.

Le circuit de la bobine M comporte de nombreux contacts de divers relais; lors du fonctionnement d'un de ces relais, le courant est interrompu dans la bobine de maintien M si bien que le DUR déclenche.

A cause de l'inertie relativement grande du levier mobile Z, relié dans tous ses mouvements au piston P, le déclenchement serait trop lent pour assurer une coupure énergique de courants de grande intensité si des précautions spéciales n'étaient pas prises. C'est pourquoi le contact mobile C' est porté par un levier B à faible inertie, pivotant autour de l'extrémité H de l'armature mobile L, pivotant elle-même autour du pivot fixe O, solidaire du bâti. Le piston P fait pivoter le bras Z autour de l'axe fixe Q tout en sollicitant un fort ressort de rappel R et enclenche le DUR.

La bobine de maintien M étant alimentée, l'armature mobile L est maintenue contre l'armature fixe A.

Deux groupes de contacts auxiliaires ou interlocks ($t = DUR_1$ et $t' = DUR_2$) sont commandés par les leviers B et Z.

L'enclenchement s'opère en deux temps.

En excitant l'électrovalve E, l'air comprimé, admis dans le cylindre repousse le piston P du cylindre A, qui comprime le ressort (R). La tige, du piston fait pivoter le levier Z autour de l'axe Q, ce qui, dans la première partie de la course du piston, fait pivoter le levier B autour du point H et sollicite le ressort R.

Pendant la seconde partie de la course du piston, l'ensemble constitué par le levier B et l'armature L, pivote autour de l'axe O, ce qui amène le contact mobile C' à quelques millimètres du contact fixe C; l'armature L est appliquée mécaniquement contre le noyau de la bobine de maintien (fig. 19.8).

L'un des interlocks t, manoeuvré par le levier H, ferme à ce moment le circuit d'alimentation de la bobine de maintien M maintenant l'armature mobile L collée contre l'armature fixe par attraction magnétique.

En lâchant le bouton-poussoir "réarmement", l'électrovalve d'enclenchement n'est plus alimentée et le cylindre est mis à l'atmosphère. Le piston revient en arrière sous l'action de son ressort de rappel, entraînant le levier Z.

Le ressort R qui avait été sollicité dans la première phase fait brusquement pivoter le levier B autour de l'extrémité H de l'armature L. Le contact mobile C' est appliqué sur le contact fixe C et le DUR est maintenant fermé (fig. 19.9).

Le retour en arrière du levier Z a pour effet d'ouvrir les interlocks t'. Dès que l'attraction de l'armature L due au flux produit par la bobine M est annulée, soit parce que la bobine n'est plus alimentée, soit parce qu'à son flux s'oppose un flux antagoniste important (produit par une surintensité dans la bobine série S), l'action du ressort R devient prépondérante et le disjoncteur déclenche en un temps excessivement court (1/100 seconde).

19.8 - Schéma de commande (fig. 19.10).

Pour exciter l'électrovalve d'enclenchement EVD, le conducteur doit fermer un des interrupteurs "DUR".

Le contact d'un relais (Q72) autorisera d'alimenter la bobine de maintien pendant la phase de réarmement du DUR.

La bobine de ce relais est alimentée au travers des contacts de la veille automatique, du frein (CRM) et des relais de protection. L'utilisation de ce relais (Q72) permet de protéger les contacts basse-tension des relais de protection contre les effets de self-induction s'ils devaient couper le courant de la bobine M.

Lorsque l'interrupteur "réarmement" est maintenant fermé, le positif de la batterie est appliqué au travers de l'interlock A du DUR₁ à condition qu'un contact de sécurité du 3H ou du tambour de contrôle se trouve dans sa position fermée de repos.

L'interlock A du DUR₁ est fermé lorsque le DUR est déclenché. Aussitôt, que l'électrovalve est alimentée, la première phase de la fermeture commence et les interlocks DUR₂ sont manoeuvrés : un de ceux-ci court-circuite l'interlock A du DUR₁ pour permettre d'assurer l'alimentation de l'électrovalve lorsque l'interlock A s'ouvrira.

Lorsque le conducteur relâchera l'interrupteur "réarmement", l'alimentation du fil 30, donc de l'électrovalve EVD sera interrompue. Les contacts du DUR fermeront comme il a été expliqué ci-dessus tandis que le levier de commande du DUR₂ retourne à sa position originelle.

Le DUR reste enclenché sous l'action de sa bobine de maintien; sitôt qu'un des contacts de sécurité (par exemple CRM, RTN, QD ou un autre) s'ouvre ou que le conducteur ouvre un des interrupteurs URGENCE, PANTOGRAPHES ou DUR, le relais Q72 ne sera plus alimenté avec comme conséquence que le flux de la bobine de maintien disparaîtra. Le DUR déclenchera.

19.9 - Disjoncteur à courant alternatif.

Comme il a été démontré plus haut, la coupure d'un courant s'effectue plus rapidement en alternatif qu'en continu. La durée d'un courant de court-circuit est principalement déterminée par le temps nécessaire pour transmettre l'ordre d'ouverture au contact mobile; c'est de l'ordre d'une cinquantaine de millisecondes.

Le courant est pratiquement coupé lors de son premier passage par 0, au maximum après 10 msec.

En principe, il ne peut y avoir un réallumage de l'arc. Pour cela, on prévoit un vigoureux soufflage par air comprimé. La fig. 19.11. montre un oscillogramme d'un court-circuit d'essai avec un disjoncteur 25 KV Brown-Boveri.

Nous voyons que le courant présente une pointe de 8 KA, ce qui signifie un pouvoir de coupure de 200 MVA.

De plus, nous constatons également dans ce diagramme que le court-circuit existait déjà depuis 1 1/2 périodes avant que la bobine de déclenchement ne reçoive son impulsion.

Il a fallu 3,6 périodes à cette dernière pour exécuter l'ordre (72 msec). Le courant fut coupé lors du deuxième passage par 0 tandis que les contacts restaient encore ouverts pendant 60 msec sous l'effet de l'échappement de l'air. Ainsi, le sectionneur a eu le temps de s'ouvrir complètement avant que les contacts mobiles ne se referment.

19.10 - Fonctionnement DJ.

Le disjoncteur rapide Brown-Boveri des locomotives polycourants présente beaucoup de similitude avec celui utilisé dans les sous-stations pour la protection des groupes-transformateurs.

Une description en fut donnée dans la 2e leçon.

Nous nous limiterons ici à des particularités supplémentaires du bloc de commande.

Bloc de commande.

Le bloc de commande comprend 2 dispositifs analogues (l'un pour l'enclenchement et l'autre pour le déclenchement), un servomoteur, un arbre de remontage et un dispositif de blocage à minimum de pression.

a) Dispositif d'enclenchement et dispositif de déclenchement.

Chacun d'eux comporte une partie pneumatique et un mécanisme de commande :

- la partie pneumatique (fig. 19.12) comprend un clapet (87) et une soupape (88). Lorsque sous l'action du mécanisme de commande, le poussoir du clapet (87) est soulevé, l'air comprimé de la chambre (85) est admis sous la soupape principale (88) qui, en quittant son siège, alimente par un orifice de grande section, le dispositif de coupure ou le dispositif de fermeture.

- le mécanisme de commande est constitué par un encliquetage, représenté schématiquement. Lorsque le mécanisme est armé, le levier (68) est maintenu par l'encliquetage comme l'indique la figure.

Enclenchement.

Lorsqu'on excite l'électro-aimant d'enclenchement (90), le déplacement du levier (89) entraîne le décrochage au point a du cliquet de retenue (62). Le levier (68) rappelé par son ressort vient frapper le poussoir du clapet (87). L'air est admis ensuite dans le servo-moteur d'enclenchement.

Réenclenchement. (fig. 19.13).

Lorsque l'alimentation de la bobine à tension nulle (82) est coupée (soit manuellement, soit par l'action des relais de protection), l'armature (64) de cette bobine libérée vient frapper la rampe du cliquet (62) qui se déverrouille au point a. Le levier (68) se trouve libéré et sous l'action de son ressort de rappel, soulève le poussoir du clapet (87) admettant ainsi l'air sous la soupape principale et, de là, au dispositif de coupure.

b) Servo-moteur (fig. 19.14).

Le servo-moteur est un cylindre à double chambre : dans la plus grande se meut le piston principal (49) et dans la plus petite se meut le piston amortisseur (45).

Enclenchement (fig. 19.14).

Lorsque l'air admis par le dispositif d'enclenchement arrive sur la face du piston (49), ce dernier se déplace vers la gauche. D'autre part, l'air comprimé est admis sur la face du piston amortisseur (45) par l'intermédiaire du clapet de retenue (46). Lorsque l'épaulement (e) de la tige du piston atteint la tige crasse du piston amortisseur, ce dernier est entraîné dans le même sens que le premier. L'air emprisonné par le clapet de retenue (46), entre le piston amortisseur (45) et la paroi médiane, s'évacue par l'orifice calibré (0) pratiqué dans le piston amortisseur, réalisant ainsi l'amortissement à la fin de la fermeture du sectionneur.

La tige du piston entraîne la rotation de l'arbre de commande du sectionneur (36) dont la position aux extrémités de la course est fixée par un basculeur à ressort (40). L'arbre de commande du sectionneur (36) actionne les interlocks (34).

Dispositif de blocage à minimum de pression.

Lorsque la pression de l'air comprimé descend en-dessous de 3,5 bar, l'extinction d'un courant de court-circuit n'est plus assurée. C'est pourquoi, il y a un dispositif de blocage à minimum de pression.

Une membrane (70) (voir 2e leçon) veille à ce que les deux arbres de verrouillage (69 et 71) bloquent le levier (89) interdisant toute action d'enclenchement ou de déclenchement.

De plus, on a installé sur les locomotives polycourants un relais de pression qui empêche tout enclenchement lorsque la pression n'atteint pas 6,5 bar.

Il n'a pas été installé pour protéger le D3, mais pour garantir l'extinction de l'arc à la première alternance, vu la faible inertie thermique du redresseur.

19.11 - Schémas.

Pour terminer, nous analyserons brièvement le schéma d'enclenchement du D3 d'une locomotive type 16 (fig. 19.15).

Pour l'enclenchement, il faut alimenter la bobine d'enclenchement EVE (90) et la bobine de maintien EVM (82).

Nous constatons qu'un grand nombre de conditions doivent être remplies avant de pouvoir alimenter la bobine d'enclenchement. La fermeture du bouton-poussoir "DUR" doit d'abord permettre d'alimenter les 2 Q 72 via CRM, RVA (veille automatique) contrôler JH et les relais de protection.

Cela autorisera d'alimenter EVM et le relais RE à condition :

- qu'il y ait concordance entre le choix de couplage, le dispositif de palpement et la position du JH2.
- que le relais CS (relais auxiliaire de protection alternatif), QCHTA et RP0J soient fermés.
- que les armoires à redresseurs ne soient pas déclenchées.

Finalement, l'enclenchement s'obtient en passant un instant sur le bouton "réarmement". EVE reste alimentée aussi longtemps que l'interlock W ne s'ouvre.

Le déclenchement est obtenu tout simplement en supprimant l'alimentation de EVM, soit en ouvrant le bouton-poussoir "W" soit par l'intermédiaire d'une des nombreuses protections.

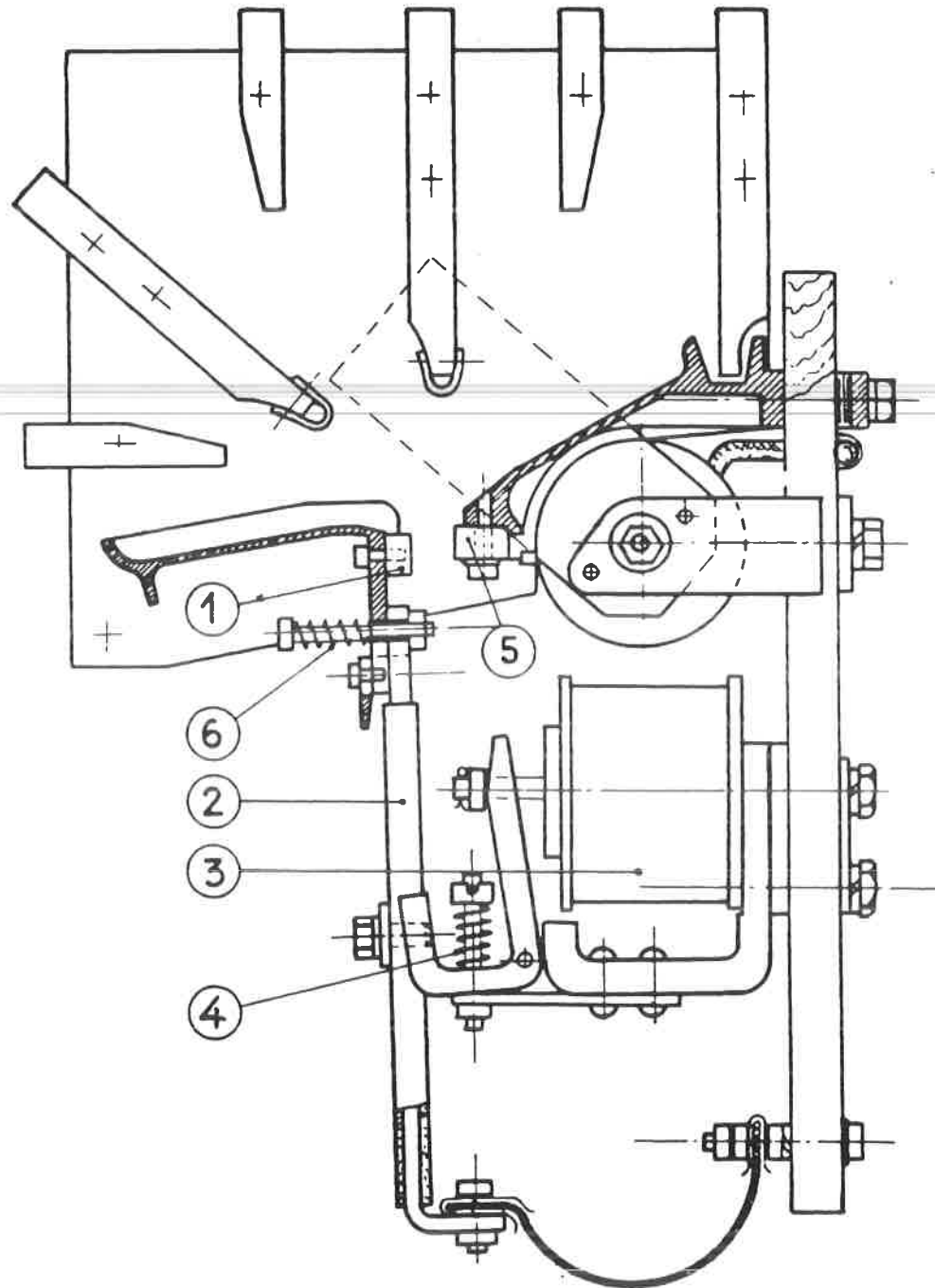


Fig 19.01

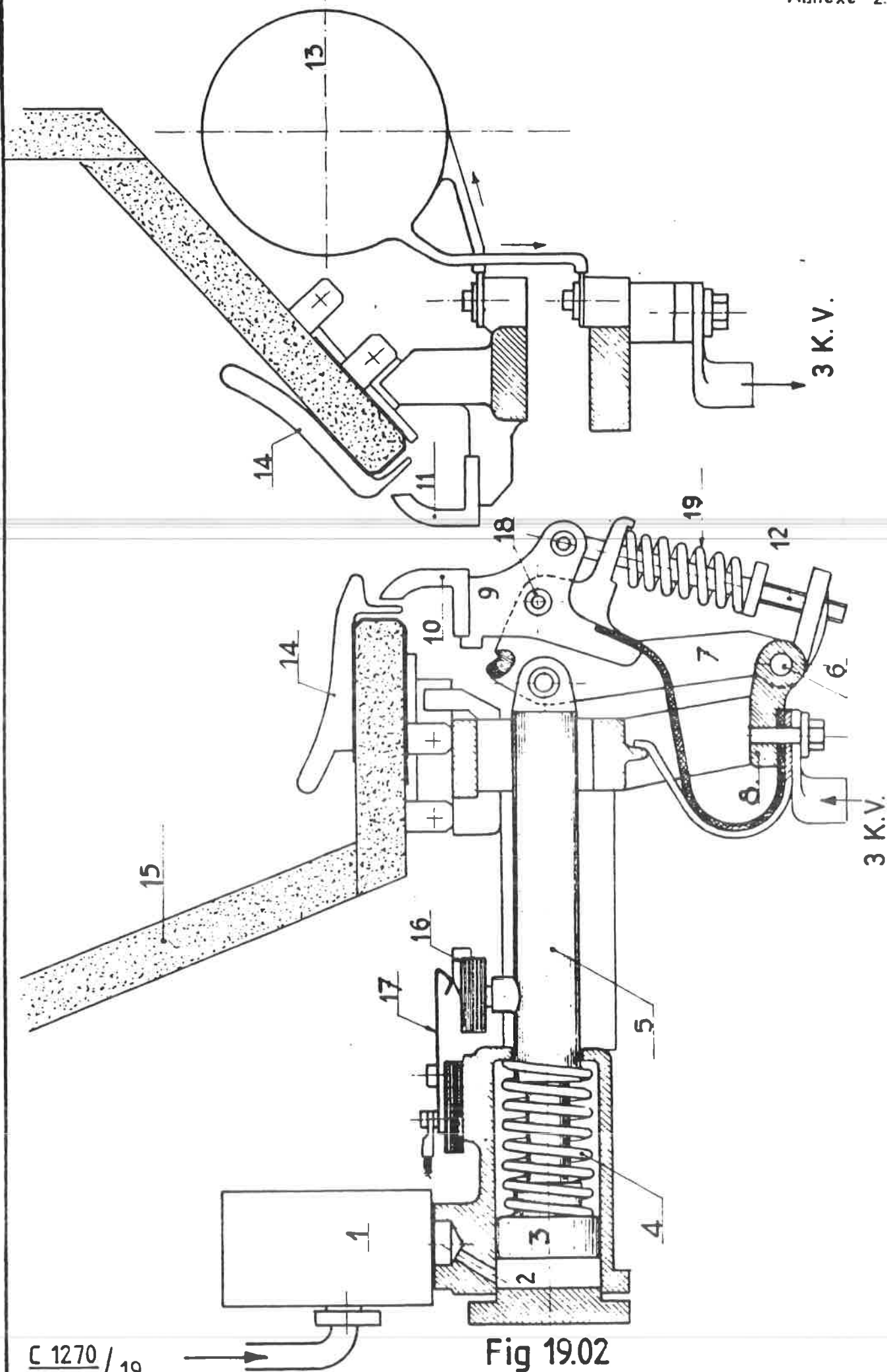


Fig 19.02

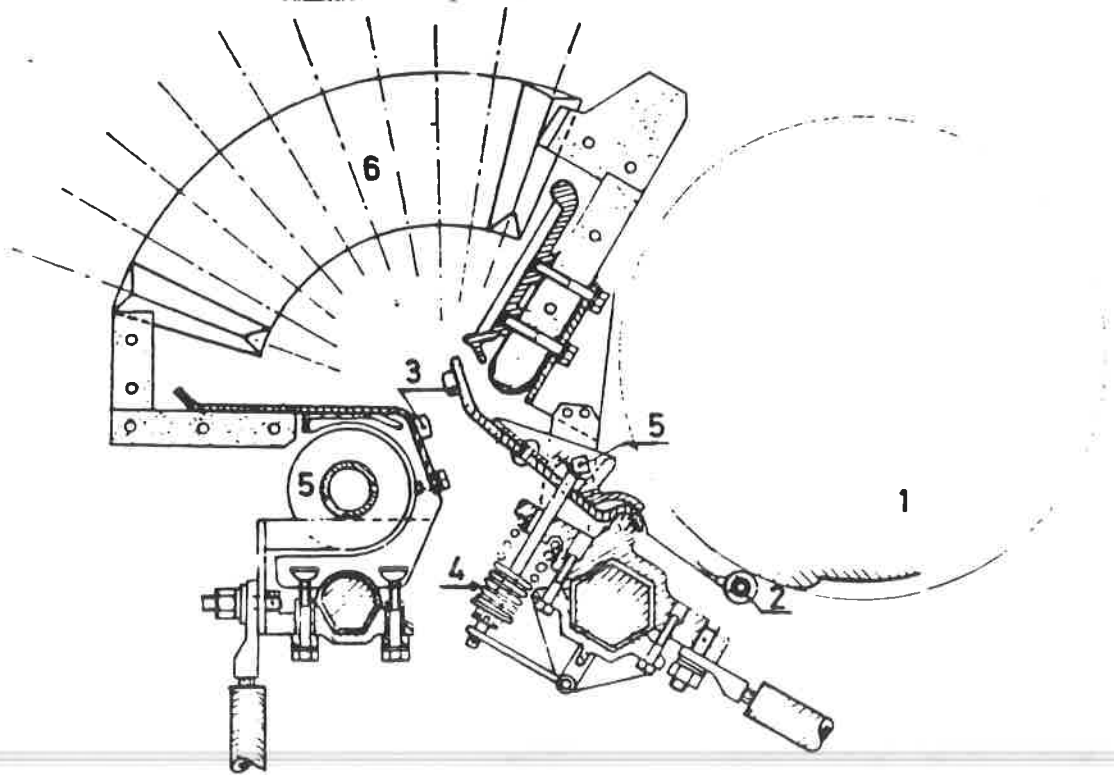


Fig. 19.03 a

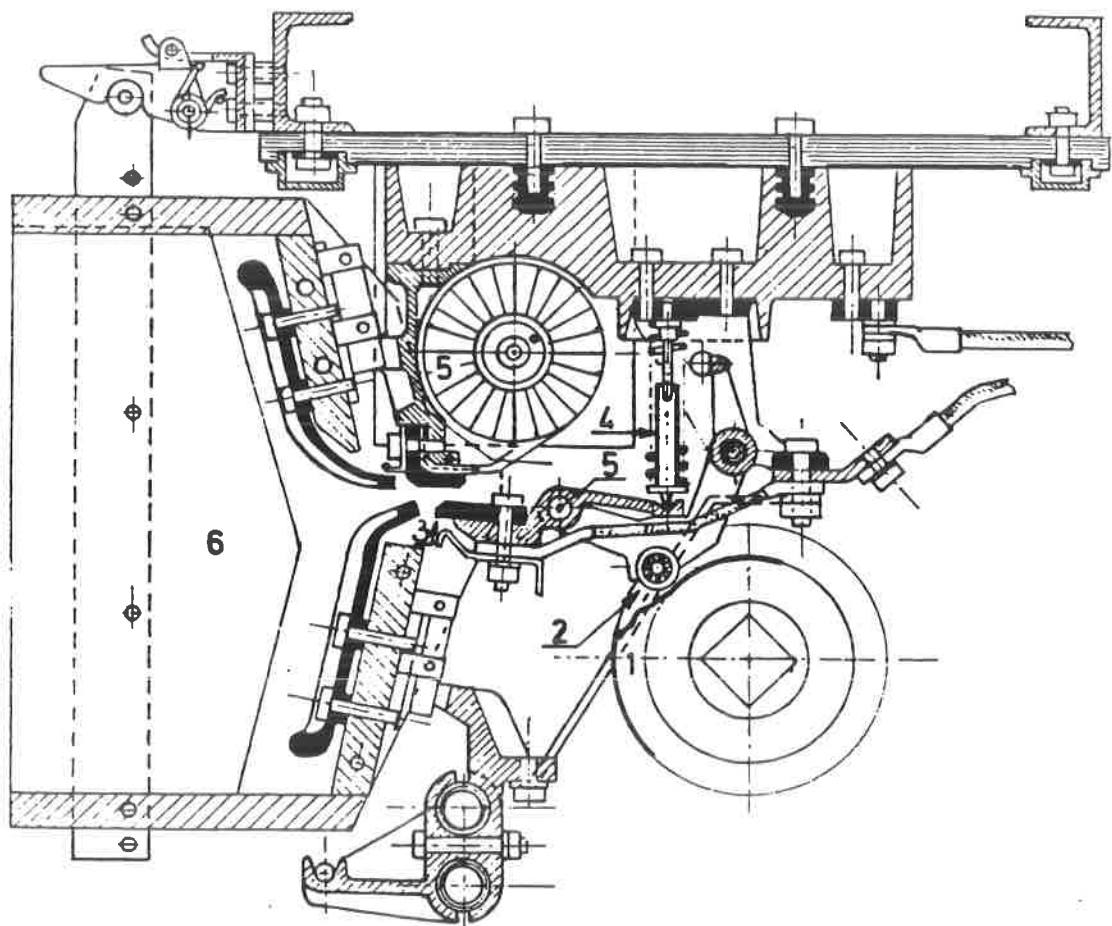


Fig. 19.03 b

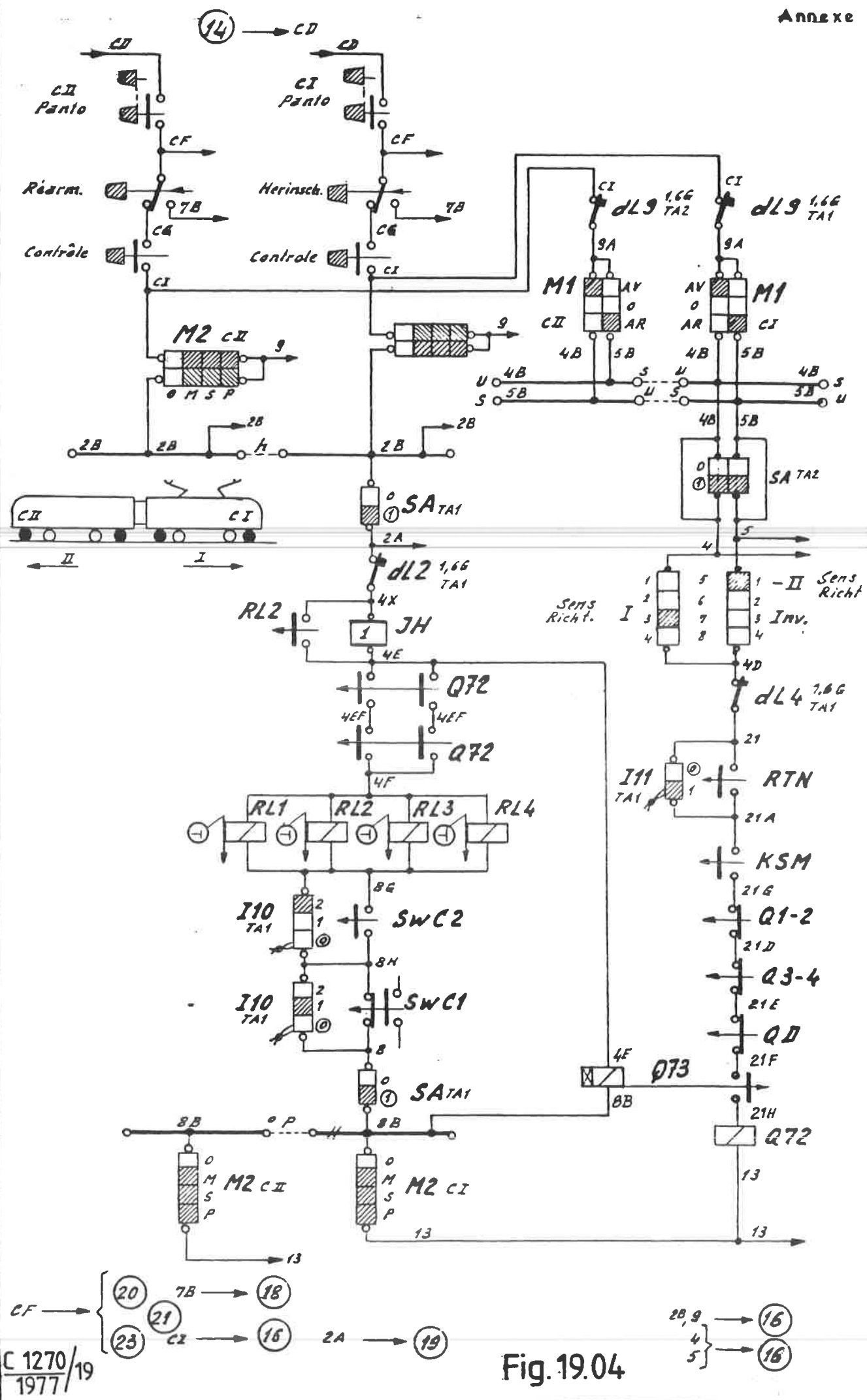


Fig. 19.04

C 1270/19
1977

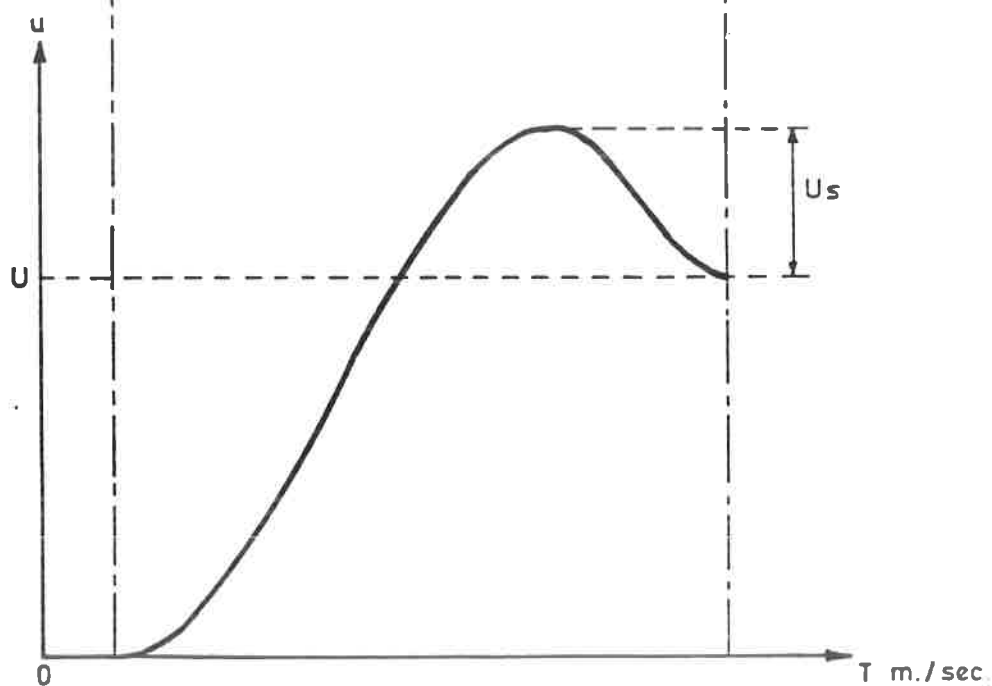
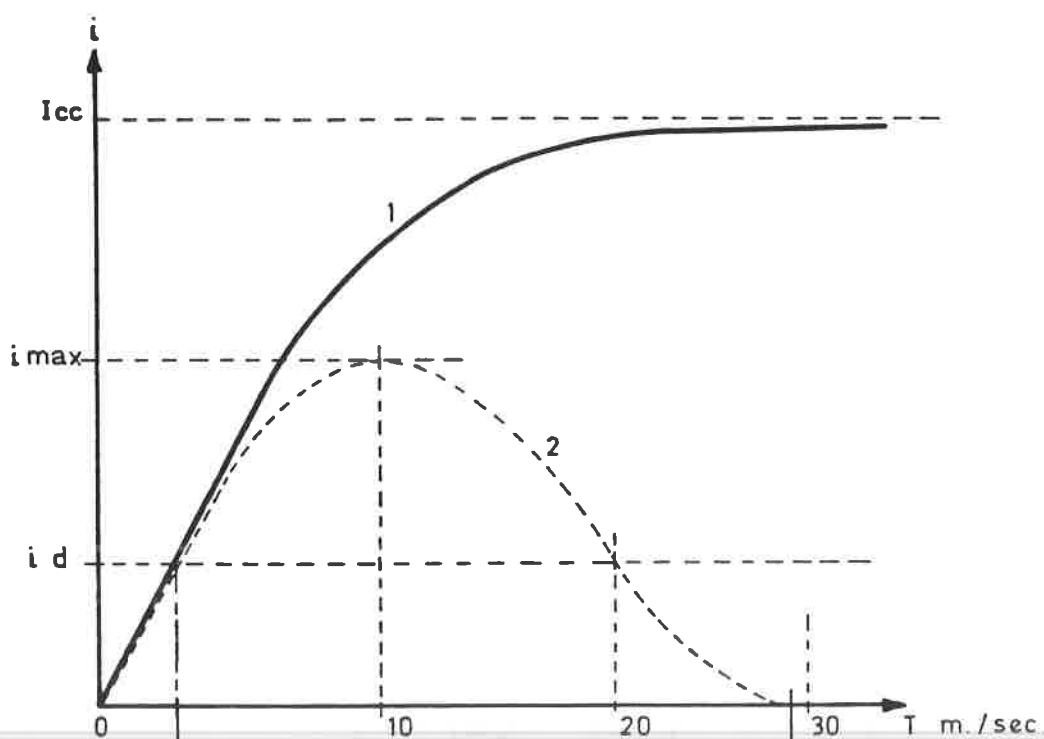


Fig. 19.05

Disjoncteur ultra-rapide JR 31-coupant :
 un court-circuit de deux groupes générat. de 3000KW- 3000Volts.,
 mis en parrallèle.

Resistance extérieure : 0,0 ohm.

Courbe A : tension à travers le disjoncteur. 1mm = 120,0 Volts

Courbe B : courant de ligne. 1mm = 342,0 Ampères.

Courbe C : courbe de temps 60 cycles / seconde.

Fait à la GEC* au bloc 30 - Schenactady, le 16 janvier 1930.

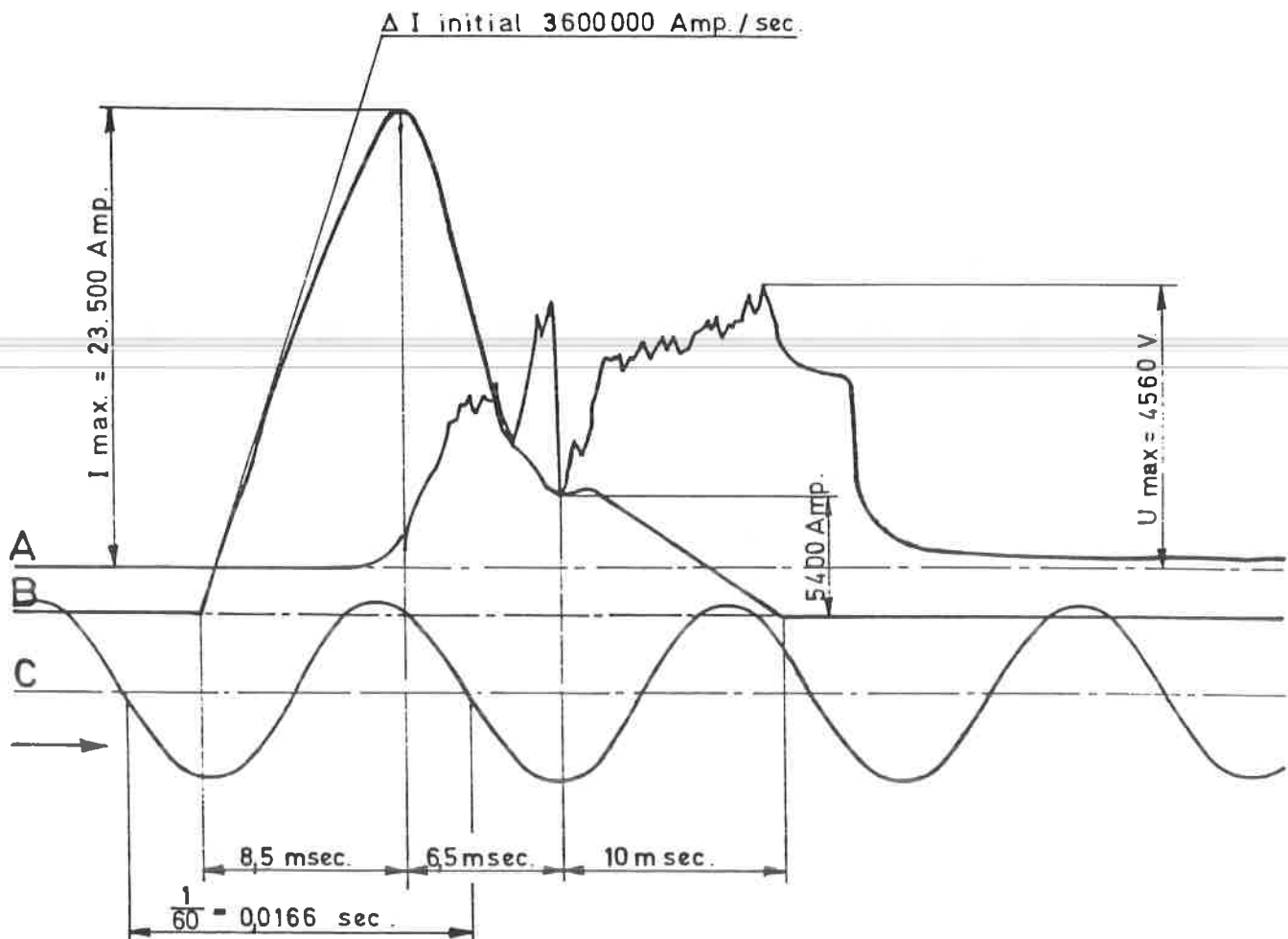


Fig. 19.06

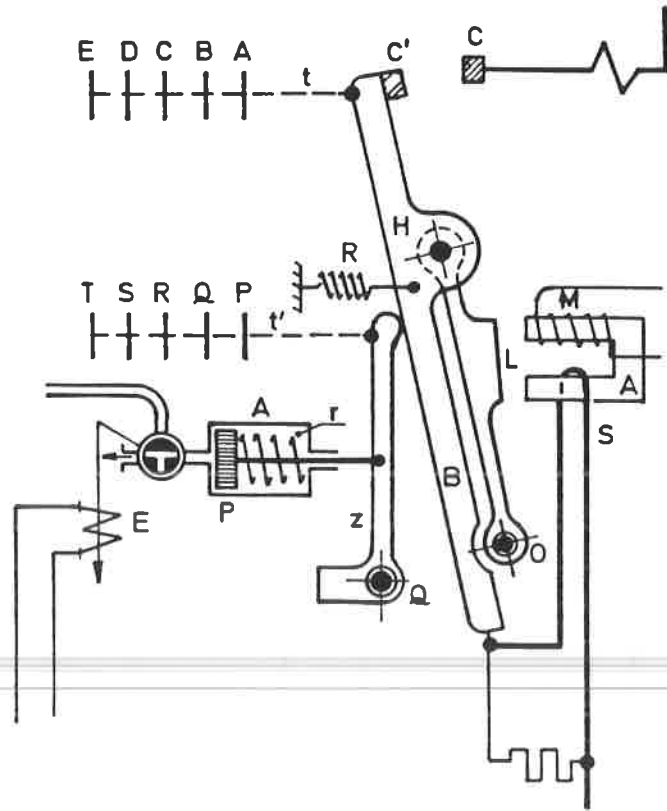


Fig. 19.07

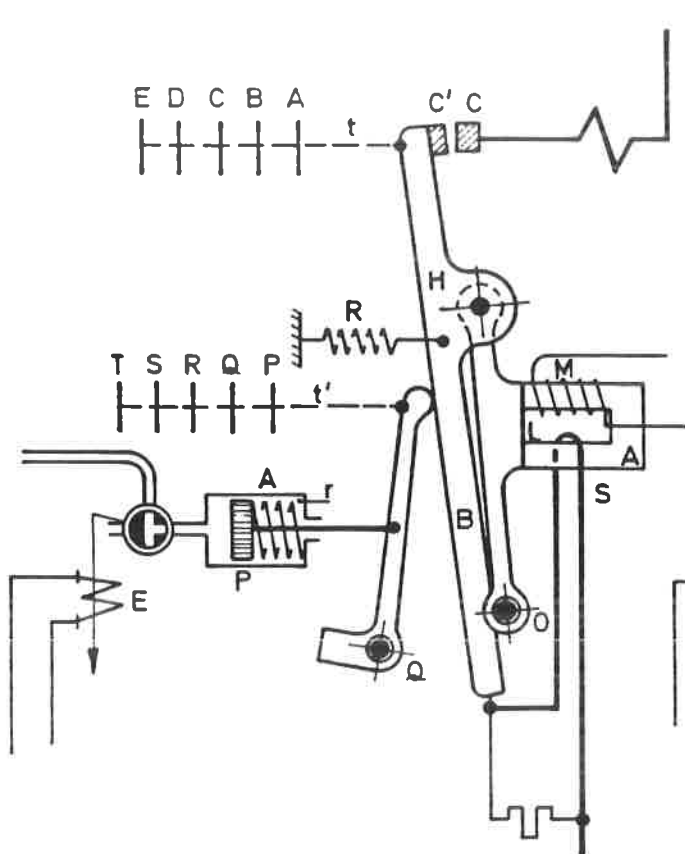


Fig. 19.08

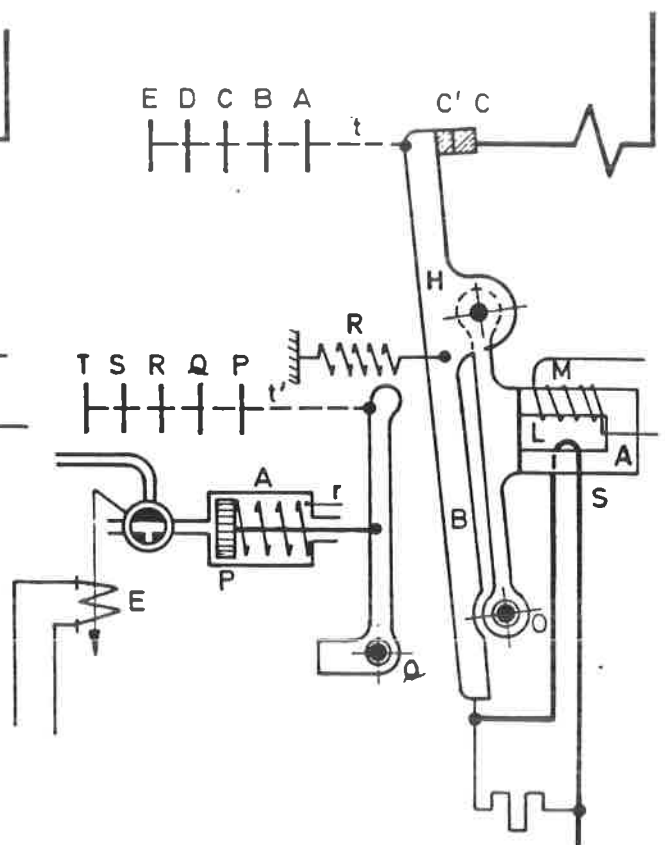


Fig. 19.09

DUR

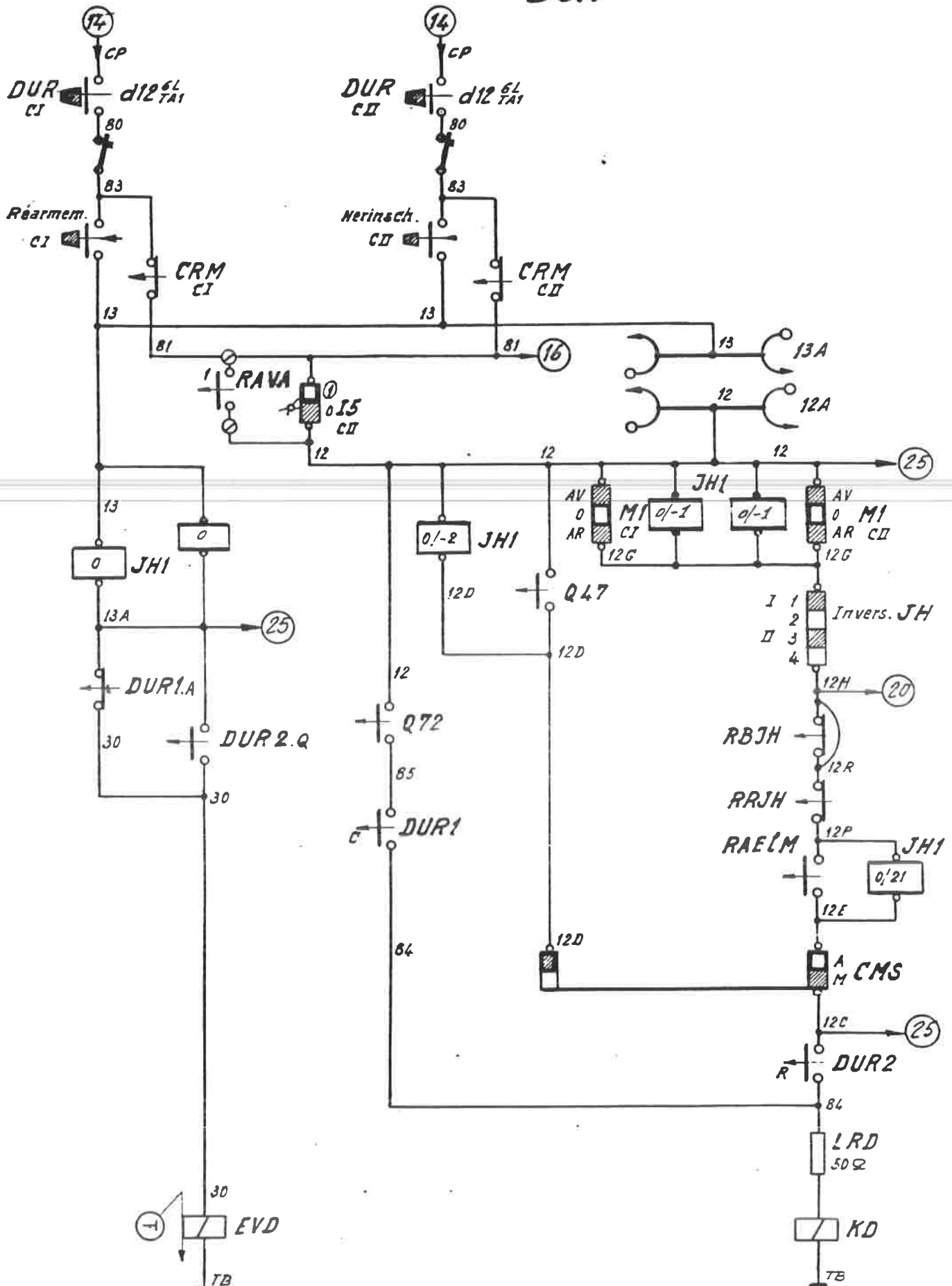


Fig. 19.10

25 K.V.
200 MVA

Essais de réception.

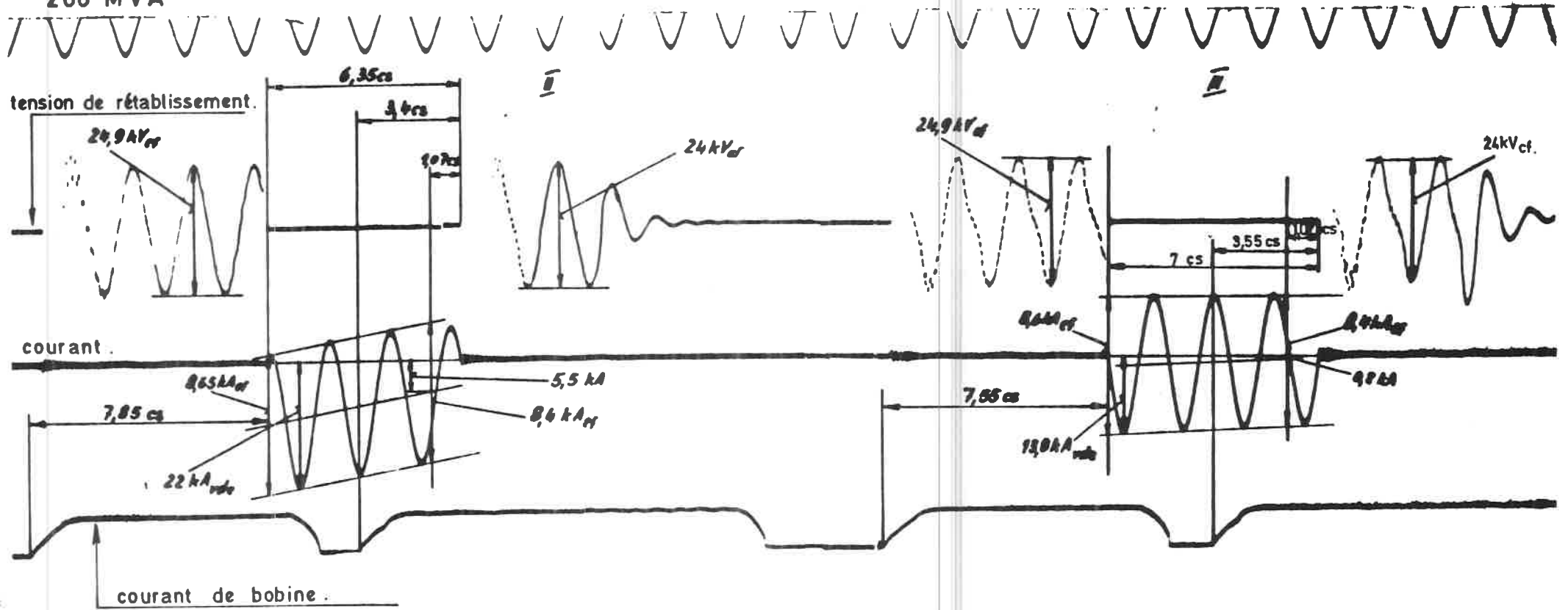


Fig. 19.11

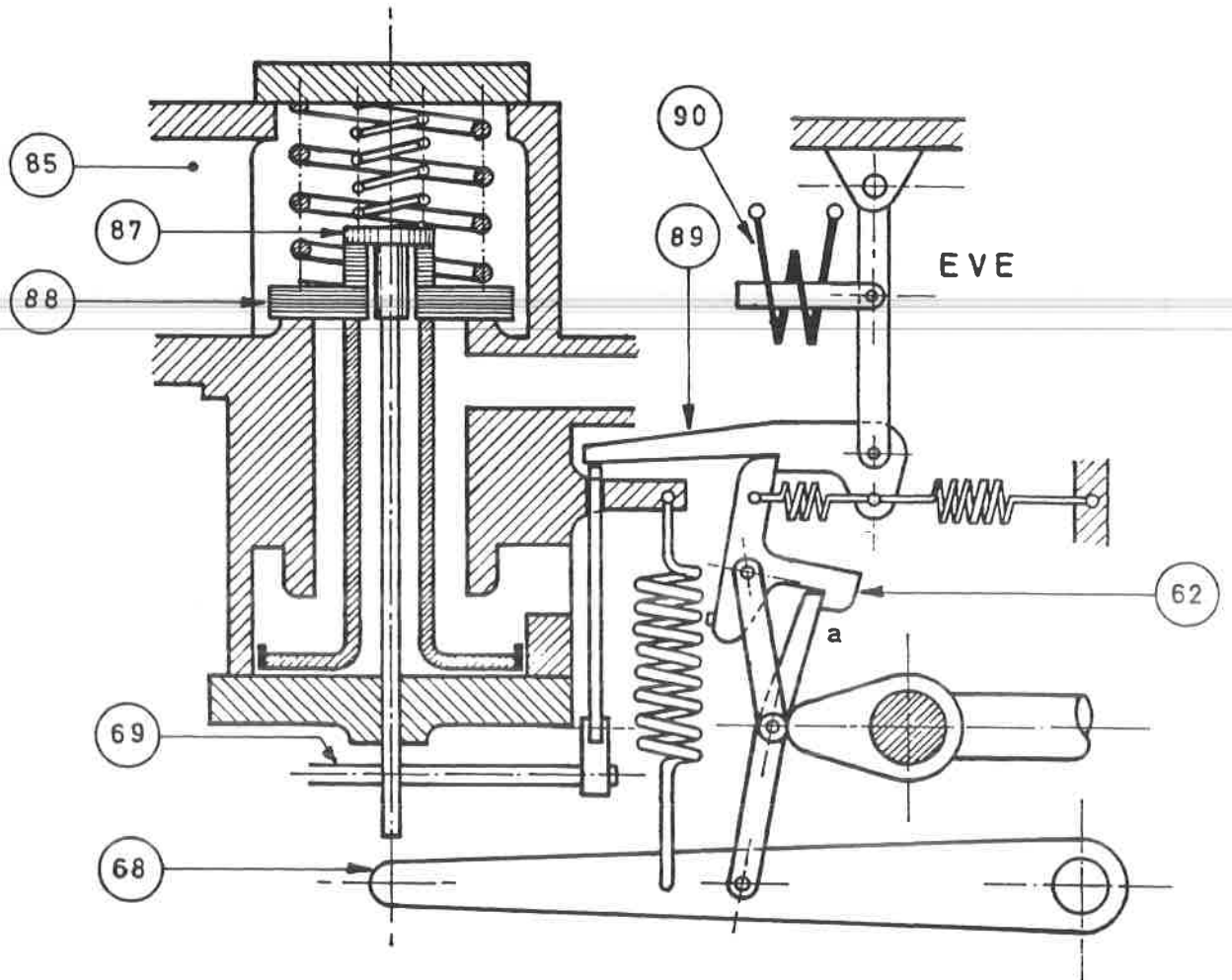


Fig. 19.12

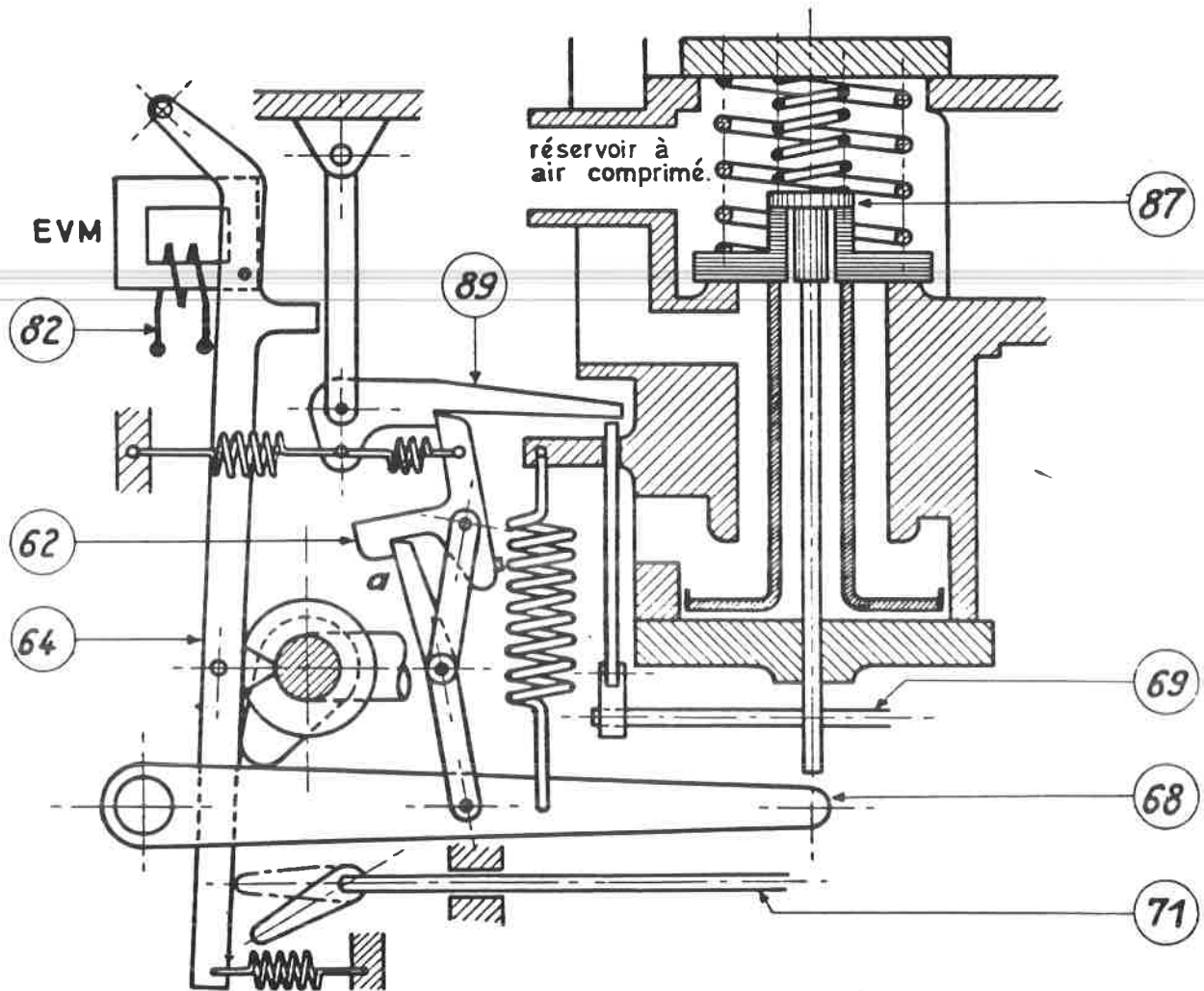


Fig. 19.13

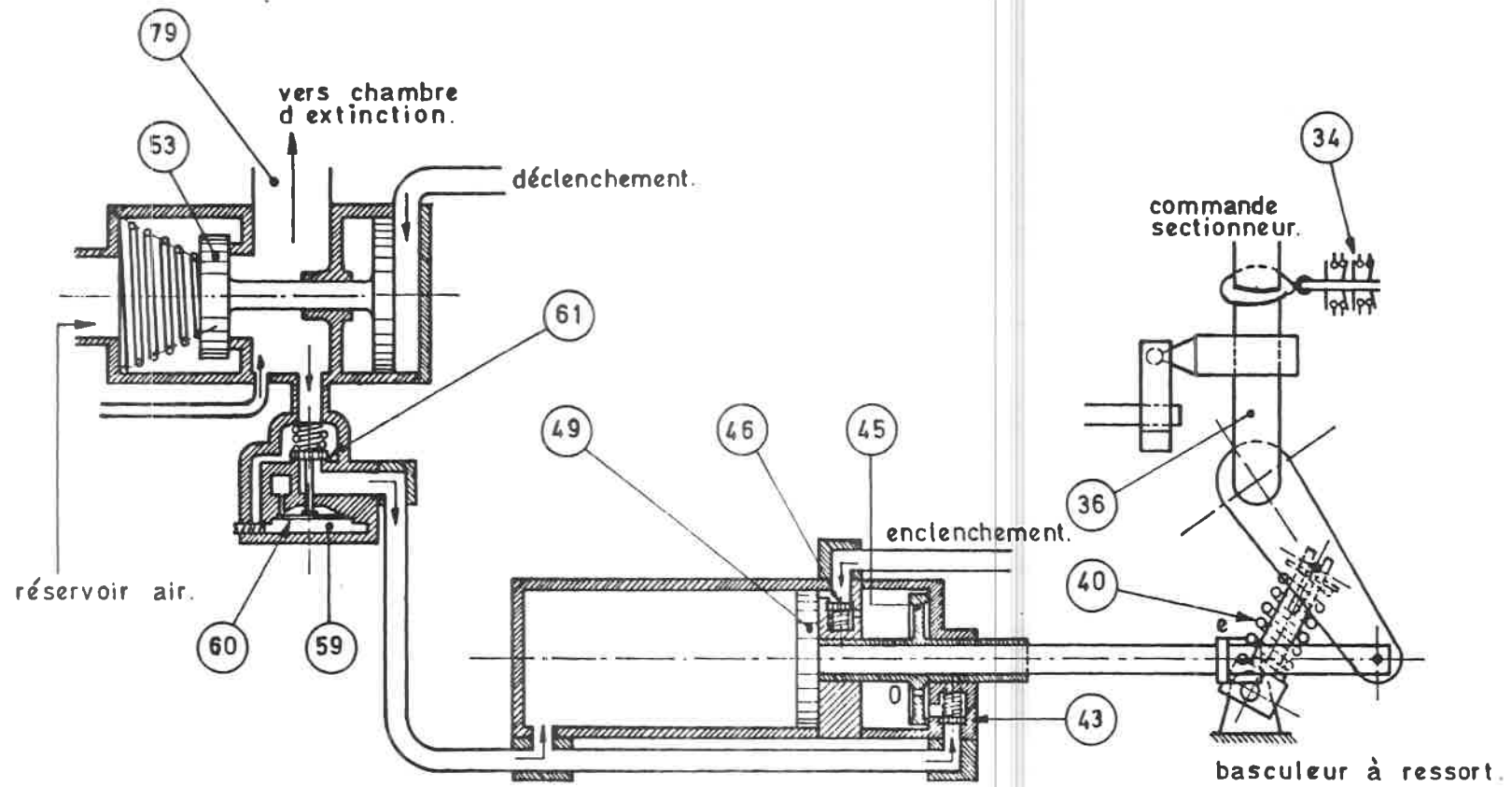


Fig. 19.14

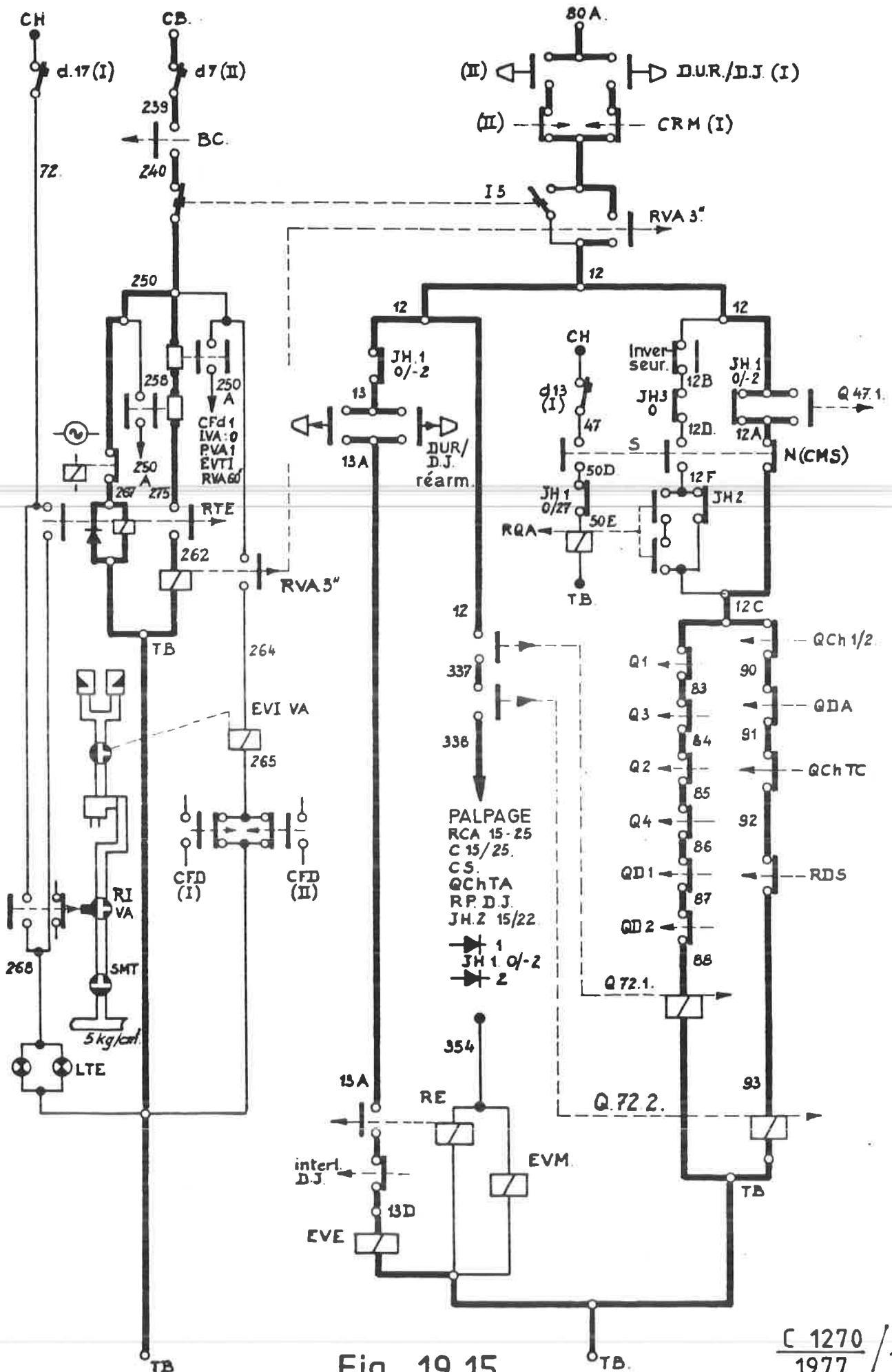


Fig. 19.15

RELAIS DE PROTECTION

2001. But.

Un engin de traction est muni d'un certain nombre de relais de protection afin d'éviter que le courant dans les moteurs de traction soit trop élevé.

Nous étudierons successivement les relais suivants :

- relais à maxima pour les circuits de traction et auxiliaires
- relais différentiels pour circuits de traction et auxiliaires
- relais de potentiel (relais de tension nulle)
- relais d'accélération
- relais de pression (switch control)
- relais anti-patinage
- relais de survitesse.

2002. Relais à maxima.

Un relais à maxima de courant est placé dans chaque branche du circuit de traction (fig. 1504 et 1612).

On les désigne par les lettres RM 1 et RM 2 sur les automotrices et Q 1 et Q 2 sur les locomotives.

Ils sont réglés à 600 A pour les locomotives (s. 22 - 23) et 350 A pour les automotrices.

Lorsque la valeur de réglage est dépassée dans un circuit, le disjoncteur (DUR ou DJ) ou le rupteur de ligne devra déclencher.

La fig. 2001 montre un relais à maxima "ancien modèle".

Fonctionnement.

Lorsque le courant passant dans la bobine de déclenchement (1) dépasse la valeur de réglage, l'armature (2) est attirée et par l'intermédiaire des rouleaux (3) et du tacquet (4) libère le levier (5). Celui-ci étant relié à la tige isolée (6) attire l'armature (7) du mécanisme de réenclenchement ce qui provoque l'ouverture des contacts (8).

Les contacts ne se refermeront qu'après excitations de la bobine de réarmement (9).

La valeur du courant de déclenchement est réglable au moyen du ressort (10).

En cas de déclenchement par relais à maxima, le conducteur appuie sur un bouton de réarmement ce qui permet de refermer le circuit HT, bien entendu pour autant que la cause du déclenchement ait disparu.

Il est important de connaître lequel des 2 relais a fonctionné. Un indicateur optique (1) est placé sur le relais. Il consiste en une petite tôle qui se rabat lorsque le relais est déclenché et qu'il faut replacer à la main.

Relais à maxima des locomotives (fig. 2002 .

Ce relais, du type DP, comprend une armature (1) et 2 noyaux. L'un d'eux porte une bobine BT (2) (ou bobine de maintien), l'autre porte la bobine HT (3) - en réalité une spire du câble du circuit.

Lorsque ce dernier est parcouru par un courant dépassant la valeur de réglage, le flux qui traverse l'armature (1) attire la palette (4) qui pivote autour du point B. Cette palette provoque à son tour la rotation du levier (6) autour du point A, ce par l'intermédiaire de la tige (5).

Le levier (6) porte 2 contacts, dont un interrompt le contact dans le circuit de maintien du DUR, l'autre alimente une lampe de signalisation sur la table de bord.

Dès que le relais a déclenché, la bobine de maintien reste alimentée par le circuit de signalisation.

Un ressort (7) ramènera le levier (6) dans sa position normale dès que l'alimentation de la bobine de maintien cessera c.à.d. dès le réarmement.

Un capot transparent protège les contacts. Le relais à maxima de chauffage " cht" n'existe que sur les locomotives (Réglage à 320 A c.à.d. 20 hv X 16 A).

Sur les automotrices, la protection s'effectue au moyen des fusibles.

2003. Relais différentiel.

Lorsqu'on démarre avec un moteur de traction à la masse, cela ne signifie pas que le relais à maxima va fonctionner.

En effet, le courant est limité par le rhéostat de démarrage

$$\text{par ex : } \frac{3000 \text{ V}}{10} = 300 \text{ A}$$

Même dans la position fin série, le courant ne sera pas exagéré si le moteur défectueux se trouve par exemple côté terre. Il y a dans ce cas la f.e.m. des 3 autres moteurs.

Il faudra donc une autre sorte de protection afin d'éviter d'aggraver le défaut et surtout d'éviter l'incendie.

On utilise le même type de relais DP (fig. 2003).

Les 2 barres GA - GB et LN-LM sont normalement parcourues par le même courant de traction (voir aussi fig. 1602). C'est le cas également pour les 2 bobines 139 C - 250 et UM-UL des circuits auxiliaires.

Le relais fonctionne pour une différence de courant de 50 à 200 A - circuit de traction - et 6 à 20 A dans le circuit auxiliaire, ce suivant la tension de la batterie.

Il y a en effet une bobine de sensibilisation UM de prévue, laquelle est alimentée en permanence par la batterie (via une résistance de 200Ω).

Lors de chaque enclenchement du DUR, tous les relais DP et QD sont attirés un instant via les interloks du DUR, pour des raisons de fiabilité.

2004. Relais de tension nulle (RTN).

Lorsque la tension de la caténaire diminue ou disparaît, cela sera également le cas pour le courant dans les moteurs ! La vitesse diminue (ainsi que la f.c.e.m).

Normalement, le conducteur devrait placer le manipulateur à 0 afin d'éviter qu'un retour de la tension provoque un déclenchement (et des flash).

A l'arrêt, si le conducteur place le manipulateur en "traction" sans qu'il y ait de la haute tension, l'équipement progresserait automatiquement jusqu'à l'élimination complète des résistances de démarrage.

Si la HT réapparaît avant que le conducteur ne se rende compte de l'anomalie, il y aura déclenchement (maxima de courant); afin d'éviter ce genre d'incident, un relais de tension "nulle" est normalement alimenté par la tension caténaire via une résistance de $24 k\Omega$).

Si la tension baisse en dessous de 2 000 V le relais se déclenchera et provoquera soit l'ouverture du DUR soit l'ouverture du rupteur ce qui ramène l'équipement de démarrage automatiquement à 0.

Sur le matériel nouveau (nle 20 et AM 73) ce type de relais est remplacé par un dispositif électronique qui mesure la haute tension et alimente un relais classique (type RaSZ) via un circuit transistorisé.

L'avantage de ce système est double :

- une plage de réglage très large (1300 - 1900 V)
- une consommation pratiquement nulle.

Ce circuit sera traité dans la 43e leçon.

2005 Relais de pression (switch control)

Outre le relais régulateur de pression du compresseur, les automotrices comportent nombre d'autres relais à pression :

- a) un "control switch" par voiture sur la conduite du cylindre de frein.

Celui-ci a un double but :

- 1° couper la traction s'il y a plus que 1 bar de pression d'air dans le cylindre de frein
- 2° permettre l'essai de continuité par le conducteur sans intervention du visiteur.

A cette fin, tous les contacts NO seront branchés dans un fil de train (25) afin d'alimenter une lampe "frein" (LCF) sur le tableau de bord.

- b) un "control switch" (par automotrice ou par locomotive) sur la conduite du frein automatique coupe la traction dès que la pression tombe en dessous de 4 à 4,5 bar.

En même temps, une lampe de signalisation attire l'attention du conducteur sur le fait qu'il y a danger de freinage insuffisant.

Ce relais empêche également le démarrage d'un engin de traction qui n'a pas de pression d'air suffisante dans la conduite du frein automatique.

- c) un second "control switch" sur la conduite du frein automatique est réglé à 2,5 - 3,5 bar. Il a pour but de faire fonctionner le dispositif de V.A. si le conducteur n'a pas remarqué à temps l'allumage de la lampe LCF.

- d) Sur les automotrices quadruples nous avons en plus un 3e control switch branché sur la conduite du frein automatique afin d'éviter de reprendre la traction après un freinage sans avoir remis auparavant le manipulateur à 0.

Il s'agit en somme d'un perfectionnement du dispositif de V.A.

- e) Finalement, nous trouvons encore un relais de pression dans le circuit des portes automatiques. Il est réglé à 3,5 - 4 bar et doit éviter l'épuisement de la batterie sur le matériel abandonné.

Un relais de pression est représenté à la fig. 2004 (type Allen Bradley).

Une membrane D fait fonctionner un micro-switch F par l'intermédiaire d'une tige D et d'un système de leviers. La valeur d'enclenchement est réglable au moyen du ressort R.

Le ressort Rd permet de régler la valeur différentielle enclenchement - déclenchement du dans une certaine mesure.

2006. Relais anti-patinage.

Le relais classique d'antipatinage des locomotives 22 à 25 est du type QDP. Il est branché suivant le schéma de la fig. 2005 qui consiste en fait à comparer la tension aux bornes des induits des 2 moteurs (via une résistance r).

Le relais va s'attirer pour une différence de tension de 17 V entre les deux induits, ce qui indique une différence de vitesse de rotation.

Le relais ne fonctionnerait cependant pas si les 2 moteurs s'emballent ensemble à la même vitesse de rotation ou si un des moteurs est isolé (interlocks prévus sur le tambour d'élimination).

Lorsque le relais fonctionne, la traction doit être coupée le plus vite possible. (le JH devra régresser de quelques crans).

On constate que ce relais anti-patinage, bien qu'utile au conducteur - il y a une lampe "patinage" de prévue - n'offre pas toute la sécurité voulue :

- il est lent
- il ne fonctionne pas si 2 moteurs patinent ensemble.

L'ampèremètre et l'ouïe resteront longtemps les seuls détecteurs efficaces.

2007. Détection électronique.

Le pivotage des roues, lorsqu'il y a adhérence insuffisante, provoque outre une réduction de l'effort de traction mais souvent aussi des flash au collecteur des moteurs de traction.

Le système classique de détection de patinage n'évite pas toujours une survitesse des moteurs avant que les relais de protection n'aient pu intervenir (grande accélération). Avec la détection électronique l'on mesure l'accélération radiale de chaque roue séparément ($\frac{DW}{dt}$).

Dès qu'une accélération correspondant à 0,5 à 0,8 m/s^2 est atteinte l'effort sera réduit même avant que la roue n'ait eu le temps de pivoter un demi-tour !

Les premiers détecteurs étaient constitués par des dynamos placées sur les extrémités d'essieu. Ensuite ceux-ci furent remplacés par des alternateurs puis finalement par des capteurs statiques.

La fig. 2006 montre un "capteur" statique.

Les tensions d'induction sont provoquées par la variation de l'entrefer du circuit magnétique.

Chaque fois qu'une dent de l'engrenage passe devant les pôles du détecteur une tension induite apparaît dans la bobine.

Ce signal est amplifié et redressé (fig. 2007).

En gros, l'on peut dire que la valeur absolue de cette tension (ou du nombre d'impulsions) est une indication de vitesse.

Un relais RDS entrera en fonction par exemple dès que la vitesse maxima autorisée est dépassée.

Quant au pivotage, la détection se fera en mesurant la variation de tension c.à.d. $\frac{di}{dt}$.

Ceci est possible par exemple au moyen d'un transfo; la tension induite dans le secondaire dépend de la "pente" de cette variation. De cette façon, le relais QDP ne sera sensible qu'à une variation brusque de la vitesse de rotation.

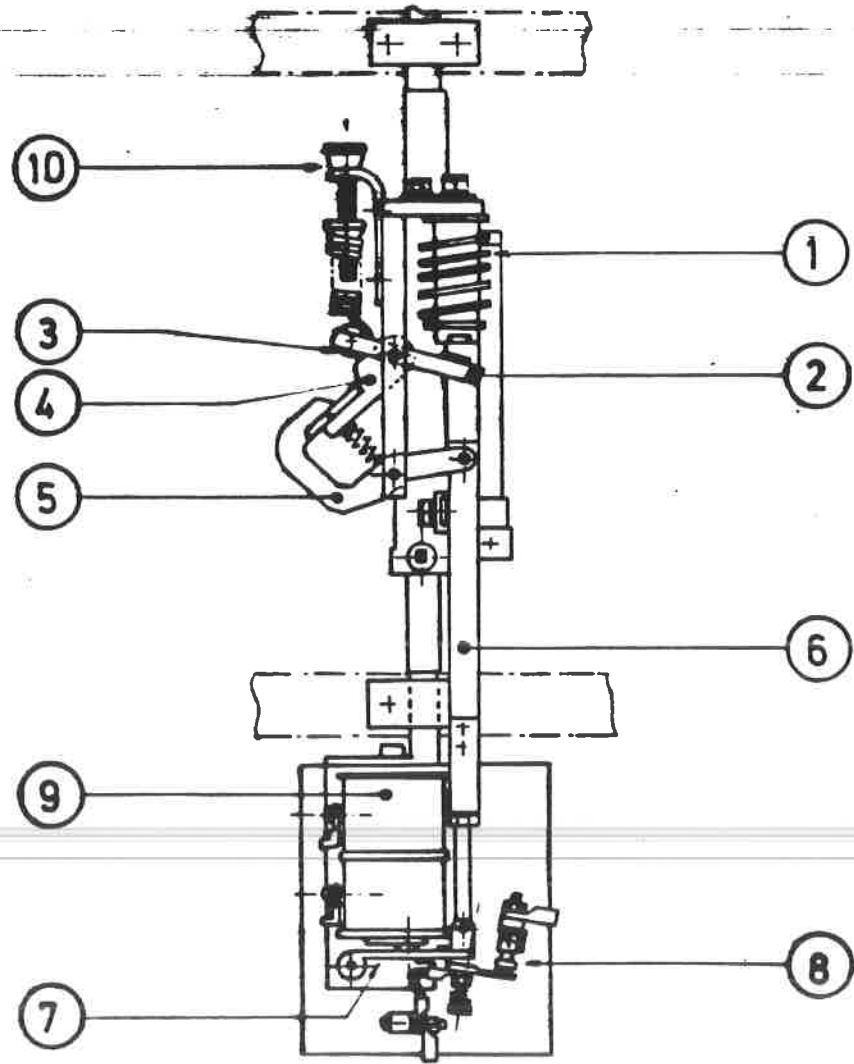


Fig. 20.01

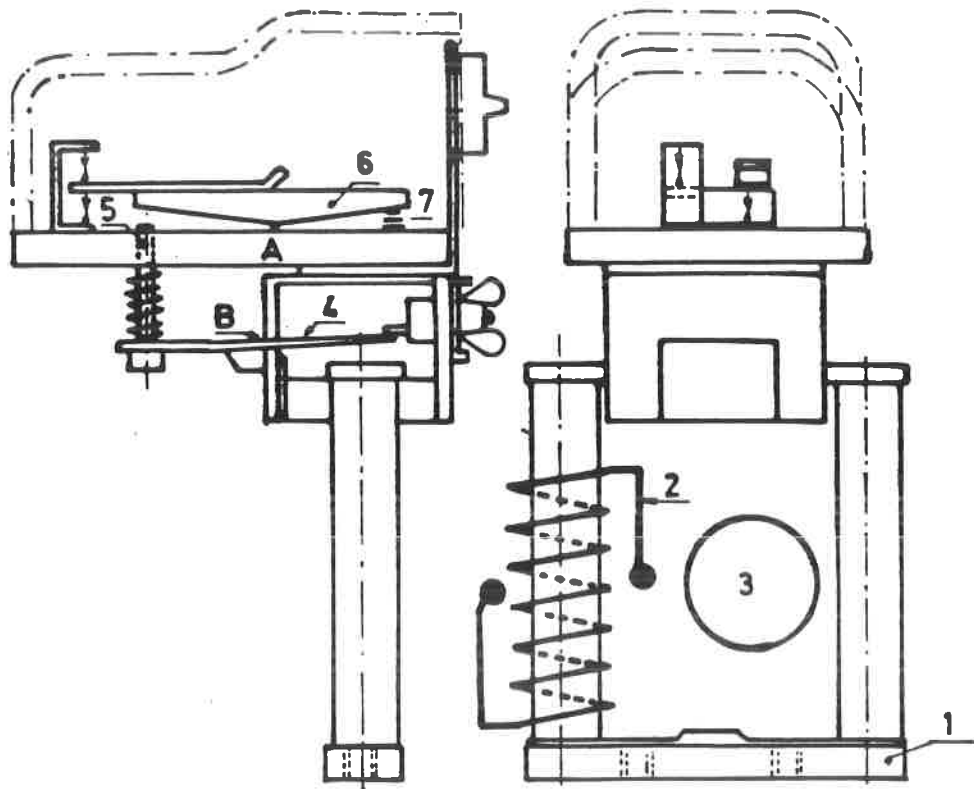


Fig. 20.02

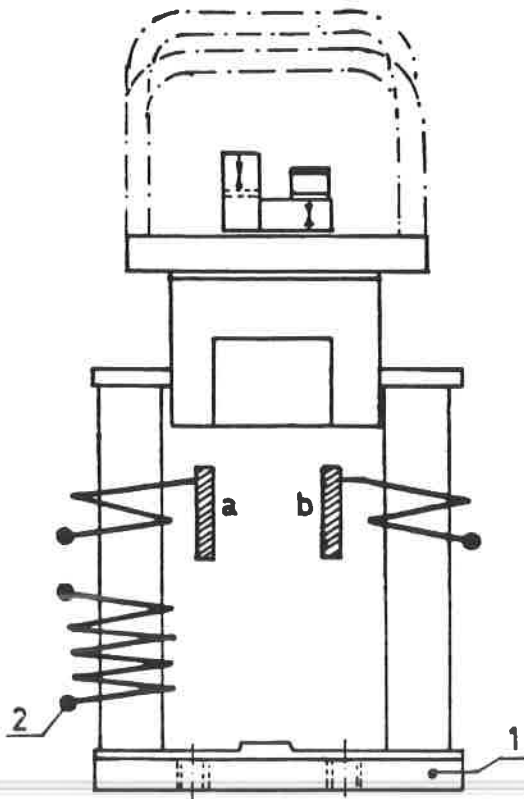


Fig. 20.03

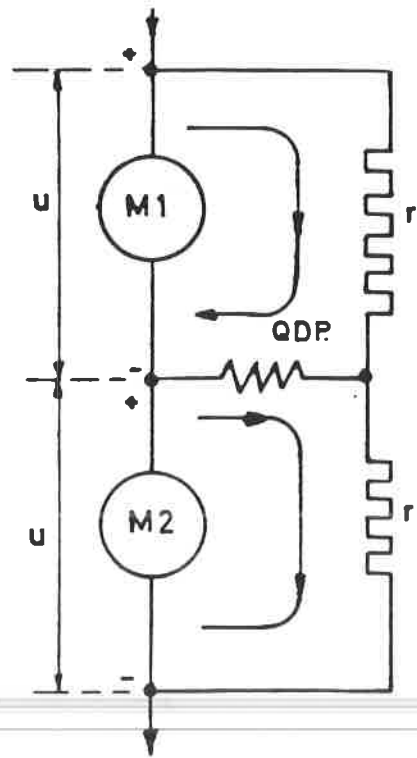


Fig. 20.05

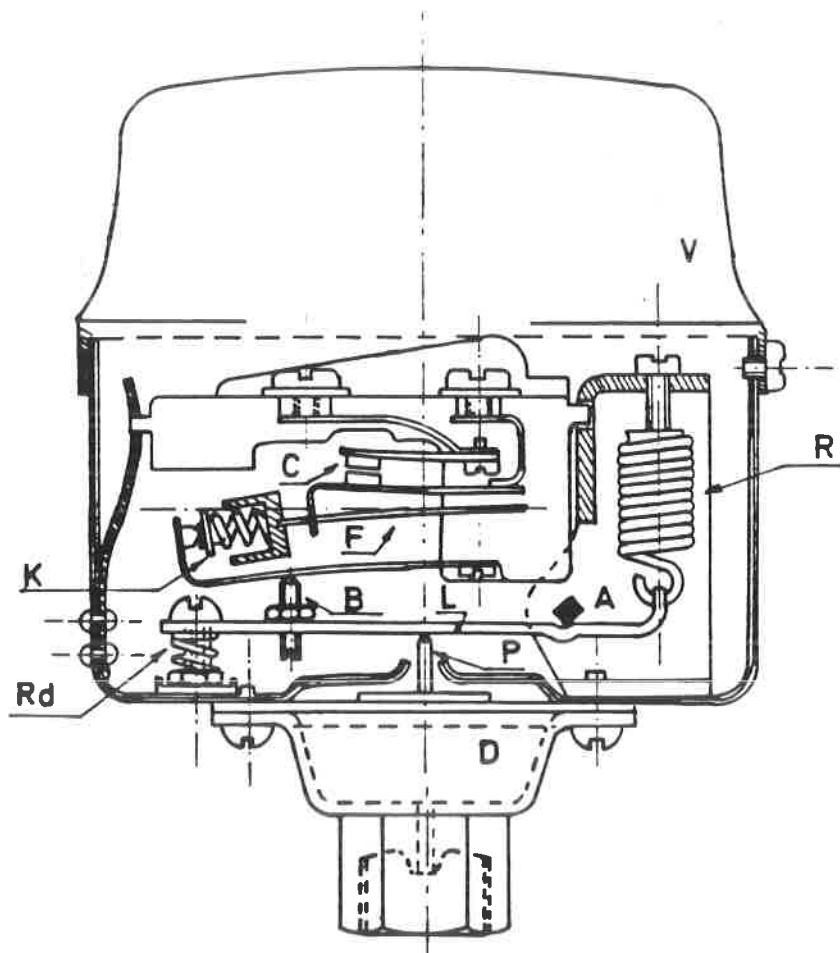


Fig. 20.04

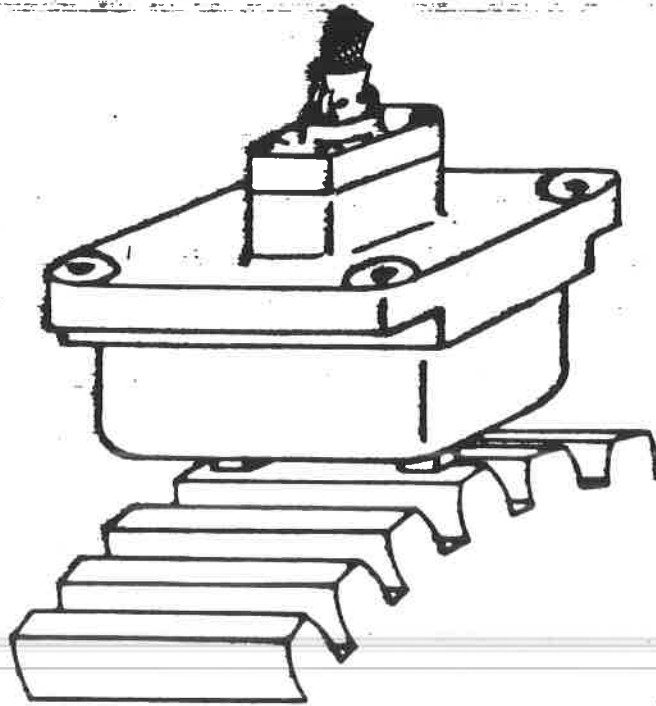


Fig. 20.06

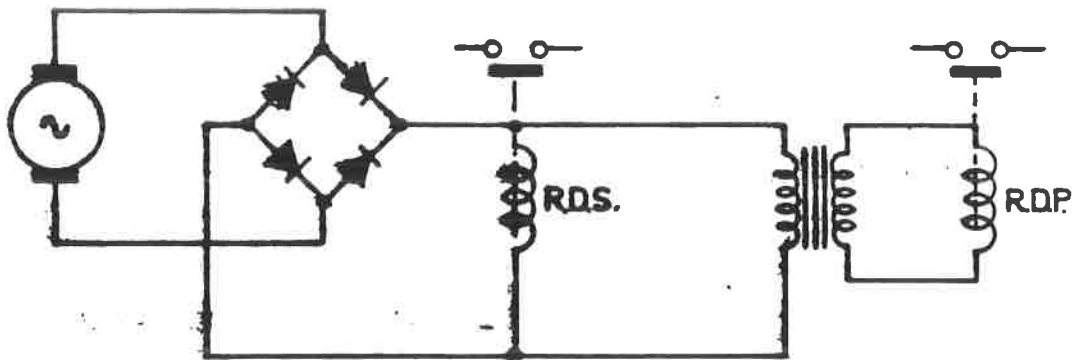


Fig. 20.07

Commutateurs et sectionneurs H.T.

21.01. Tambour-inverseurs.

L'inversion du sens de marche d'un moteur série peut se faire soit par inversion du sens du courant dans l'induit soit dans l'inducteur.

Bien qu'en principe les deux systèmes se valent, c'est généralement les inducteurs qui sont "inversés", ce pour des raisons technologiques.

Comme les moteurs de traction sont couplés par paires (2 x 1 500 V), il suffira d'un contact inverseur pour 2 inducteurs comme indiqué sur la fig. 21.01.

En principe, un tambour d'inversion H.T. n'est rien d'autre qu'une inversion bipolaire pour haute tension et pour de faibles intensités.

Il ne peut donc pas être manoeuvré sous charge car le moindre arc provoquerait un "coup de feu" à la masse.

Généralement il est réalisé comme tambour d'inversion avec contacts frotteurs fixes comme représenté à la fig. 21.02.

21.02. Fonctionnement.

L'inverseur se compose de 2 plaques (1) réunies par des barres (2). Les doigts de contact HT (4) et BT (5) sont montés sur des pièces isolantes.

L'axe (6) est fixé dans les paliers (7), lesquels font partie des plaques (1). Il porte le tambour-inverseur proprement dit (8) en matière isolante ainsi que le tambour auxiliaire (9).

Sur le tambour sont fixées les lames de cuivre sur lesquelles viennent frotter les doigts de contact (4).

L'axe est entraîné

- soit par une fourchette (10) commandée par la tige commune de 2 pistons (12);
- soit par une roue dentée fixée à une extrémité et entraînée par une crémaillère qui fait office de tige reliant les 2 pistons.

Les pistons se meuvent dans des cylindres (13) fixés sur l'une des plaques.

2.

L'air comprimé est amené dans l'un ou l'autre cylindre sous contrôle d'électrovalves (14) alimentées à partir de la cabine de conduite au moyen de la manette d'inversion.

Lorsque le tambour se meut fin de course dans le sens "avant" ou "arrière" des contacts auxiliaires BT coupent toute alimentation de l'électrovalve correspondante.

A remarquer que les circuits d'asservissement sont réalisés de façon à empêcher tout mouvement intempestif du tambour-inverseur durant la traction.

Un levier (15) permet d'effectuer la manoeuvre d'inversion à la main lorsque la commande à distance fait défaut.

Inverseur IB 35 (fig. 21.03).

Il s'agit d'une version moderne d'un inverseur où les contacts (1) sont mobiles.

Le moteur pneumatique est alimenté en air comprimé au moyen de 2 électrovalves (1) du type "Logivalve".

Il commande un axe central qui peut effectuer une rotation de $22^{\circ}30$ autour de sa position moyenne.

Ce déplacement correspond aux sens de marche I ou II.

Sur le châssis constitué de plaques sont fixées 4 douilles (a) qui se trouvent dans un même plan. 2 de ces douilles sont reliées aux contacts mobiles (m) au moyen d'une rotule, tandis que les 2 autres forment les contacts fixes contre l'un desquels le contact mobile vient basculer.

Les contacts mobiles sont commandés par l'axe central, lequel est muni de 2 paires de roulettes (g) ainsi que de glissières (7).

Les électrovalves sont également d'un nouveau type LV (logivanne) de "Jouvel et Carlier".

Elles ont l'avantage de consommer moins que les électrovalves classiques (5 W au lieu de 300 W). Une coupe de cette valve est représentée à la fig. 21,04.

Non excité, l'air comprimé est bloqué par le siège (18) de la soupape.

En même temps le cylindre C est mis en communication avec l'atmosphère (a) via le jeu existant entre le noyau (13) et le corps (11) de l'électrovalve.

Lorsqu'on excite la bobine (12) le noyau plongeur (13) est attiré vers le haut et ferme le siège (14) bloquant ainsi l'air pur a.

L'air comprimé se trouvant sous la soupape (18) est admis dans le cylindre (c).

Inverseur JH.

Ces tambours d'inversion se distinguent des appareils décrits par le fait de l'entraînement au moyen du moteur de l'équipement JH.

Ce système évite donc une motorisation pneumatique. Il est décrit dans les leçons 24 et 25

21.03. Elimination des moteurs de traction.

L'élimination des moteurs s'effectue généralement au moyen d'un tambour à commande manuelle ou avec des sectionneurs à couteau.

Suivant le schéma électrique les bornes du moteur seront d'abord isolées puis court-circuitées (fig. 21.05).

Les éliminateurs ont la forme d'un tambour haute tension avec contacts fixes (fig. 21.06).

Sur de nombreux types d'automotrices ainsi que sur les locomotives s. 20, on utilise des couteaux de sectionnement (fig. 21.07).

Il est évident qu'un sectionneur ne doit pas seulement être ouvert pour éliminer un moteur mais basculé de 180° afin d'établir le pontage.

Dans la position 90° (horizontale), le véhicule se trouve disposé (moteurs déconnectés).

Sur les automotrices quadruples, l'isolement des moteurs de traction s'effectue au moyen d'un inverseur IB 35.

Celui-ci peut être commandé à distance à partir de la cabine de conduite au moyen d'un interrupteur BT (bien entendu il faut de la basse tension et de l'air comprimé).

Lorsque la basse tension est coupée, l'éliminateur reste dans la position choisie.

Durant la traction on maintient l'électrovalve alimentée en permanence pour des raisons de sécurité. Ainsi l'appareil ne pourra se déplacer sous charge.

4.

Les circuits auxiliaires sont conçus de sorte qu'il faut d'abord abaisser les pantographes avant de pouvoir isoler les moteurs.

Avec des appareils à commande manuelle ceci était évidemment le cas puisqu'il fallait s'introduire dans la cabine HT pour effectuer la manoeuvre.

21.04. Autres commutateurs.

Sur les locomotives s. 26 le passage de série à série parallèle s'effectue au moyen d'un commutateur à commande pneumatique (ces locomotives peuvent démarrer directement en SP) (fig. 21.08).

Enfin on trouve encore des commutateurs électropneumatiques sur les locomotives s. 16 - commutation 15 kV - 25 kV (fig. 21.09) et sur toutes les polycourant pour la mise à la terre côté continu (CTC ou HMC) (fig. 21.10).

Les autres tambours sont commandés par les moteurs JH (voir leçon n°).

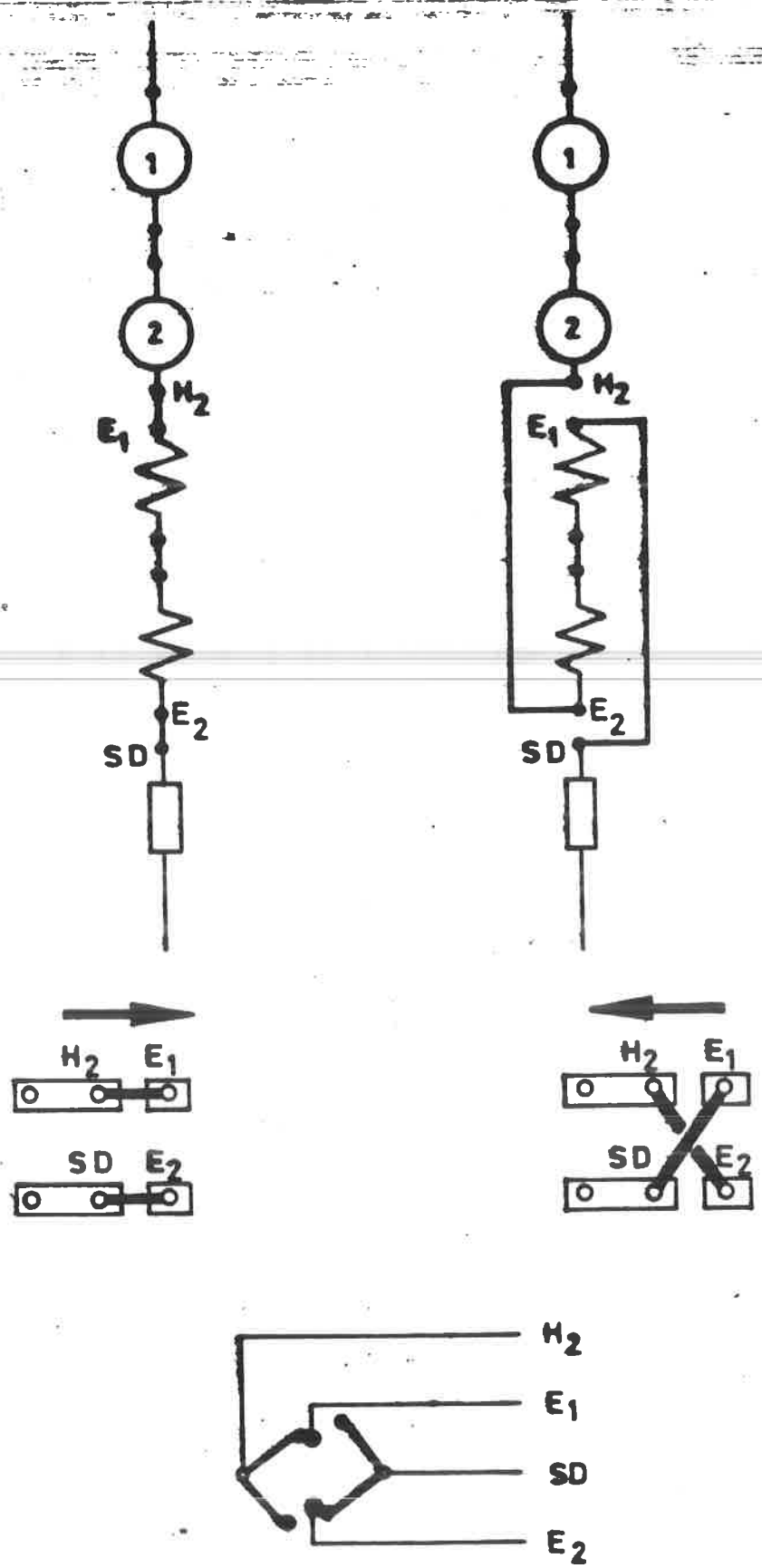
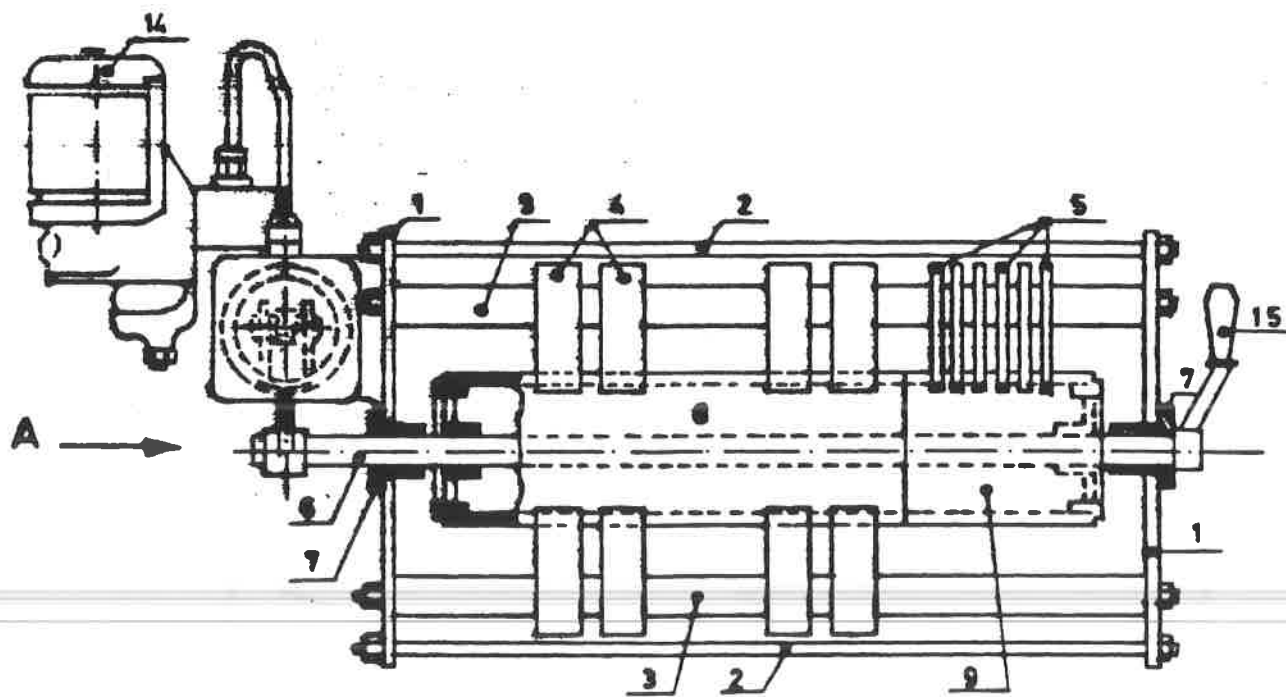


Fig. 21.01



Vue suivant A.

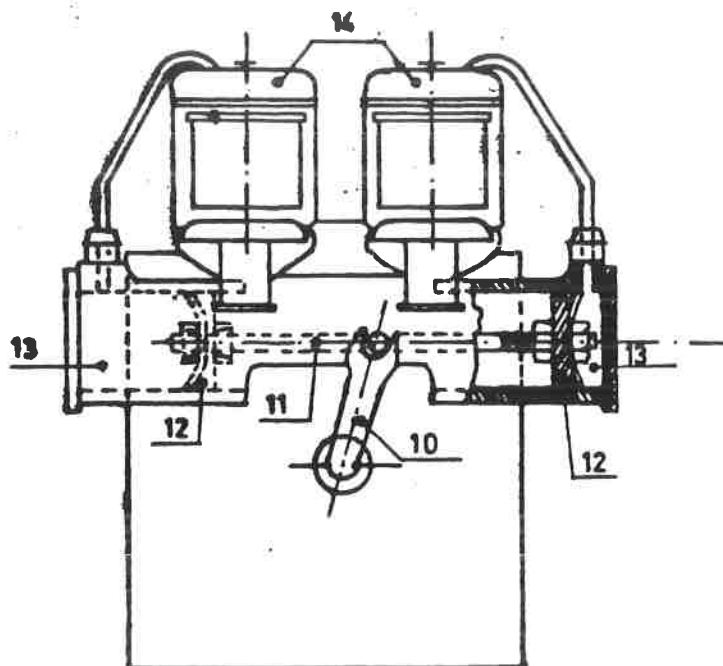


Fig. 21.02

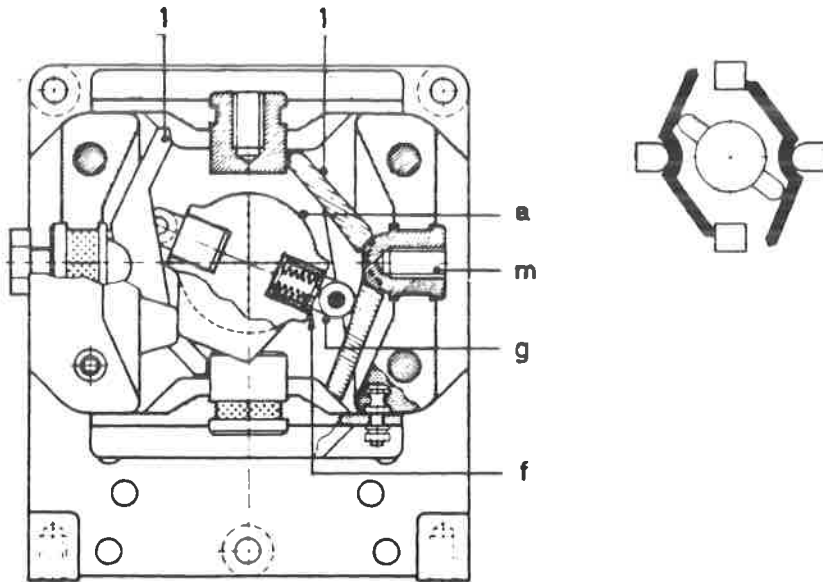
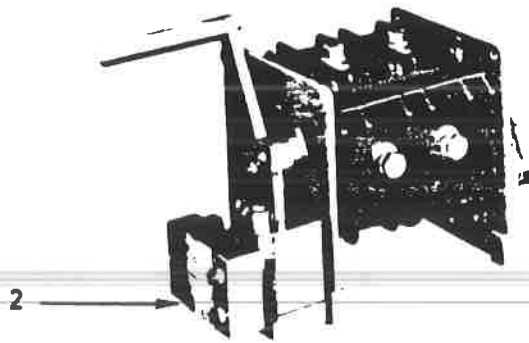


Fig. 31.63

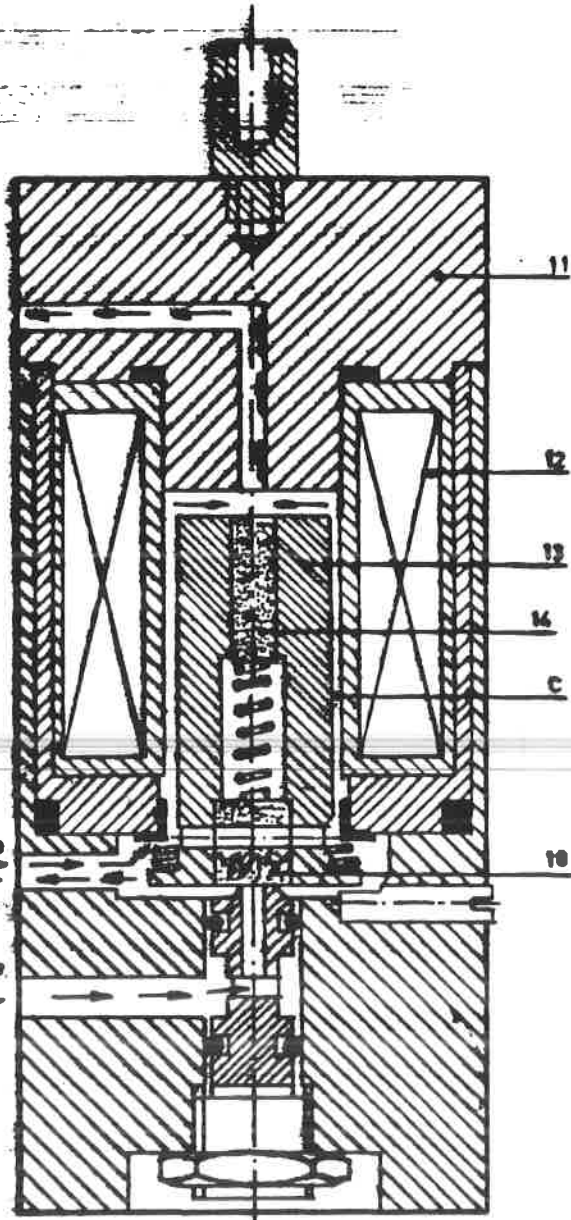


Fig 21.04

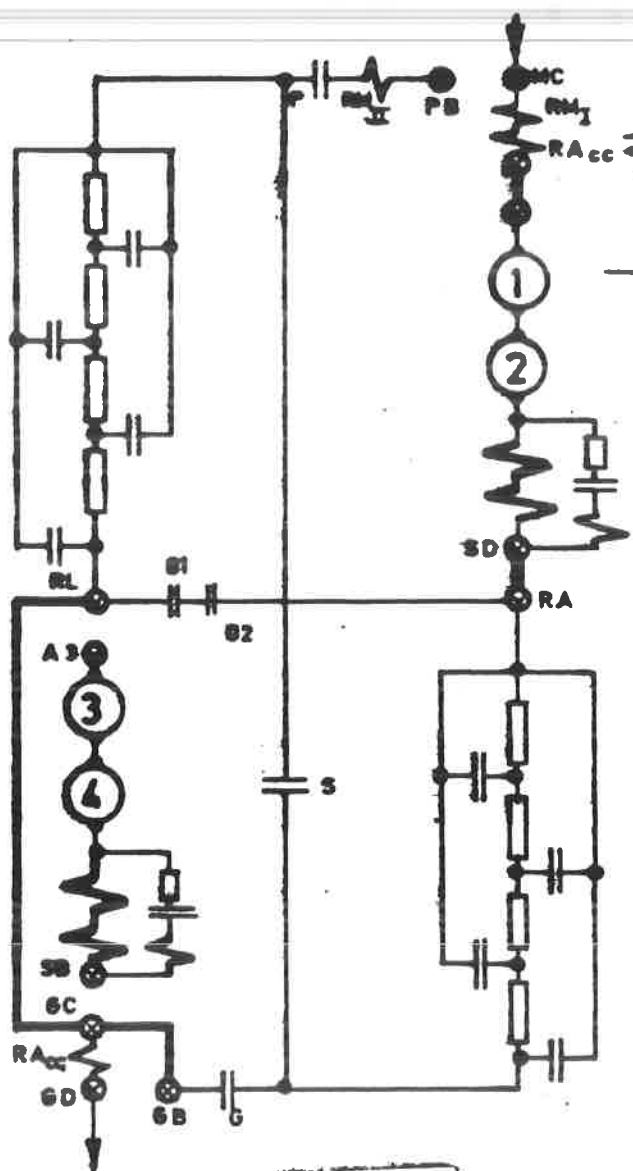


Fig. 21.05

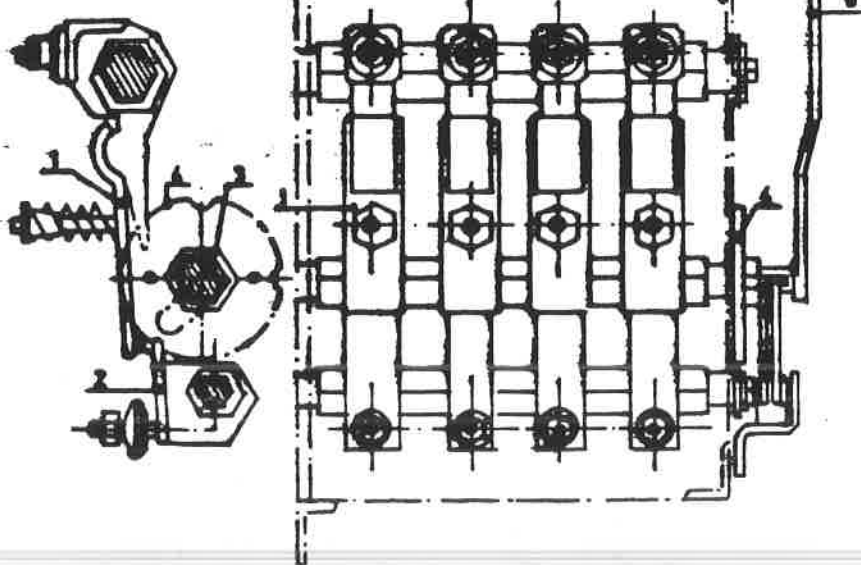
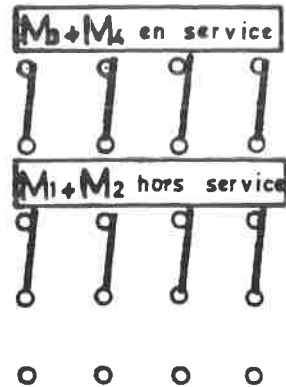
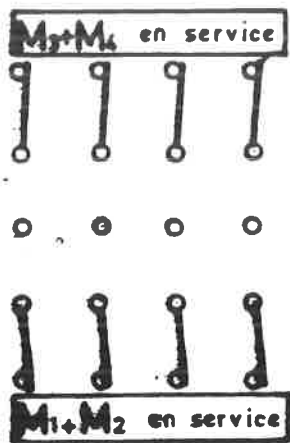
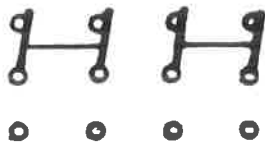


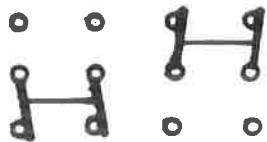
Fig. 1.06



Moteurs 1-2-3-4 en service.



Mot. 2-4 en service



Moteurs 1-3 en service.

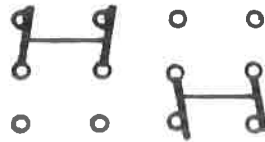


Fig. 21.07

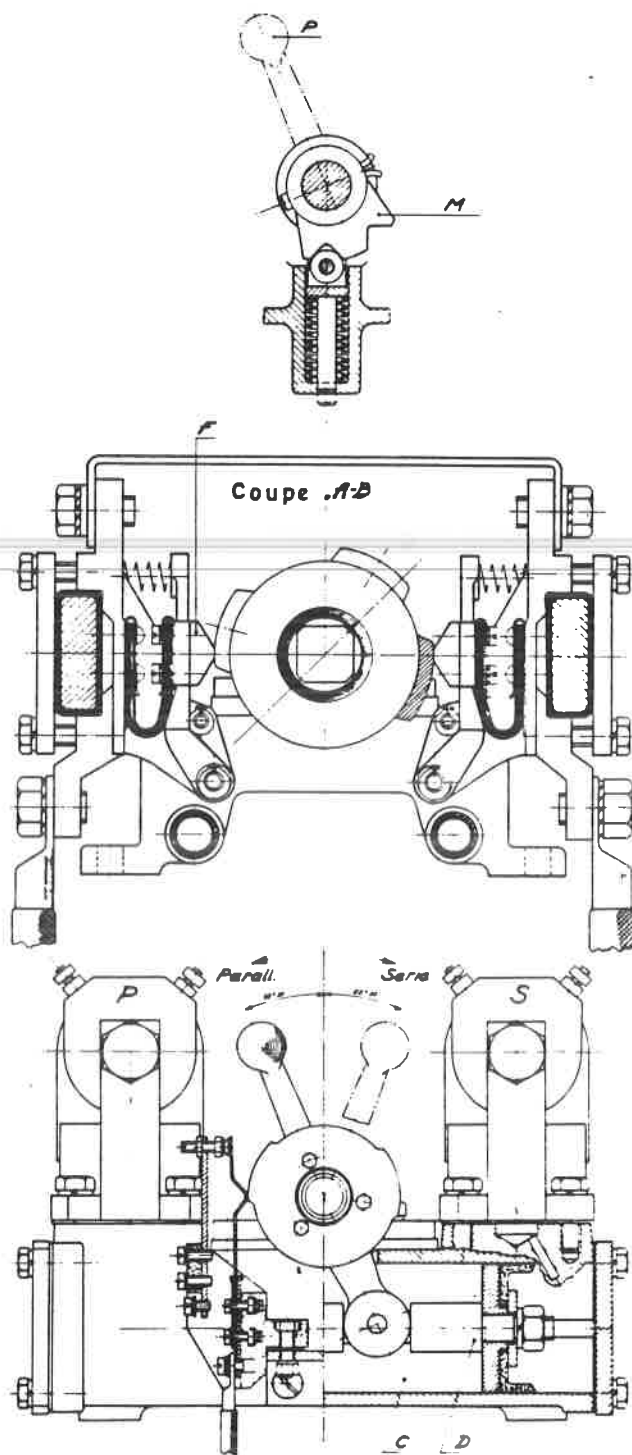


Fig. 21.52

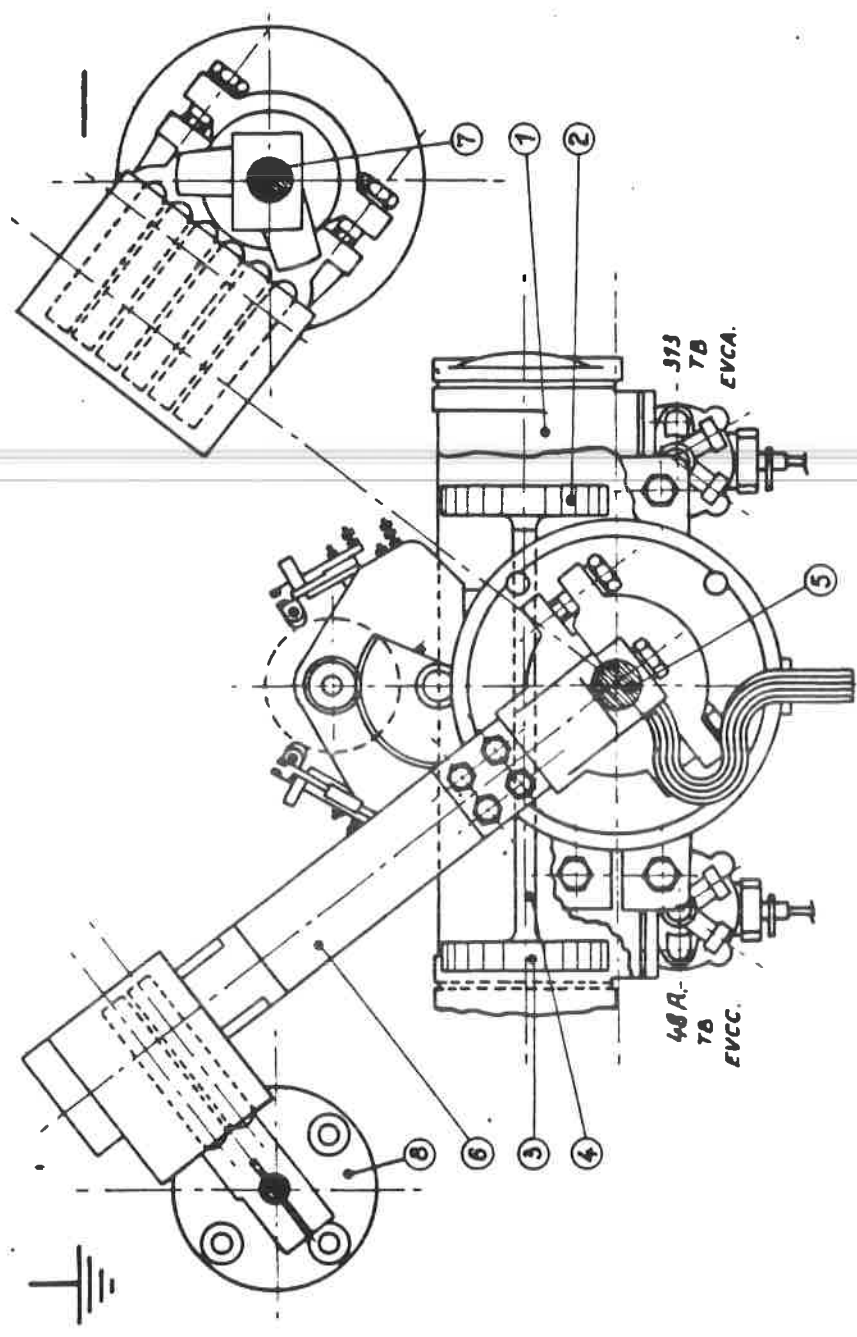


Fig. 21.00

RESISTANCES DE DEMARRAGE.

2201.. Perte d'énergie

Sur les locomotives et les automotrices classiques (à JH) le démarrage des moteurs à courant continu est réalisé par élimination de résistances de démarrage.

Vu la résistance ohmique faible ($0,25 \Omega$), le courant doit être limité tant que la force contre électromotrice du moteur ne suffit pas ainsi par exemple le courant est limité à 150 A pour les automotrices

$$R = \frac{3\ 000}{150} = 20 \Omega$$

A l'arrêt il n'y a pas de travail utile, par conséquent l'énergie est dissipée entièrement dans les résistances.

$$RI^2 = \frac{150^2}{1000} \times 20 = 450 \text{ kW.}$$

Dès que le train se met en mouvement la tension aux bornes des moteurs augmente, on élimine progressivement les résistances. Le rendement s'accroît.

La figure 2201 montre la variation de la tension aux bornes des moteurs avant la phase de démarrage avec un courant moyen I . Si l'on admet un effort moyen constant au démarrage, l'accélération sera également constante, ainsi l'augmentation de la tension aux bornes évolue de façon linéaire.

L'énergie totale absorbée est :

$$U I_m t.$$

La perte dans les résistances :

$$\frac{U I_m t}{2}.$$

Le rendement est donc de 50%.

Si l'on prend un courant de démarrage plus élevé par exemple $2 \times I_m$, l'accélération augmentera également puisque

$$a = \frac{Pa}{M}$$

2.

Mais elle augmentera plus que proportionnellement à l'effort P (ou au courant I)

car $P_a = P - P_r$

ainsi avec $P = 10 \text{ t}$ et $P_r = 8 \text{ t}$ $P_a = 2 \text{ t}$

et avec $P = 20 \text{ t}$ et $P_r = 8 \text{ t}$ $P_a = 12 \text{ t}$.

Cet exemple - extrême - montre que la consommation d'énergie et donc, les pertes dans les résistances diminuent lorsque l'accélération - et donc le courant de démarrage - augmente.

2202. Dimensionnement.

Le courant de démarrage est limité par les facteurs suivants :

1. limite d'adhérence
2. courant moteur maximum admis
3. accélération maximum (confort).

Une fois ce courant fixé si pose le problème du dimensionnement des résistances de démarrage.

Il est évident que la fréquence de démarrage, ainsi que le profil des lignes à parcourir, joueront un rôle prédominant dans ce problème.

Dans la formule de résistance :

$$R = \frac{f \cdot x \cdot L}{S}$$

on voit que si l'on prend une section S plus forte, on augmentera la surface de refroidissement, il faut augmenter la longueur L proportionnellement.

Or le poids (G) et donc le prix, est fonction du produit L x S en effet

$$G = S L \delta$$

(ou δ = poids spécifique)

Ainsi le fait de doubler S nécessite également de doubler L avec la conséquence que le poids devienne 4 fois plus grand.

Les résistances doivent cependant être aussi légères et aussi peu encombrantes que possible (sans nuire à la fiabilité). Leur durée de vie dépend essentiellement de la température du fonctionnement.

Bien que les éléments chrome-nickel peuvent résister à des températures de l'ordre de 1300°C, on ne dépassera pas 400° lors d'un cycle de démarrage normal.

Ceci explique pourquoi l'on pourra encore laisser temporairement du matériel en survie avec 50 % de traction (lignes non accidentées).

La fig. 2202 donne la température d'équilibre pour un fil de 1 mm² parcouru par des courants allant de 0 à 40 A, ainsi que pour un fil de 35 mm² et des courants de 0 à 400 A.

L'on constate que pour un fil suspendu librement dans l'air, cette température est proportionnelle à l'intensité.

Le temps nécessaire pour atteindre la température maximum permise diminue cependant en fonction du carré du courant.

La fig. 2203 montre un exemple d'une courbe d'échauffement pour des résistances en fonte (locomotive S 29). Nous y voyons qu'avec un courant de 200 A on atteint cette température limite après 16 minutes tandis qu'avec 400 A cette température est atteinte après 4'.

2203. Résistances à ruban.

Ce type de résistance en nickel-chrome est utilisé sur les automotrices de 1935 à 53.

Description (fig. 2204).

La résistance totale se compose de différents blocs. Chaque bloc est composé de 6 éléments à rubans (1) à section rectangulaire, enroulé sur champs sur des isolateurs (2). Ceux-ci sont fixés sur un support métallique (3).

Les isolateurs (2) résistant aux grandes variations de température, ont des rainures dans lesquelles viennent se loger les rubans.

Les prises de courant (17) sont soudées aux extrémités des rubans.

Le bloc est fixé sur un châssis se composant de 4 supports (5) et 4 tiges (6). Ces dernières supportent les isolateurs (11) sur lesquels coulissent les supports (3).

Les éléments sont assemblés élastiquement par des écrous (7) des brides (9) des intercalaires (8) et des ressorts (13) de façon à permettre les dilatations thermiques.

Les isolateurs (2) et (11) assurent l'isolement électrique.

Les éléments résistants sont reliés entre eux par des connexions horizontales (15 - 16) et verticales (14).

Particularités.

Ce type de résistance "boudiné" est spécialement conçu pour résister aux chocs et vibrations que subissent les véhicules moteurs, ainsi qu'aux intempéries.

Les éléments ne peuvent se "tordre" sur leur support vu qu'il peut glisser sur l'isolateur lors des dilatations et contractions.

Suspension et connexions.

Le nombre et l'endroit des prises de courant dépendent du type d'automotrice. La fig. 2205 montre le schéma des connexions que l'on retrouve sur le schéma HT.

Les blocs sont suspendus à des supports en fer V au moyen de boulons et écrous et isolés par rapport à ceux-ci par des isolateurs en porcelaine.

2204. Résistances type "Calrod".

Ce type de résistance est utilisé sur les automotrices 1954 à 70.

Le tube "Calrod" (fig. 2205) utilisé en traction électrique comporte un fil chrome-nickel spiralé d'un diamètre d'environ 1 mm. placé au centre d'un tube en acier d'environ 1 cm de diamètre. Le "boudin" est maintenu en place au centre du tube au moyen d'oxyde de manganèse.

Cette matière a la propriété exceptionnelle d'être un isolant électrique tout en ayant une bonne conductibilité thermique.

Les extrémités du tube sont fermées par des isolateurs laissant passer une tige filetée qui sert de connexion. A l'intérieur du tube cette tige est soudée au fil résistant.

Bien que le fil atteigne une température élevée en service (rouge) il est maintenu fermement en place par la poudre tassée de manganèse. La chaleur est dissipée à l'air ambiant via le tube qui est muni d'ailettes de refroidissement.

Ce type d'éléments présente de nombreux avantages par rapport aux blocs de résistances classiques :

- l'élément chauffant est protégé contre l'oxydation de l'air ambiant
- il est protégé mécaniquement contre les vibrations
- il est doublement isolé
- son poids est inférieur aux résistances à ruban
- le prix également est inférieur puisqu'il faut moins de chrome-nickel pour une même valeur thermique (la température de travail étant beaucoup plus élevée).

2205. Résistance de démarrage des locomotives.

Ces éléments en acier chrome-nickel sont constitués comme suit :

Ni	37 %	chr	18 %	Fe	45 %
ou Ni	65 %	chr	15 %	Fe	20 %.

Les grilles sont assemblées dans un caisson (36 pièces).

Des ventilateurs soufflent de l'air de refroidissement du haut vers le bas.

Le circuit, d'alimentation des moteurs ventilateurs est représenté à la fig. 2206

Les 5 moteurs sont du type série : (55 V - 50 A - 2100 t/min.). Ils sont parcourus par le courant de traction.

Le débit d'air du ventilateur est donc proportionnel au courant de traction ce qui constitue une sorte d'autorégulation puisque plus fort ira le courant dans les résistances de démarrage, plus vite tournent les ventilateurs.

En théorie l'on peut donc rester indéfiniment sur les résistances lors d'un démarrage. Ceci est bien entendu à l'encontre des règles de conduite économique.

De plus, la durée de vie des résistances est quand même limitée et après un certain nombre d'heures de fonctionnement elles doivent être remplacées (oxydation, déformation, vieillissement, etc.).

A la fin de la période de démarrage on ferme automatiquement les contacteurs 18 qui court-circuite les moteurs ventilateurs.

Ce système de refroidissement fonctionne gratuitement, en effet tout comme les résistances les moteurs de ventilation absorbent une énergie qui limite la tension aux bornes des moteurs.

Dans une certaine mesure le système de ventilation s'adapte automatiquement au fait par exemple qu'un moteur-ventilateur tombe à l'arrêt : le courant se répartit dans les 4 autres moteurs qui tournent plus vite.

Un relais de survitesse (ou de surtension) QVR est branché en parallèle avec les moteurs-ventilateurs. Il fonctionne automatiquement dès que la tension à ses bornes dépasse une certaine valeur. Dans ce cas une lampe s'allumera au tableau de bord.

2206. Résistance de shuntage.

Sur toutes les automotrices et locomotives la réduction du champs des moteurs de traction s'effectue par shuntage de l'inducteur au moyen d'une résistance placée en série avec un "shunt inductif".

Pratiquement on shunte un groupe de 2 moteurs à la fois.

La perte d'énergie dans ces résistances est de loin inférieure à celle des résistances de démarrage.

En effet, la valeur ohmique des inducteurs est de l'ordre de 0,2 ce qui donne avec un shuntage de 50 % une résistance du même ordre.

Avec un courant de $\frac{200 \text{ A}}{2}$ nous avons par exemple une énergie à dissiper :

$$I^2 R = 100^2 \times 0,2 = 2000 \text{ W.}$$

Le problème du refroidissement ne se pose donc pas avec la même acuité que pour les résistances de démarrage.

Fig. 22.02
01870
1979

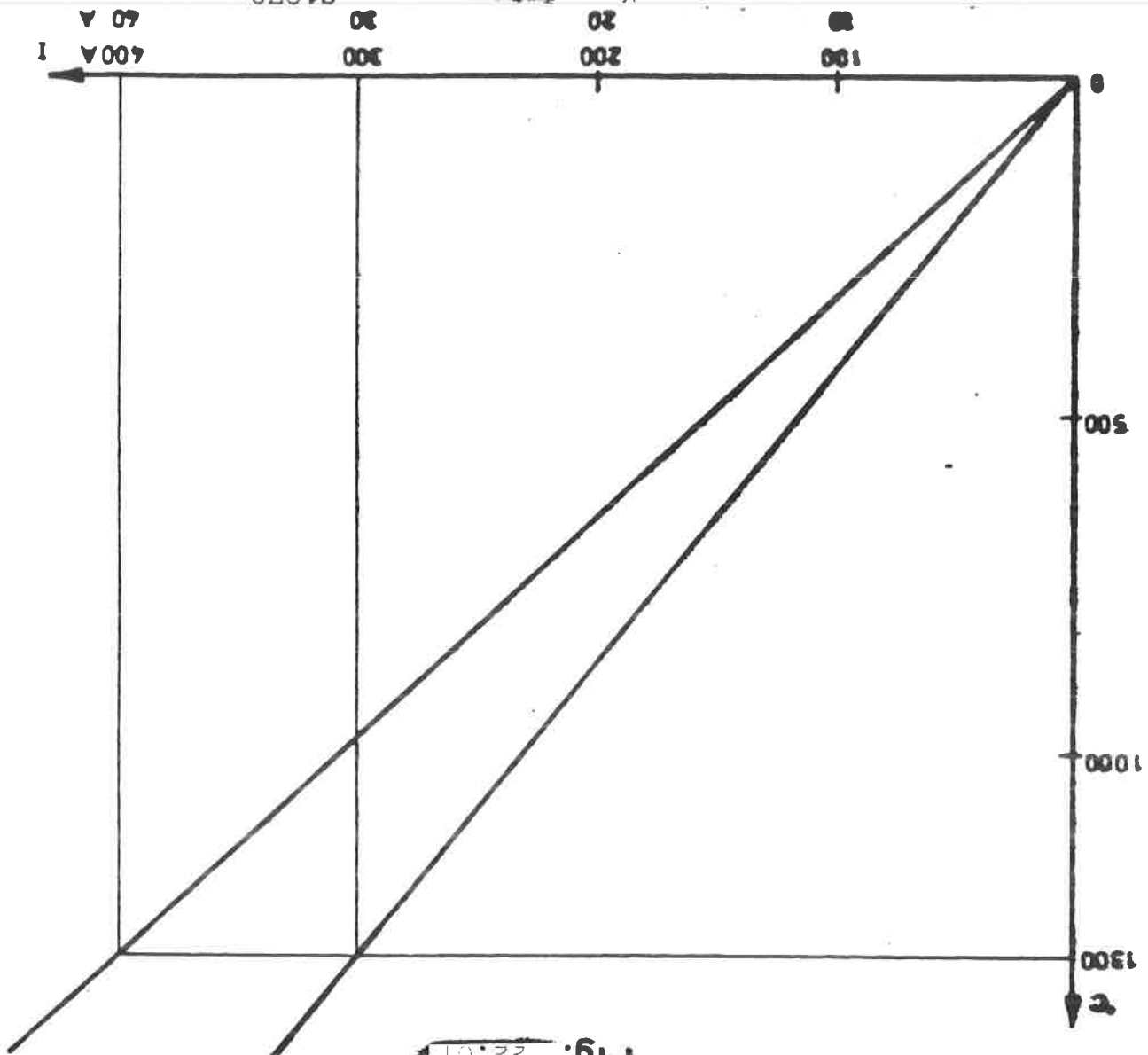
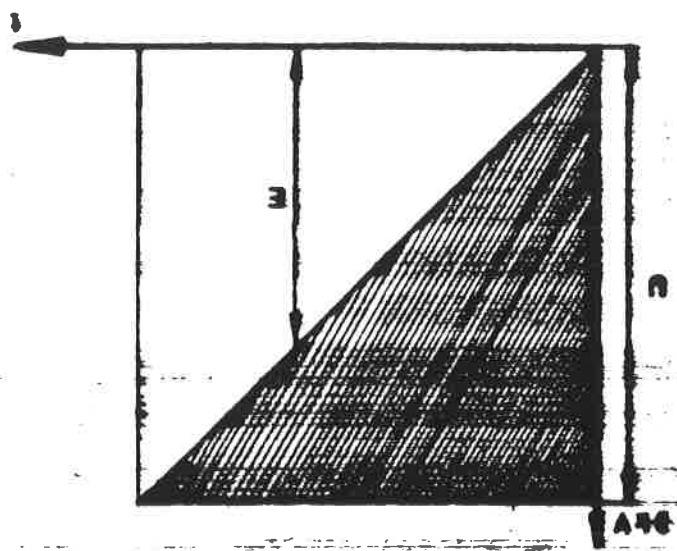
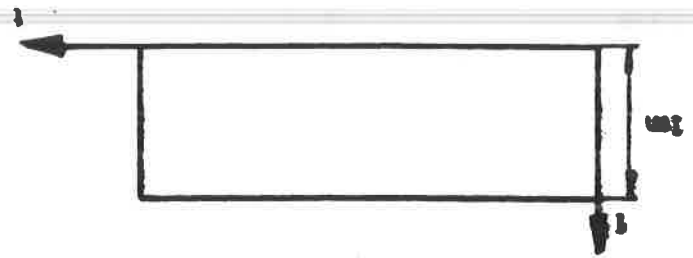


Fig. 22.01



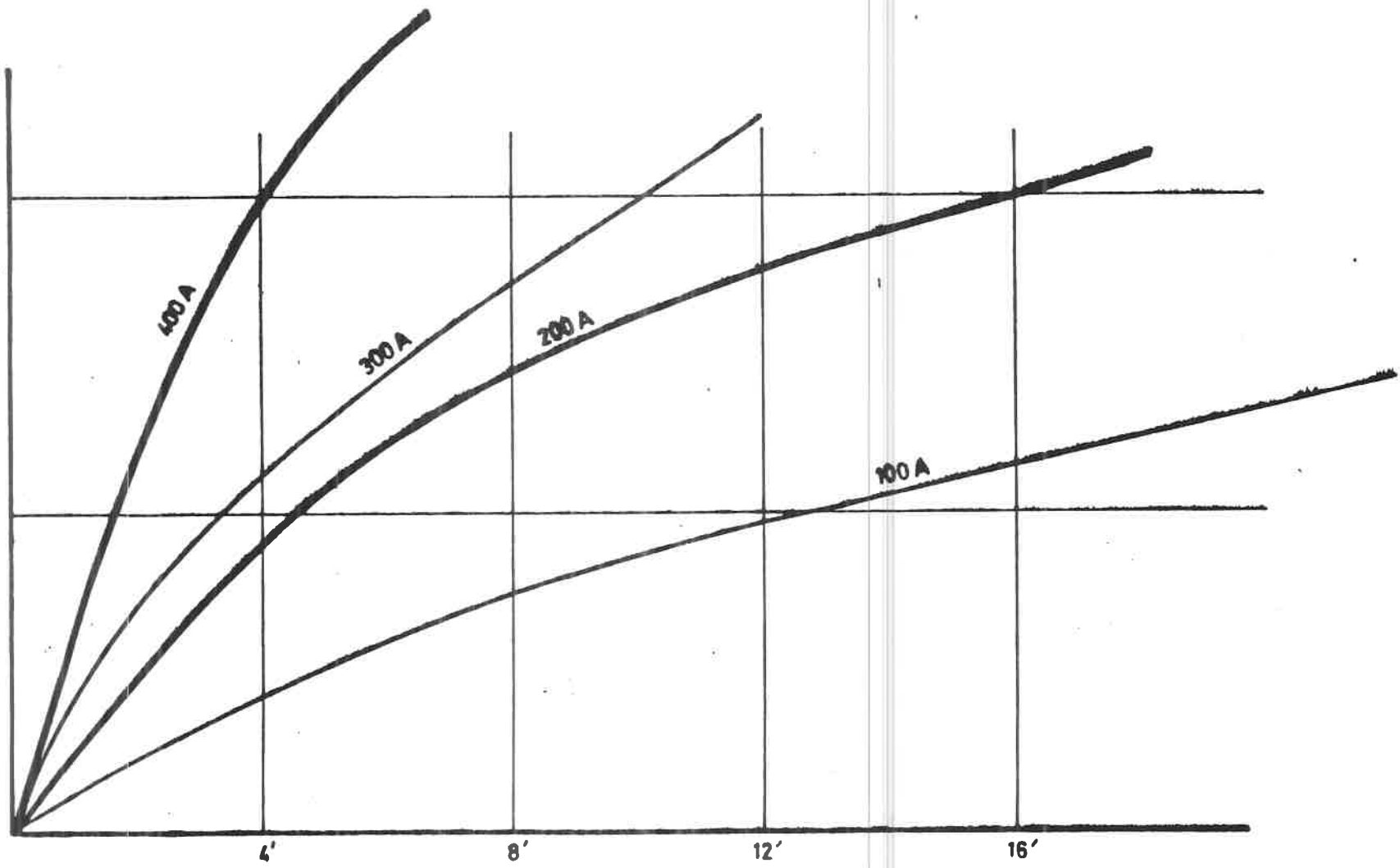


Fig. 10.03

C 1270
1979/22

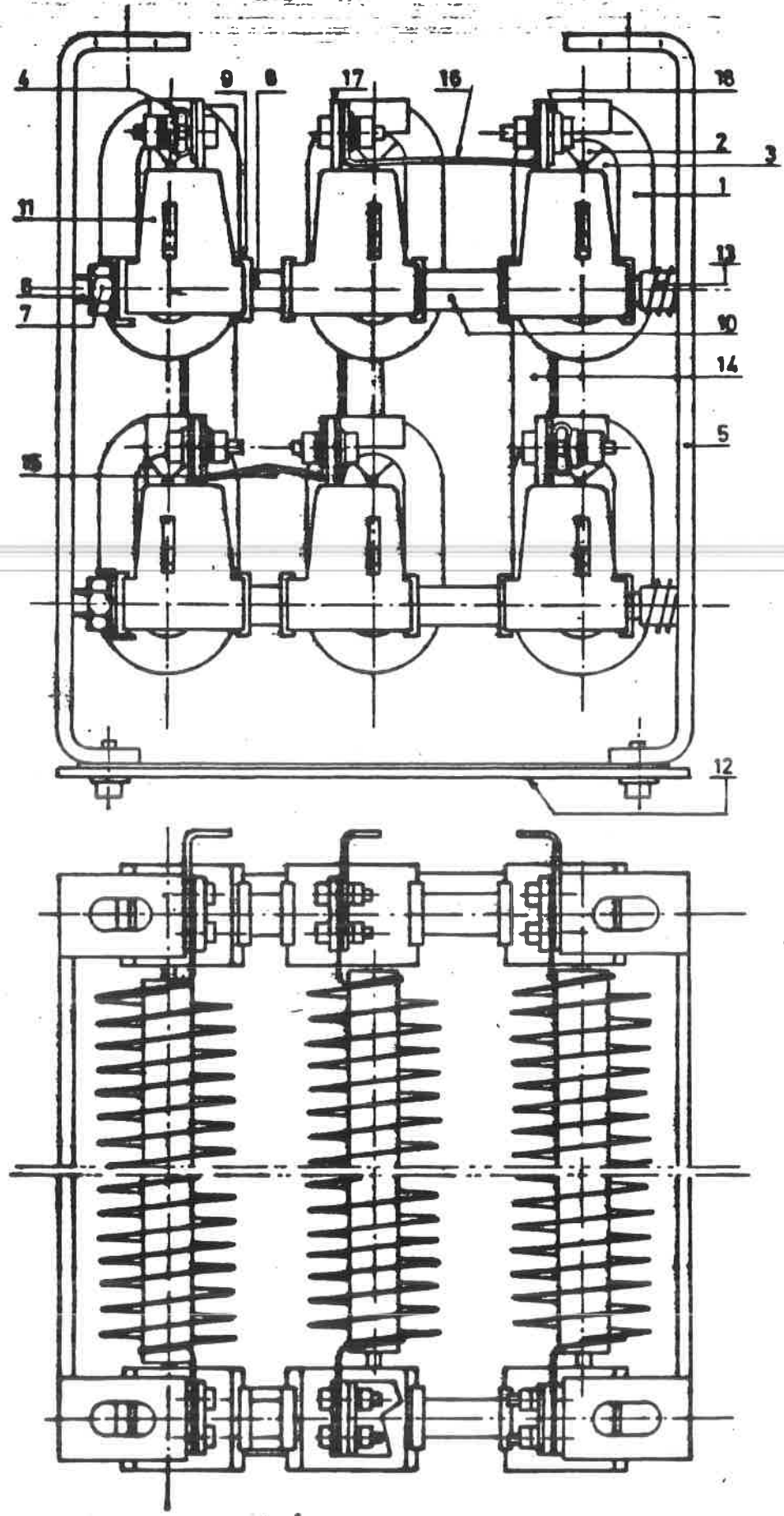


Fig. 00.04

C 1270/22
1979

C. 970/22
4979/22

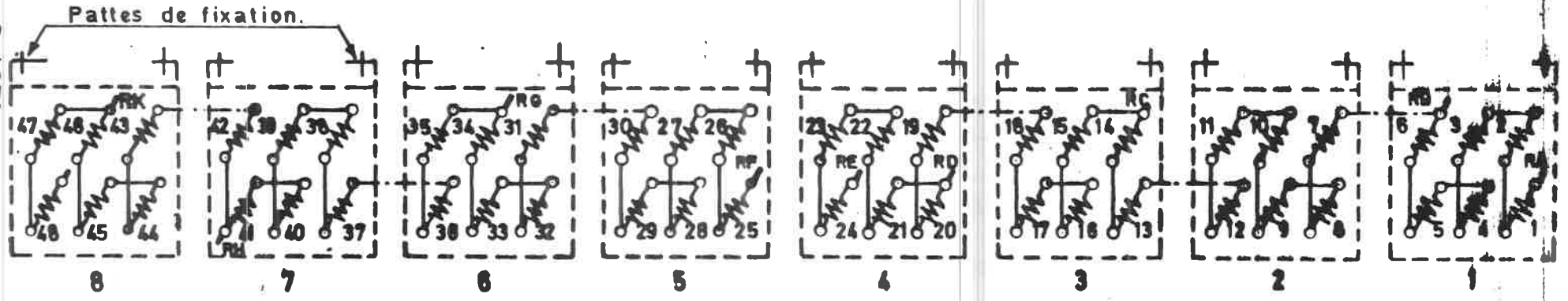


Fig. 22.05.

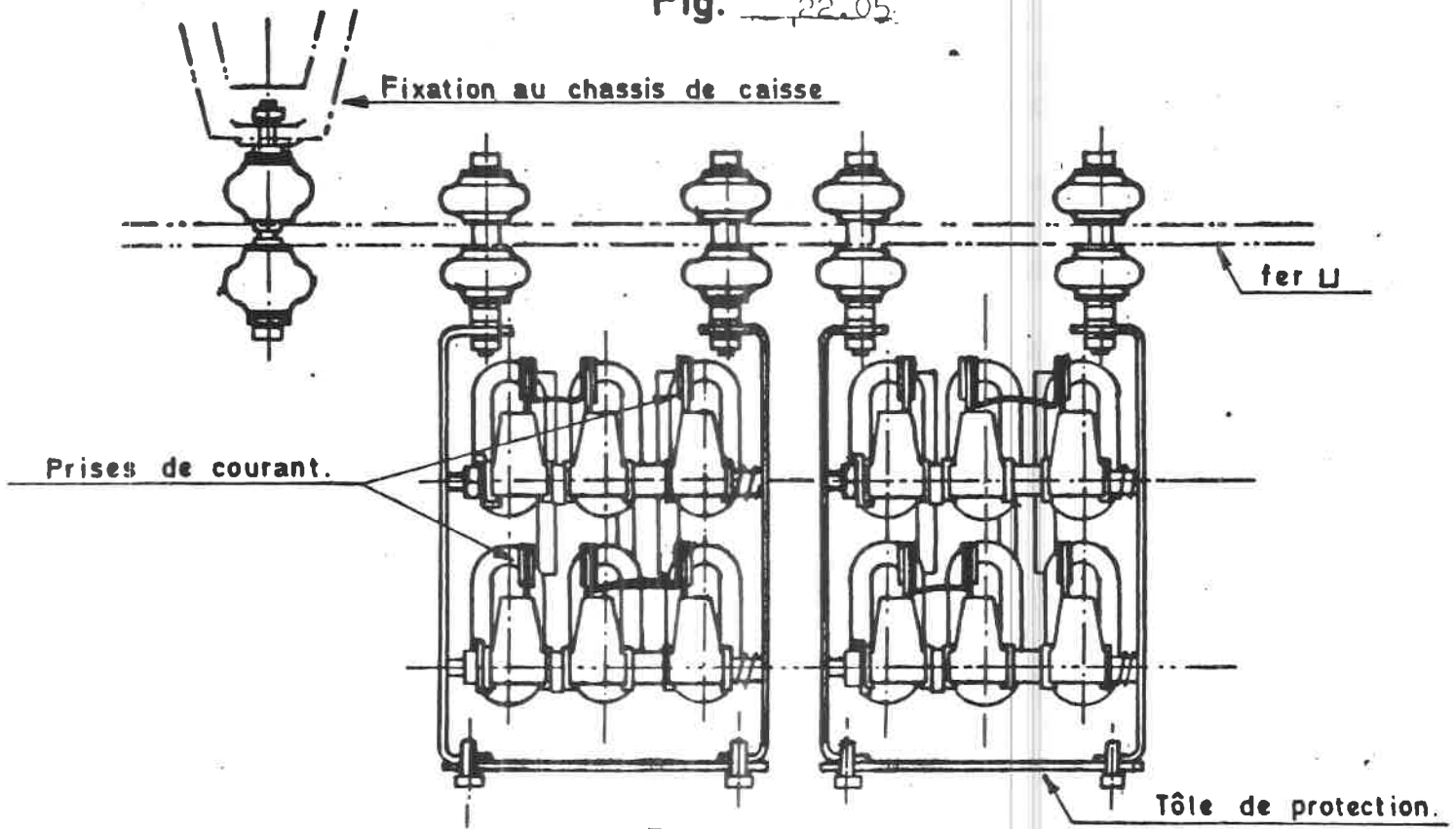


Fig. 22.06.

23.01. Généralités.

Un train doit être pourvu d'air comprimé pour alimenter:

- les conduites de frein;
- les appareillages électropneumatiques tels que pantographes, rupteurs, contacteurs, etc...;
- les services auxiliaires: portes électropneumatiques, trompe, essuie-glaces, etc...

Une source basse tension est nécessaire pour les circuits de commande, l'éclairage, etc...

Les premières automotrices (1935) étaient équipées d'un groupe moteur-compresseur à basse vitesse tandis que la charge batterie était assurée par une dynamo entraînée par engrenages depuis le carter d'un moteur de traction.

La charge batterie était donc dépendante du rapport durée de parcours - période d'arrêt. Cette solution présentait donc de gros inconvénients d'autant plus que le chauffage était assuré par de l'air pulsé, ce qui sollicitait fortement la batterie.

En 1939, il fut utilisé pour la première fois un groupe moteur-compresseur-dynamo qui permettait de charger la batterie à l'arrêt, même lorsqu'il y avait suffisamment d'air comprimé.

Comme nous le verrons plus loin, dans ce cas-là, la conduite haute pression du compresseur était mise à l'atmosphère.

Comme inconvénient, nous pouvons déjà signaler que le compresseur tournait un grand nombre d'heures inutilement, avec comme conséquence une grande usure.

En 1966, il fut enfin prévu 2 groupes indépendants: un moteur HT pour le compresseur et un pour la dynamo.

Sur les locomotives, il y a 2 groupes moteur-compresseur (excepté sur les locomotives des séries 15, 16 et 18 où il n'y avait pas assez de place). La dynamo est entraînée au moyen d'un jeu de courroies par un moteur-ventilateur des moteurs de traction.

23.02. Un peu de thermodynamique.

La compression d'un gaz, dans notre cas de l'air, peut se faire en principe de deux manières différentes (deux cas extrêmes):

2.

a) Compression isothermique (à température constante):

Ici, nous supposons que toute la chaleur est évacuée vers le milieu extérieur. Un parfait refroidissement n'est seulement possible que pour un nombre de tours très peu élevé.

La compression se déroule suivant la loi de Boyle-Mariotte: $p \cdot v = c^{te}$ ou $p_1 v_1 = p_2 v_2$.

C'est la formule d'une hyperbole (fig. 23.01).

Le travail L absorbé par la compression est représenté par la surface sous la courbe. Tout ce travail est transformé en chaleur

b) Compression adiabatique (sans échange de chaleur).

Ici, nous supposons qu'il n'y a pas de refroidissement; donc une isolation parfaite de la chaleur et par conséquent une vitesse de rotation infiniment grande (grand nombre de tours).

On constate que la pression s'élève maintenant beaucoup plus pour un même rapport de compression $\frac{V_1}{V_2}$ et suivant la loi: $p \cdot v^{1,41} = p_2 v_2^{1,41}$
ou en général $p \cdot v^K = c^{te}$.

Cela provient du fait que l'augmentation de température (pas de refroidissement) va participer à l'augmentation de pression. Le travail nécessaire est maintenant également plus élevé que dans le cas précédent (voir fig. 2302).

La pression finale peut être calculée pour un rapport de compression par exemple $\frac{V_1}{V_2} = \frac{10}{1}$

1°) pour une compression isothermique:

$$p_2 = \frac{p_1 v_1}{v_2} = \frac{1,033 \times 10}{1} = 10 \text{ kg/cm}^2;$$

2°) pour une compression adiabatique:

$$p_2 = p_1 \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{1,41} = 1,033 \times 10^{1,41}$$

$$(\log x = 1,41 \cdot \log 10 = 1,41)$$

$$\text{où } x = 24,8$$

$$\text{et } p_2 = 1,033 \times 24,8 = 26 \text{ kg/cm}^2.$$

23.03. Température.

La formule pour le calcul d'une température dans une compression adiabatique peut être trouvée de la manière

suivante: (voir fig. 2303) la compression adiabatique de V_1 à V_2 peut être remplacée par une compression isothermique de V_1 à V' (pression p_2)

$$\boxed{p_1 v_1 = p_2 V'} \quad (1)$$

Puis par chauffage, on peut élever la température de T_1 à T_2 . L'air se détend à pression constante de V' à V_2 . De la formule de Gay-Lussac:

$$V' = V_0 (1 + d \cdot t_1)$$

$$\text{et } V_2 = V_0 (1 + d \cdot t_2)$$

dans lesquelles $d = \frac{1}{273}$, nous trouvons par division

$$\frac{V'}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (T = t + 273)$$

c'est-à-dire qu'à pression constante, les volumes sont proportionnels à la température absolue. Cela donne par remplacement dans (1)

$$p_1 v_1 = p_2 v_2 \frac{T_1}{T_2}$$

$$\text{d'où } T_2 = T_1 \cdot \frac{p_2 v_2}{p_1 v_1}$$

Si nous remplaçons p_2 par sa valeur

$$p_2 = p_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^K$$

$$T_2 = T_1 \cdot \frac{V_2}{p_1 \cdot V_1} \cdot p_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^K$$

$$\text{cela devient } \boxed{T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{K-1}}$$

Dans notre cas, la pression finale p_2 est limitée par les soupapes de sécurité.

$$\text{Si nous remplaçons } \frac{V_1}{V_2} \text{ par sa valeur } \frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{1}{K}}$$

$$\text{d'où } T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{K-1}{K}}$$

Exemple de calcul:

Nous prenons une compression de 1 à 10 kg/cm² et nous calculons T_2 ($T_1 = 273 + 20 = 293^\circ \text{ K}$)

$$T_2 = 293 \cdot 10 \frac{0,41}{1,41} = 293 \cdot 10^{0,29} = 580^\circ \text{ K}$$

$$t_2 = 580 - 273 = 307^\circ \text{ C.}$$

4.

Ceci est une limite extrême théorique.

Dans la réalité, il y a refroidissement si bien que $k = 1,2$

$$T_2 = 293 \cdot 10^{\frac{0,2}{1,2}} = 293 \cdot 10^{0,166} = 430^\circ \text{ K}$$

$$t_2 = 430 - 273 = 157^\circ \text{ C.}$$

23.04. Compresseur à 2 étages.

Nous voyons que bien qu'il y ait refroidissement, la température est encore très élevée dans le cylindre et les conduites.

Ceci est défavorable pour le graissage et donne lieu aussi à une grande perte de travail. Une compression en 2 ou plusieurs étages améliore cette situation (fig. 2304).

Dans le 1er cylindre BP, l'air est comprimé jusqu'à p' . La température finale n'est pas T_2 , mais T' . L'air est maintenant refroidi de T' à T_1 (si possible). Puis, il est comprimé dans le cylindre HP de p' à p_2 . La température est de T'' .

Exemple:

En se référant au calcul précédent, nous comprimons d'abord l'air jusqu'à 3 kg/cm² (nous prenons $K = 1,2$ et $t_1 = 20^\circ \text{ C}$).

$$T_1 = 273 + 20 = 293^\circ \text{ K.}$$

$$T' = T_1 \left(\frac{p'}{p_1}\right)^{\frac{K-1}{K}}$$

$$T' = 293 \cdot 3^{\frac{0,2}{1,2}} = 350^\circ \text{ K.}$$

$$t' = 350 - 273 = 77^\circ \text{ C.}$$

Après refroidissement jusqu'à 20° C , nous calculons la température dans le cylindre HP

$$T_2 = 293 \left(\frac{10}{3}\right)^{\frac{0,2}{1,2}} = 360^\circ \text{ K.}$$

$$t_2 = 360 - 273 = 87^\circ \text{ C.}$$

Conclusion:

Nous voyons que dans un compresseur à 2 étages après refroidissement la température finale est beaucoup plus petite.

La plupart des compresseurs supérieurs à 8 kg/cm² sont donc exécutés à 2 étages, surtout s'ils tournent vite parce qu'alors la valeur de K approche de près 1,41.

23.05. Compresseur ACEC (automotrices).

Débit: 540 l/min à la pression de 7 kg/cm².

Le compresseur à 2 pistons à simple effet et à 2 étages est monté en porte-à-faux sur le bout-cône du groupe moteur-générateur.

Les cylindres sont disposés horizontalement; les 2 bielles sont accouplées au même bouton de manivelle. L'aspiration se fait par la partie supérieure de la culasse BP (fig. 2305) lorsque le piston se déplace vers la droite, l'air est aspiré au travers des clapets A et remplit le volume du cylindre. Lorsque le piston se déplace vers la gauche, l'air qui ne peut sortir par le clapet A à sens unique, est partiellement comprimé et chassé au travers des clapets B vers l'aspiration C du cylindre HP; le passage de la culasse BP à la culasse HP s'effectue par l'intermédiaire d'un réfrigérant constitué par un tube en cuivre à parois mince et de grande longueur.

L'air aspiré dans le cylindre HP, au travers des clapets C est ensuite comprimé à sa pression maximale et refoulé au travers des clapets D vers les réservoirs. Les plaques, portant les clapets, désignées R et S sont en aluminium et sont munies d'ailettes de refroidissement.

Les clapets proprement dits sont constitués par une lame mince en acier, pressée sur son siège par une lame de ressort; ces clapets permettent le passage de l'air dans un seul sens: pour les clapets d'aspiration, de la culasse vers le cylindre, sous l'effet de la dépression produite par le déplacement du piston;

pour les clapets de refoulement, du cylindre vers la culasse, sous l'effet de la pression d'air comprimé dans le cylindre.

Le graissage du compresseur est réalisé par un linguet de projection L solidaire d'une bille agissant sur un auget 6 à niveau d'huile constant. L'alimentation de l'auget est faite au moyen d'une petite pompe volumétrique P qui élève l'huile contenue dans le carter. La pompe est entraînée par la chaîne H.

Le groupe peut tourner d'une façon continue tant que la génératrice débite et que la pression du réservoir n'a pas atteint sa valeur maximale ou que l'un ou l'autre, génératrice ou compresseur, doivent débiter du courant ou de l'air. Dans le cas particulier où les réservoirs sont pleins, le groupe restant en fonctionnement à la demande de la génératrice, le compresseur débite à l'atmosphère par l'intermédiaire d'un appareil spécial dénommé "By-pass".

6.

23.06. Compresseur pour locomotive.

Deux types de compresseurs sont en service: Oerlikon et Westinghouse.

Chacun a un débit de $\pm 1\ 300$ l/min à la pression de 9 kg/cm^2 , ce qui est un minimum pour la préparation de longs trains de marchandises. C'est pourquoi il a été prévu deux compresseurs sur la plupart des locomotives.

L'air est également comprimé en 2 étapes avec refroidissement intermédiaire.

Le compresseur Oerlikon (fig. 2306) possède 3 cylindres en ligne: les cylindres 1 et 2 sont pour la basse pression (en parallèle) et refoulent l'air via un refroidisseur R vers le cylindre 3.

Le graissage est réalisé par une pompe à engrenages, placée à une extrémité du vilebrequin, après le couvercle F.

Le moteur 3 000 V entraîne le vilebrequin par l'intermédiaire d'un jeu d'engrenages droits.

Le compresseur ACEC - Westinghouse (fig. 2307) possède 4 cylindres disposés en V, 2 cylindres BP et 2 cylindres HP.

L'entraînement par le moteur 3 000 V est réalisé au moyen d'un accouplement élastique et d'une transmission à engrenages.

23.07. Le moteur HT.

Le moteur est du type série avec 4 pôles de commutation.

Une résistance de démarrage (80 ohm) limite le courant de démarrage.

Afin de simplifier le schéma, cette résistance reste continuellement en service, car vu que le courant nominal est de ± 3 A, la chute de tension à ses bornes ne diminue la tension de ligne que de 10 %. De plus, elle travaille comme résistance de limitation en cas de court-circuit.

	HLE	MS
puissance	11 kW	9 kW
nombre de tours		1 400 t/min
résistance de démarrage	100 ohm	85 ohm

La résistance de démarrage fut en principe placée côté terre afin qu'en cas de flash, les appareillages de protection, relais ou fusible, travaillent avec plus de certitude.

Ceci a comme inconvénient que les contacteurs ont fort à souffrir lors d'un court-circuit; c'est pourquoi ces résistances sont placées maintenant avant les groupes auxiliaires ce qui nécessite une protection plus sensible.

23.08. Commande.

Sur les automotrices doubles jusqu'en 1963 compris, le moteur qui entraîne le compresseur, actionne également la dynamo. La commande du groupe moteur-compresseur-génératrice doit permettre que:

- le compresseur entre en fonctionnement lorsque la pression dans les réservoirs principaux tombe en-dessous de 6,5 kg/cm²;
- la dynamo tourne lorsque la charge de la batterie est insuffisante.

Le circuit de commande est représenté à la fig. 2308. En fermant le bouton compresseur, le fil 32 est mis sous une tension positive. Via le fusible 12 et l'interrupteur I8, la borne 18C du relais de pression est mise sous tension. Celui-ci ferme son contact lorsque la pression dans les réservoirs principaux tombe à 6,5 kg/cm² et l'ouvre lorsque la pression atteint 8 kg/cm².

La fermeture du contact du relais de pression permet l'alimentation:

- de la bobine d'enclenchement 32C-13 du relais R6;
- de l'électrovalve inverse.

La fermeture du contact 18C-CM du relais R6 entraîne l'alimentation du contacteur HT de commande du groupe. L'alimentation de l'électrovalve inverse ferme la communication avec l'atmosphère du cylindre haute pression du compresseur. Lorsque la pression dans les réservoirs principaux atteint 8 kg/cm², le contact 18C-32C du régulateur s'ouvre, mais le groupe ne s'arrête pas nécessairement. En effet, lorsque le groupe s'est mis à tourner parce qu'il y avait insuffisance d'air, la génératrice charge la batterie et la bobine A1-D2 du relais R6 est parcourue par un courant qui est fonction de l'état de charge de la batterie; cette bobine n'est pas capable, seule, d'enclencher le relais R6, mais, une fois celui-ci enclenché, elle est capable de le maintenir fermé pour autant que le courant qui la parcourt dépasse 20 A. Alors qu'il y a suffisamment d'air, le groupe continue donc à tourner pour permettre la charge de la batterie.

8.

Dans ces conditions, le contact du régulateur étant ouvert, l'électrovalve inverse n'est plus excitée et le cylindre haute pression du compresseur est mis à l'atmosphère, ce qui évite à la pression d'air de monter dans les réservoirs principaux.

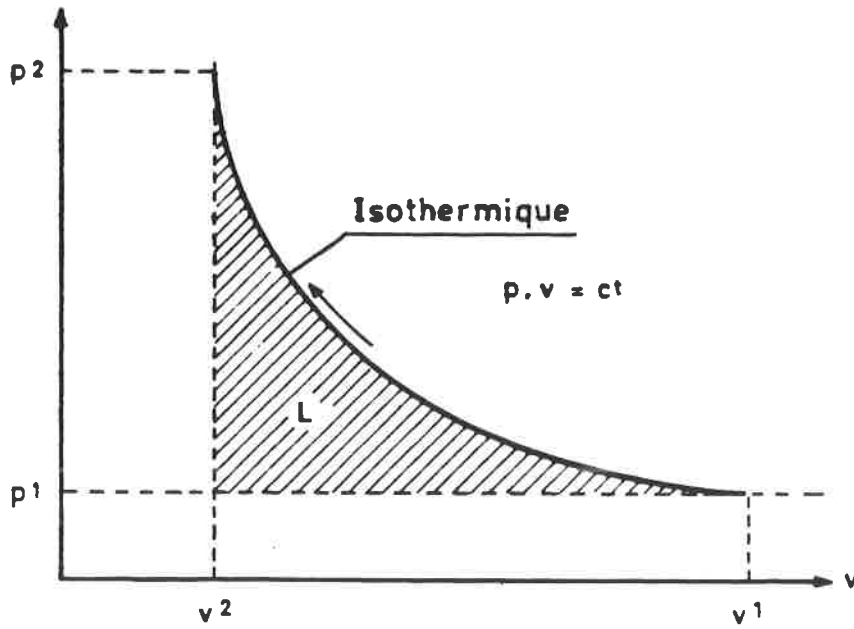


Fig. 23:01

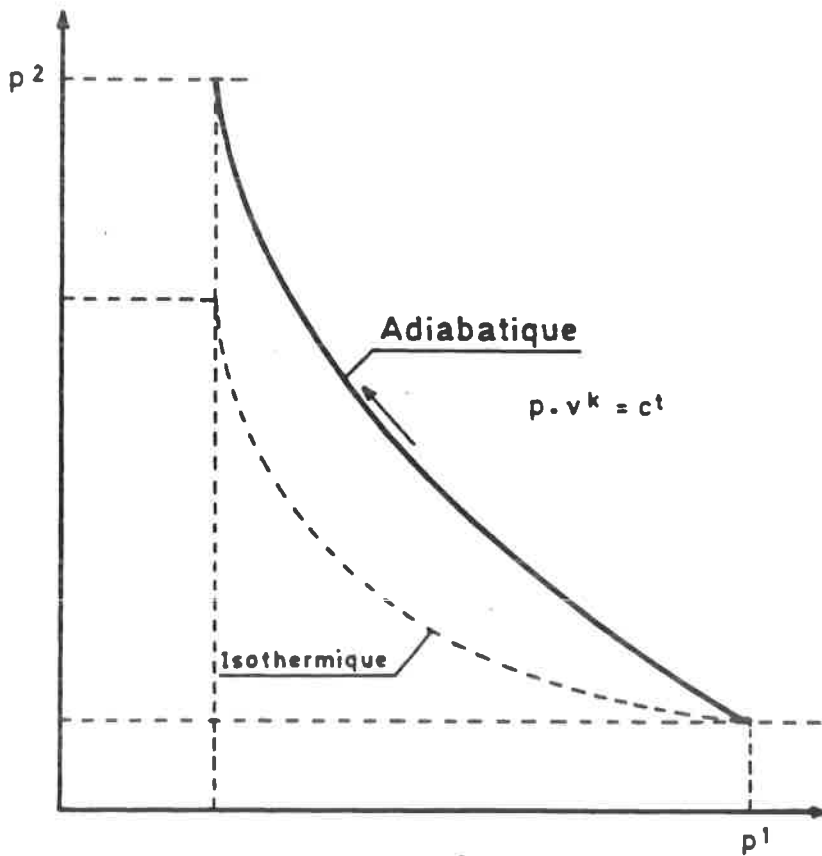


Fig. 23.02

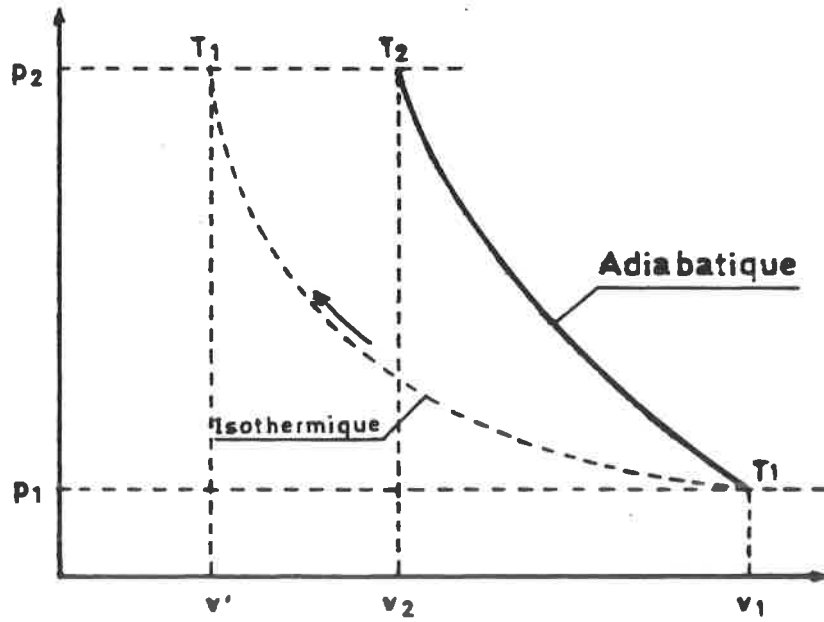


Fig. 23.03

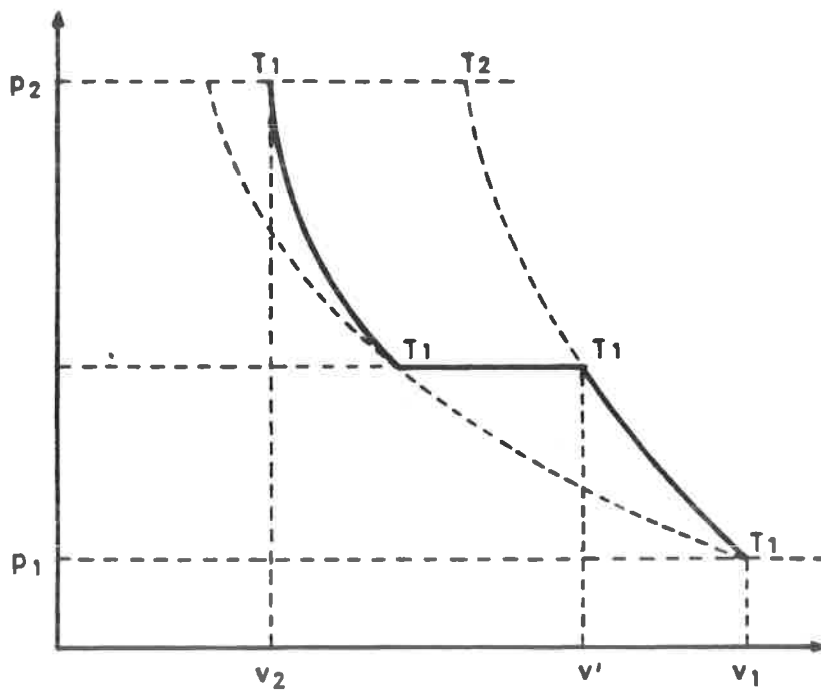


Fig. 23.04

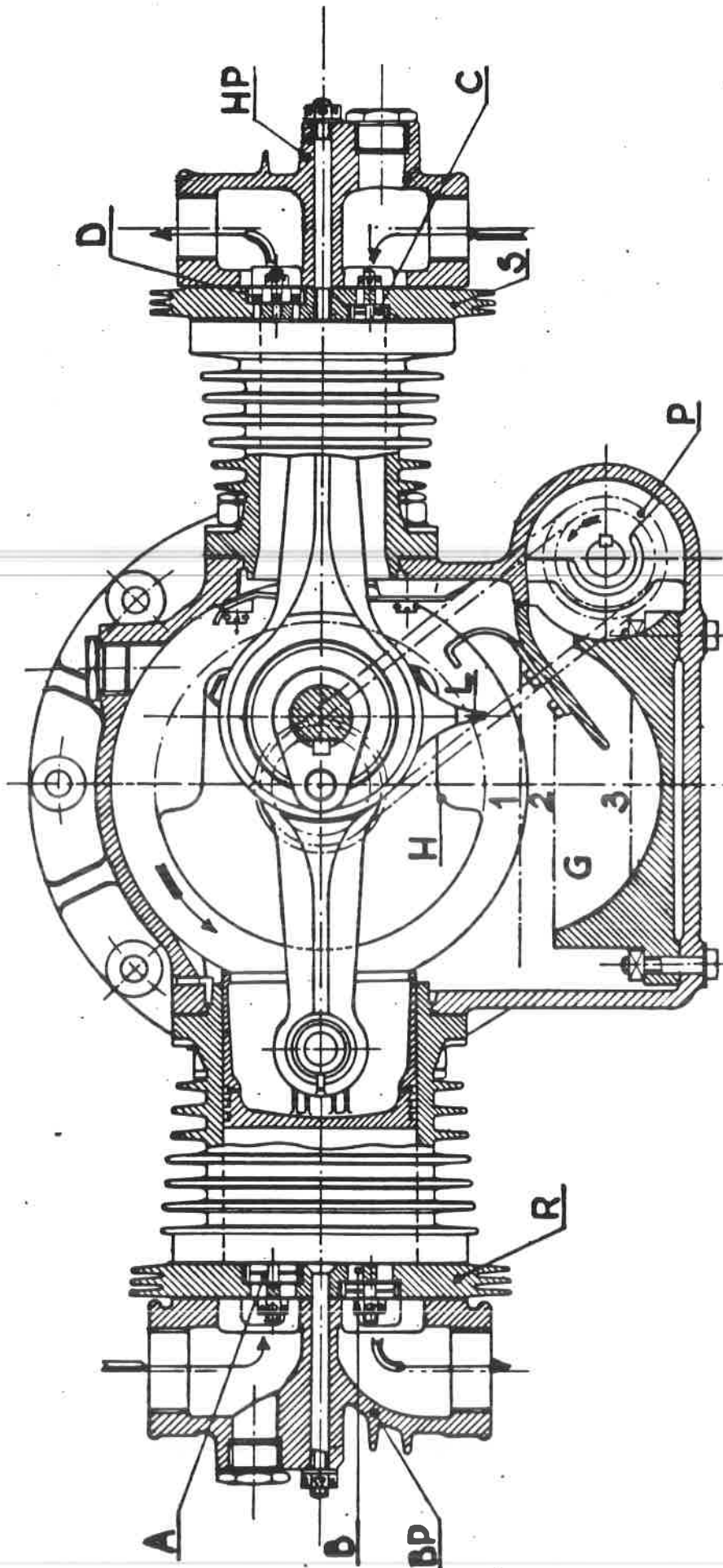


Fig. 23.05

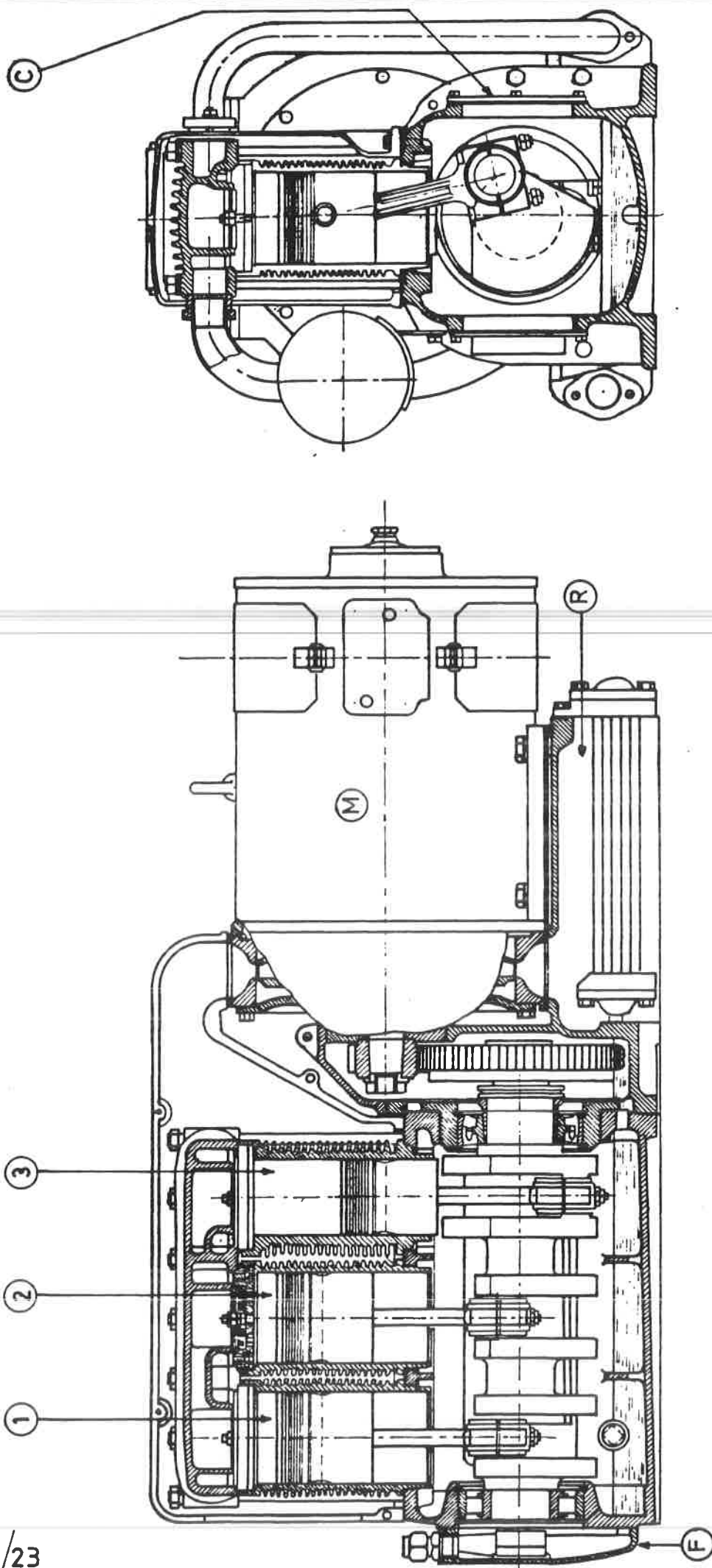


Fig. 23.06

C 1270 / 1977 / 23

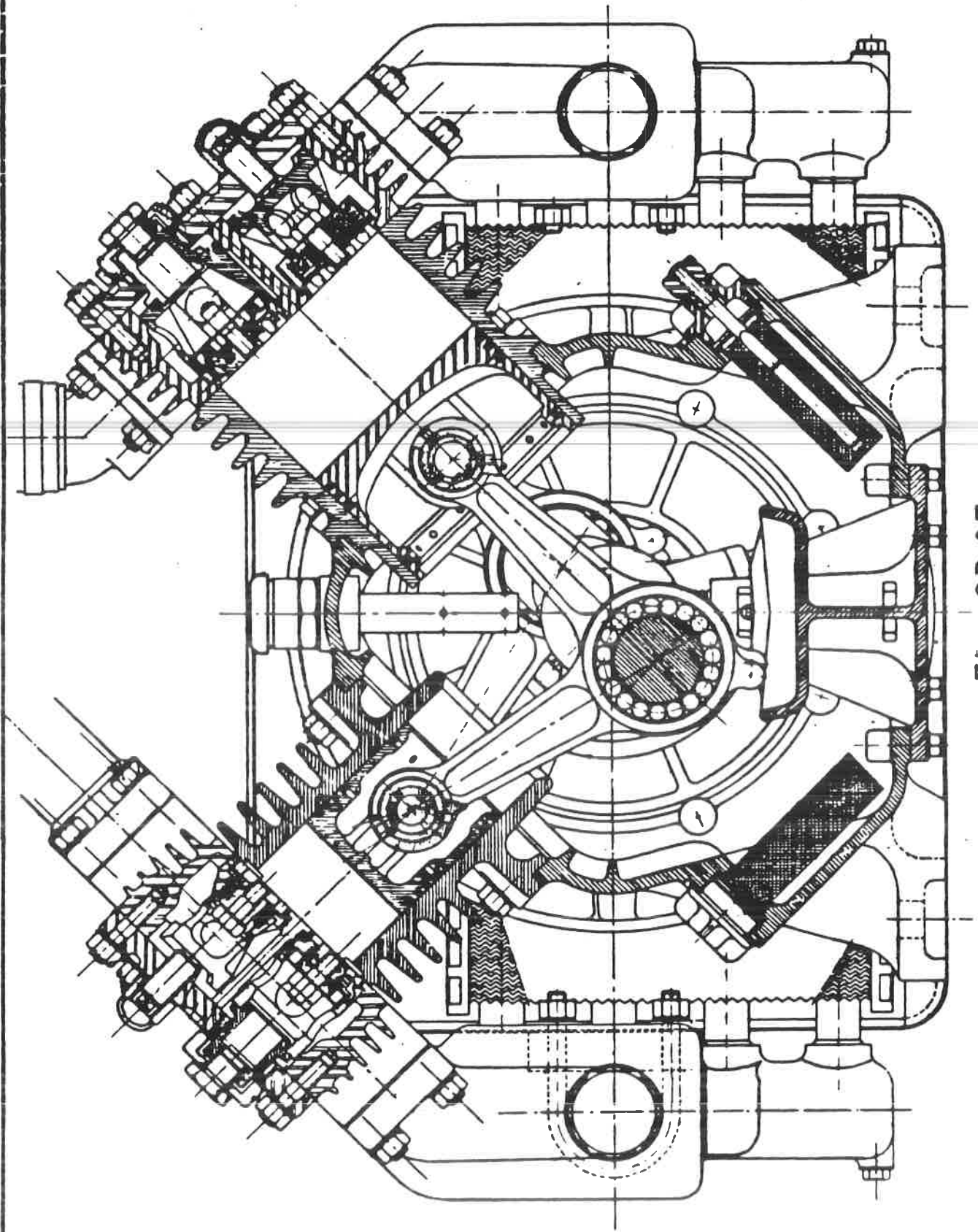


Fig. 23.07

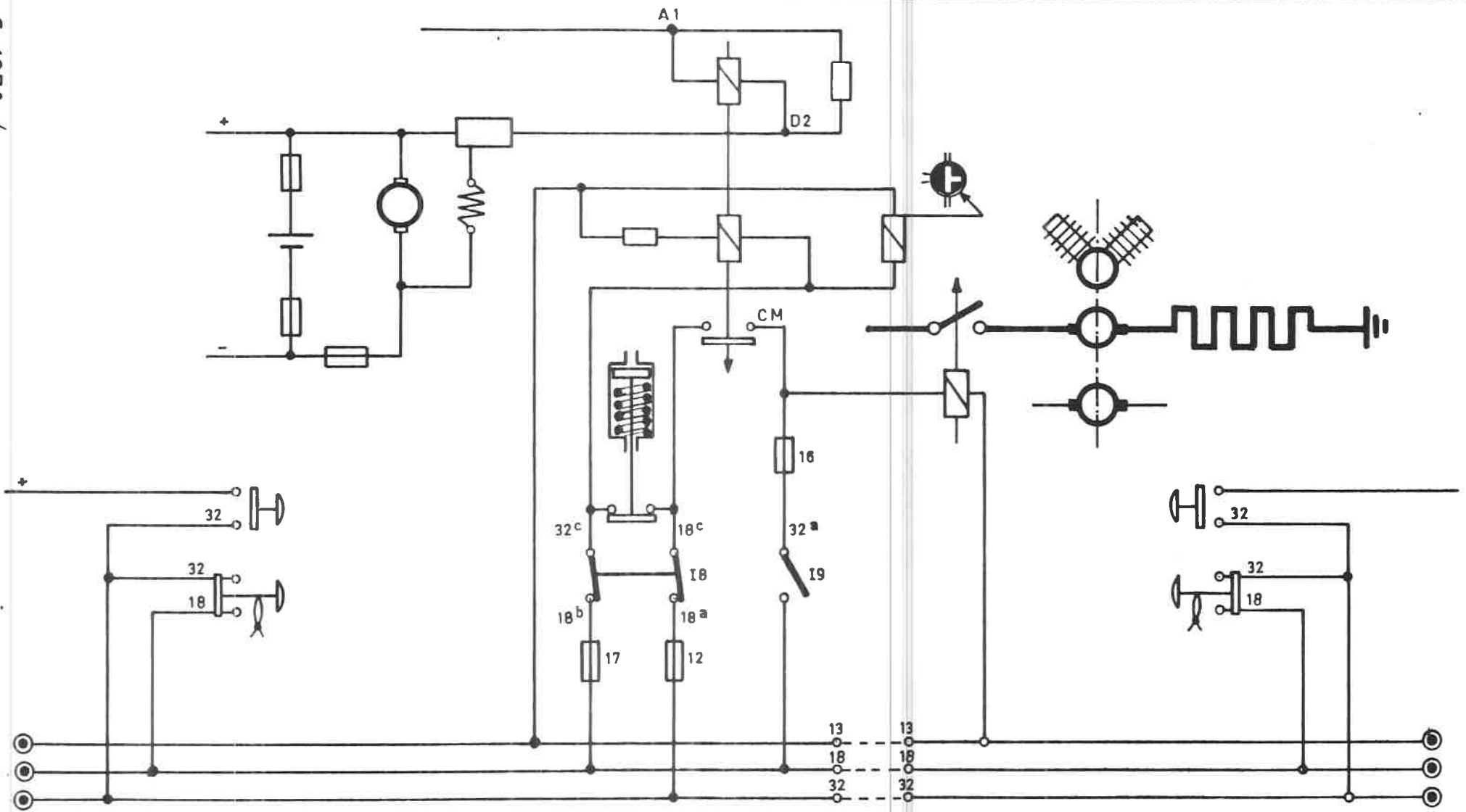


Fig. 23.08

j

Systemes de démarrage JH.24.01. Principe.

Ce système de démarrage "Jeumont-Heidman" est appliqué sur un grand nombre d'automotrices jusqu'en 1970 après quoi apparaît l'équipement à thyristors.

La plupart des locomotives électriques sont également équipées de systèmes à JH exception faite des locomotives série 20 (également à thyristors).

Le système JH comporte en principe un arbre à cames, qui commande l'ouverture et la fermeture de contacteurs haute tension.

L'arbre à cames est entraîné, pas à pas, par un moteur électrique basse tension.

Le mécanisme de transmission comprend un disque (1) muni de rainures radiales (fig. 24.01) dans lesquelles engrène la manivelle du moteur (2).

Une évolution complète du moteur provoque ainsi un déplacement de 1 cran de l'arbre à cames.

24.02. Mécanisme JH.

La fig. 24.02 donne une vue plus détaillée du mécanisme JH.

La manivelle excentrique du moteur est munie d'un galet (3) qui engrène dans les rainures.

Après une évolution complète, l'arbre ne peut en aucun cas se déplacer (danger d'arcs électriques).

A cette fin une bielle de liaison (4) est prévue; elle comporte également un galet qui engrène dans les rainures opposées (8).

Le JH des automotrices comporte 21 crans qui assurent la commande des contacteurs de couplage, des résistances et de shuntage.

Les locomotives possèdent en général un JH à 43 positions pour les contacteurs des résistances et de couplage et un deuxième JH pour les contacteurs de shuntage (14 positions).

24.03. Moteur JH.

Le moteur JH est un moteur shunt à 2 inducteurs, un pour chaque sens de marche (fig. 24.03).

Un relais d'inversion E assure le choix du sens de rotation (progression ou régression).

2.

Un relais d'alimentation F assure le démarrage via une résistance que l'on court-circuite au moyen d'un interrupteur A après une rotation de 75°.

On réalise ainsi un principe qui est d'assurer la rotation complète de chaque révolution une fois entamée (danger d'arcs électriques).

Lorsque le moteur JH a tourné de 255° (près de 3/4 de tour) l'interrupteur s'ouvre.

A présent, le moteur entame son freinage comme dynamo série à travers son inducteur.

En effet, le couple moteur était :

$$C = k I \Phi$$

il devient :

$$C' = k (- I) \Phi$$

Pour que le freinage soit efficace (il faut arrêter à 360°) il est nécessaire de disposer d'un flux suffisant dès le début du mouvement, puisqu'on ne dispose pas de temps suffisant pour permettre une certaine auto-excitation.

A cette fin il est prévu un relais "flux" qui empêche le démarrage tant que le courant - donc le champ - ne s'est pas stabilisé dans l'inducteur.

Ce relais n'est en somme qu'un "plongeur" placé dans un orifice aménagé dans un pôle du moteur (fig. 24.04).

Le flux a comme effet d'attirer le plongeur vers l'intérieur du pôle ce qui provoque la fermeture d'un contact.

24.04. Progression.

La figure 24.05 représente le schéma JH complet d'une automotrice.

La progression est commandée par la mise sous tension du fil (m).

Un relais de verrouillage "V" est attiré et le relais d'inversion E se place en position "progression" (alimenté via le contact du relais d'accélération (G)). Le fil (m1) alimente également la bobine r du relais F.

Le moteur JH démarre dès que le flux est suffisamment grand.

L'auto-rupteur court-circuite la résistance de démarrage et provoque en même temps l'ouverture du relais d'accélération (bobine ED - EG).

Le fil m2 étant interrompu, la bobine r du relais F n'est plus alimentée ce qui permet son ouverture sous l'influence de la bobine EC - ED.

Les relais V et E sont maintenus par le courant du moteur JH, ensuite par le courant de freinage (EK et E1).

24.04. Régression.

La régression s'effectue lors de l'interruption de l'alimentation du fil m puisque le fil n' est toujours sous tension.

Le relais V revient dans sa position de repos côté régression ce qui permet au fil n de faire basculer le relais E côté régression (n7 - n5).

Durant la régression l'autorupteur n'a plus le même rôle à remplir. Le relais F ne s'ouvre plus car la bobine r est alimentée en permanence.

L'interruption du fil n s'effectue automatiquement par un contact auxiliaire de l'arbre à cames lorsque le JH arrive en position 2 ce qui le ramène à l'arrêt sur position 1.

24.05. Inverseur JH.

Bien que rien ne s'opposerait à utiliser un inverseur électropneumatique, celui-ci est commandé par un mécanisme spécial du JH.

Ce mécanisme d'inversion est représenté à la figure 24.06.

A l'arrière du disque (1) est prévu une butée (2) qui entraîne un levier (3) dès que le JH va de la position 1 à -1.

Ce mouvement suffit pour faire tourner le tambour inverseur de 1/8 de tour.

Ceci grâce à un mécanisme à pale (4).

Le mouvement de - 1 à 1 fait glisser le corbeau sur une dent de façon à ce que, lors du deuxième mouvement de + 1 à - 1 l'inverseur soit tourné de 1/4 de tour; ce qui correspond à un autre sens de marche.

24.06. Schéma général.

La figure 24.07 donne un schéma de l'asservissement du JH avec son tambour basse tension qui est muni de contacts auxiliaires.

A titre d'exercice on vérifiera la fermeture du rupteur après excitation du fil 5.

Nous voyons que la position dessinée de l'inverseur ne correspond pas à celle exigée par le fil 5. Le JH devra donc d'abord aller 2 fois de + 1 à - 1 avant que le fil 4 ne puisse être alimenté.

4.

24.07. Schéma linéaire.

Par suite de la complexité croissante des schémas, il s'avérera nécessaire d'éviter au maximum que les fils ne se croisent.

Depuis 1966 les schémas sont établis sur format A4 (ou multiples).

Les contacts des relais ne sont plus nécessairement dessinés ensemble avec leurs bobines. Les figures 24.08, 9 et 10 représentent respectivement le schéma du rupteur, des relais JH et du servo-moteur.

Les normes NBN 31 y sont appliquées dans la mesure du possible.

24.08. Signalisation (lampe traction).

Nous voyons sur le schéma de la fig. 24.07 que le JH doit se trouver sur 1 afin de pouvoir fermer le rupteur (4 Y - 4 E). Ainsi l'on empêche l'automotrice de démarrer avec des résistances éliminées.

~~Si le JH reste en position intermédiaire (défaut ou manque de basse tension), il devra être remis à la main sur position 1.~~

Le conducteur est informé par l'allumage d'une lampe rouge (lampe traction) lorsqu'une automotrice ne tractionne plus dans le train.

Cette lampe est alimentée par le fil 6b aussitôt que les pantographes sont levés (fil 30).

Dans chaque cabine il y a un bouton-poussoir test qui permet au conducteur de retrouver l'automotrice en défaut. En général, le conducteur peut continuer sa route tant qu'il y a 50 % de traction mais le changement de sens de marche est extrêmement dangereux.

En effet, l'on peut vérifier sur le schéma HT que si le JH est en position intermédiaire ou une position P, les moteurs peuvent fonctionner comme générateurs.

Les 4 moteurs seront avariés sur un parcours de moins de 100 m.

La lampe "traction" est également utilisée pour le contrôle de la fermeture du rupteur lorsqu'on place le manipulateur en position de marche.

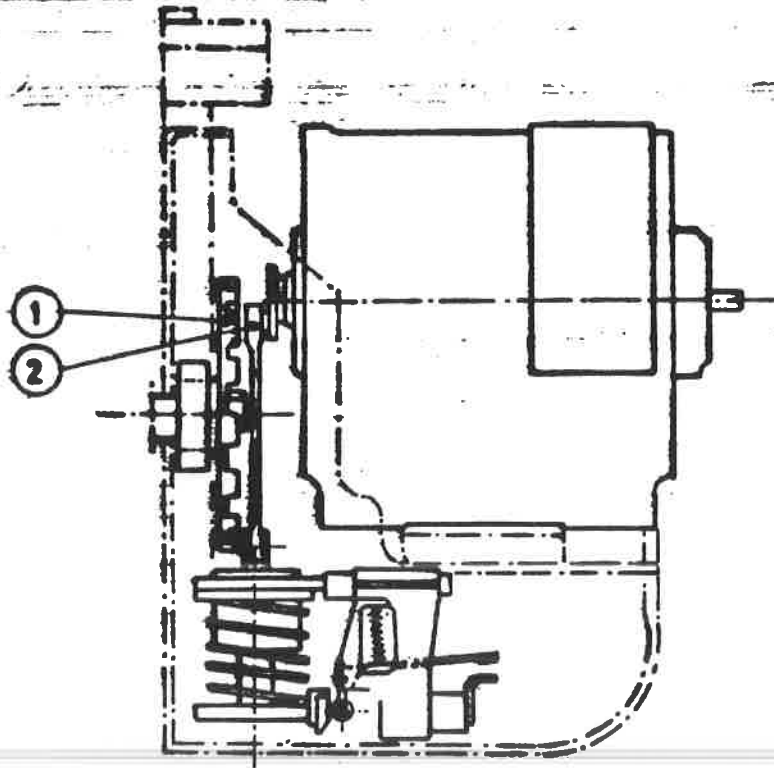


Fig. 24.01

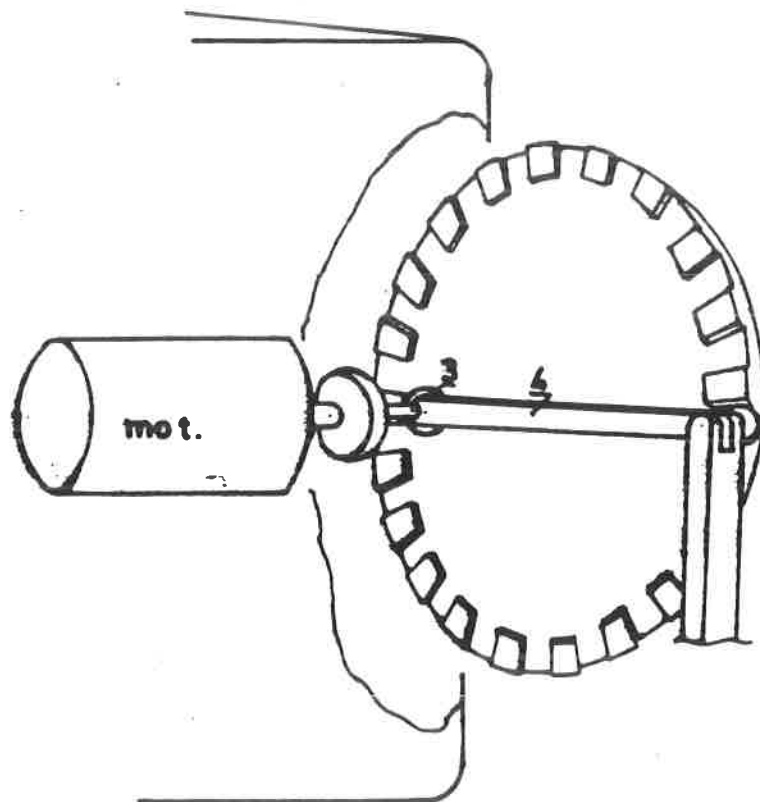


Fig. 24.02.

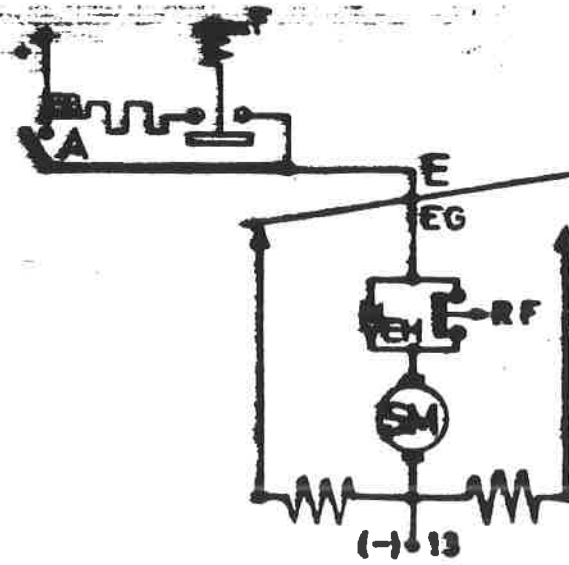


Fig. 24.03

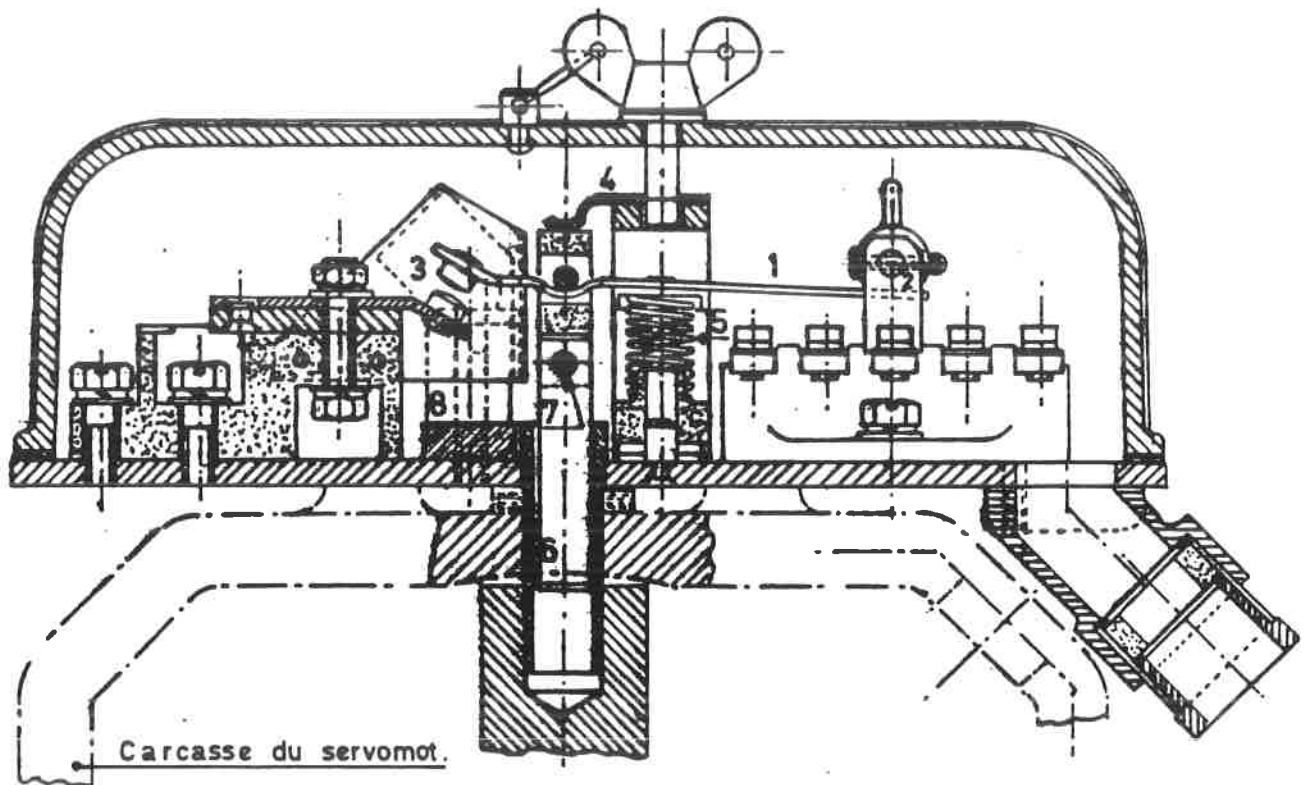


Fig. 24.04

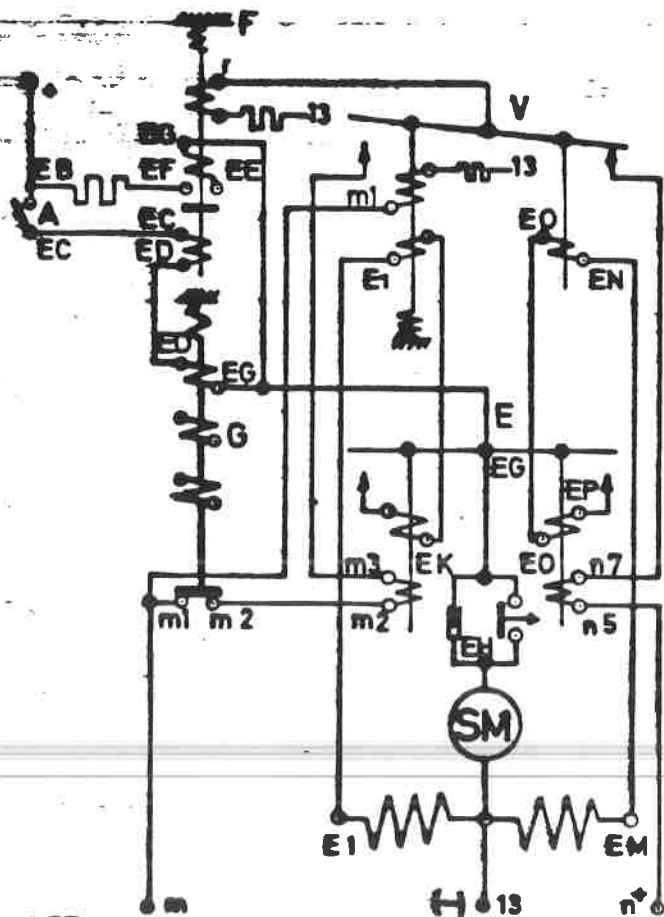


Fig. 24.05

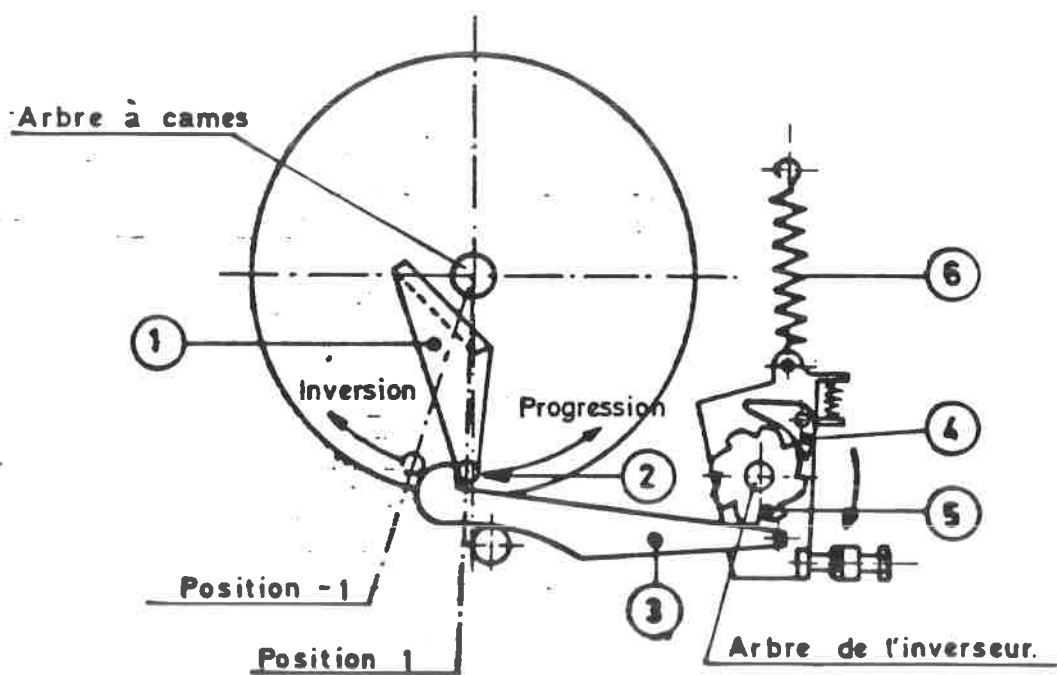


Fig. 24.06

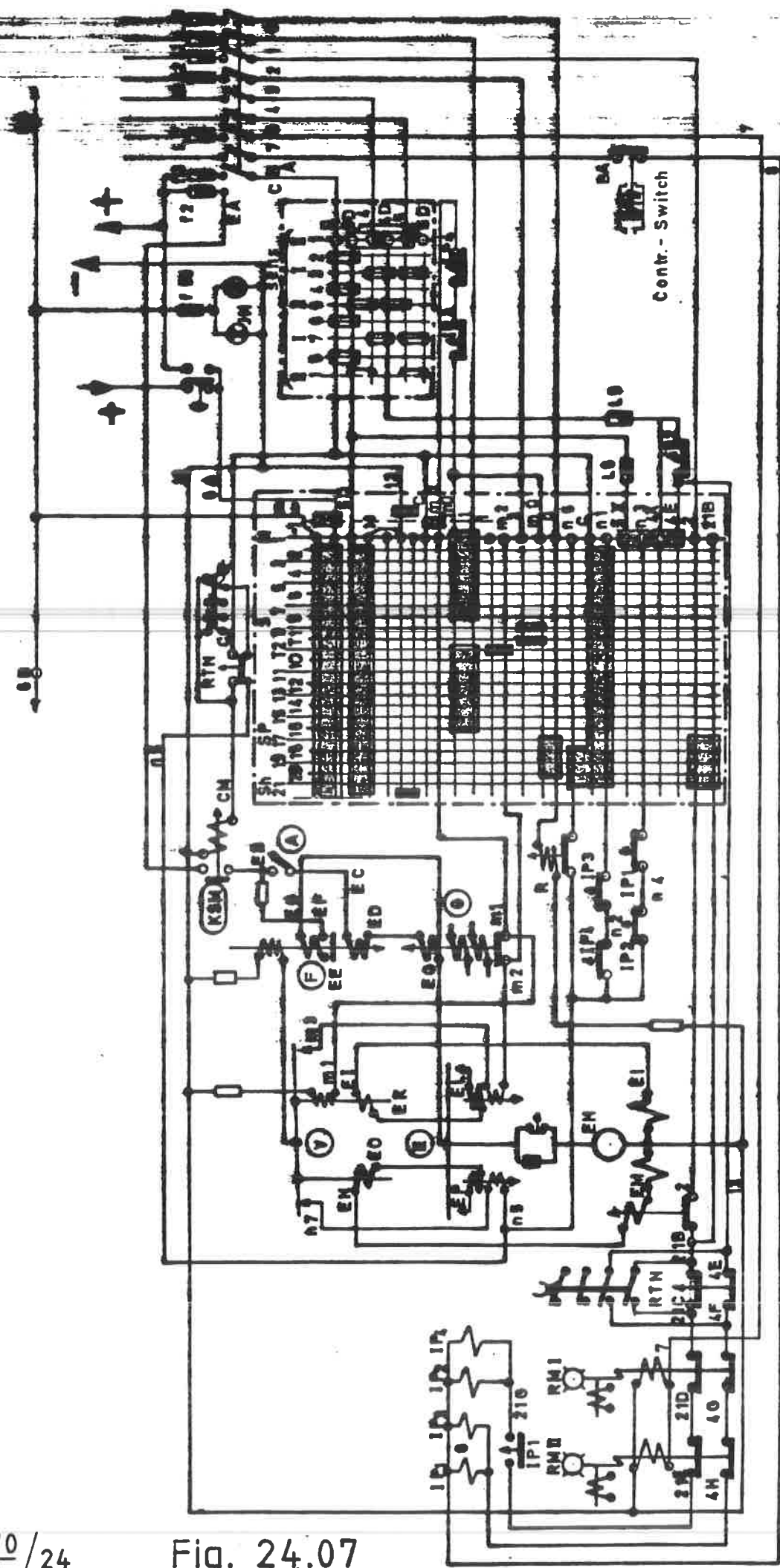


Fig. 24.07

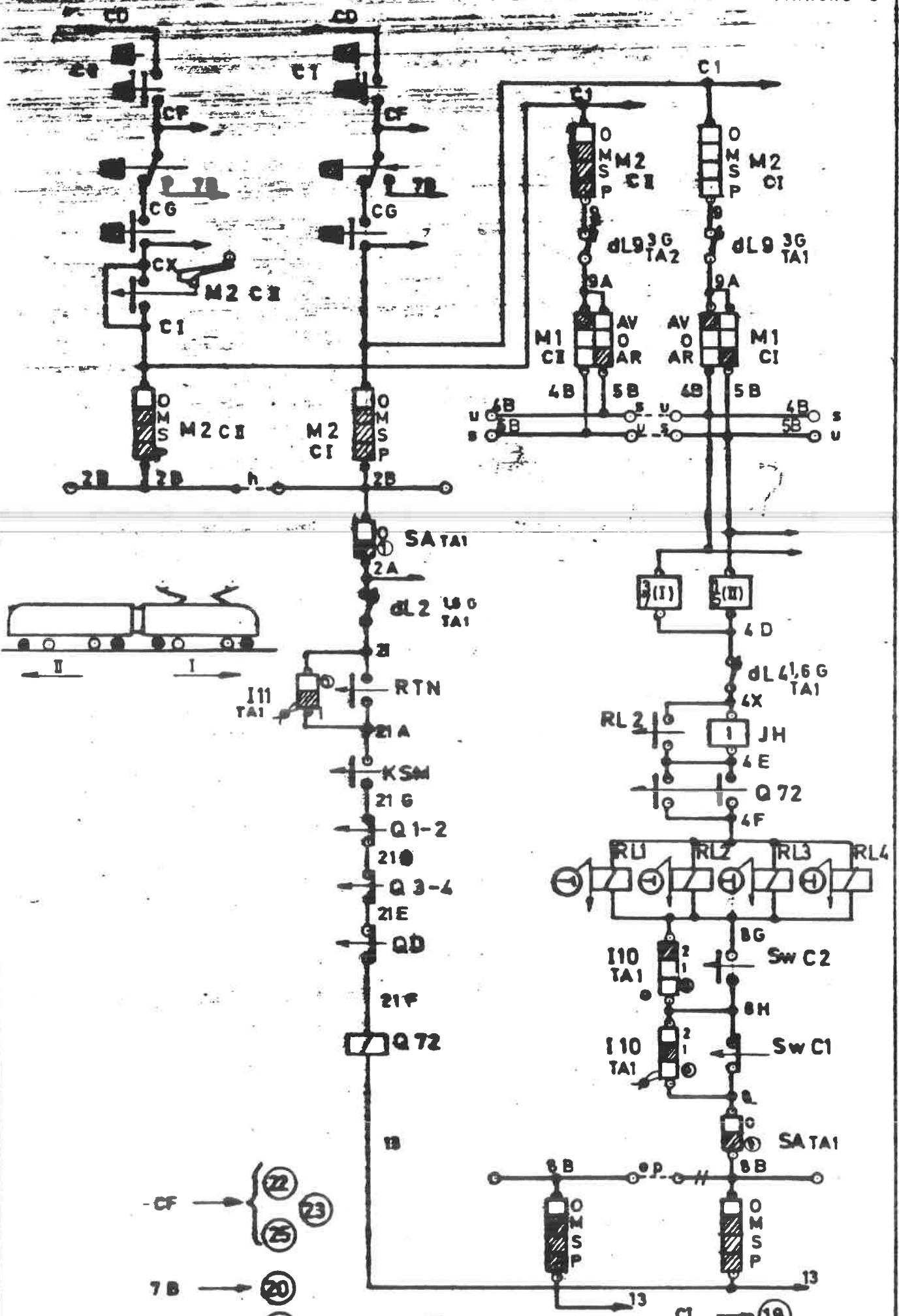


Fig. 24.08

C. 1270/24
1980/24

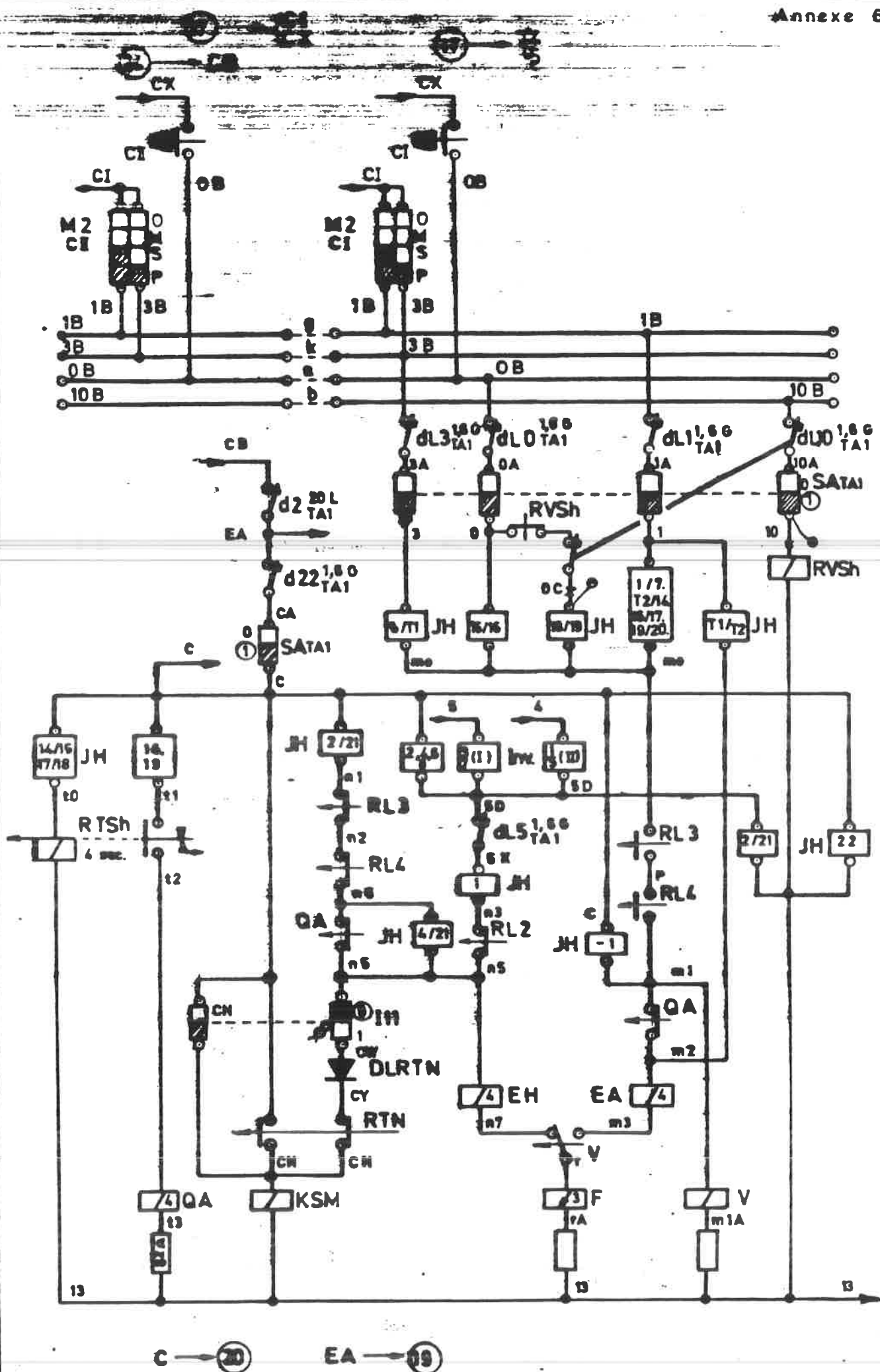


Fig. 24.09

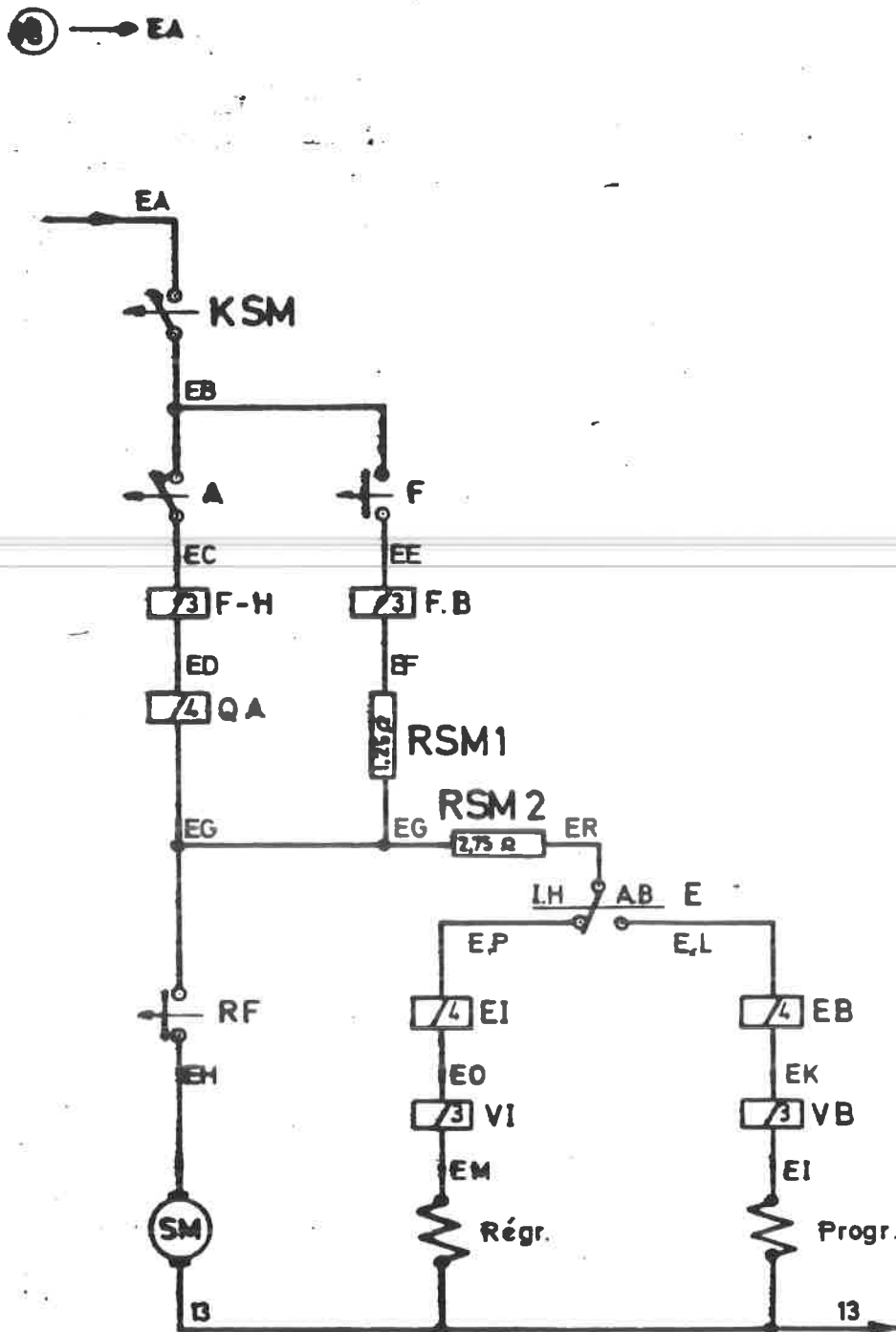


Fig. 24.10.

S.N.C.B

Enseignement Professionnel

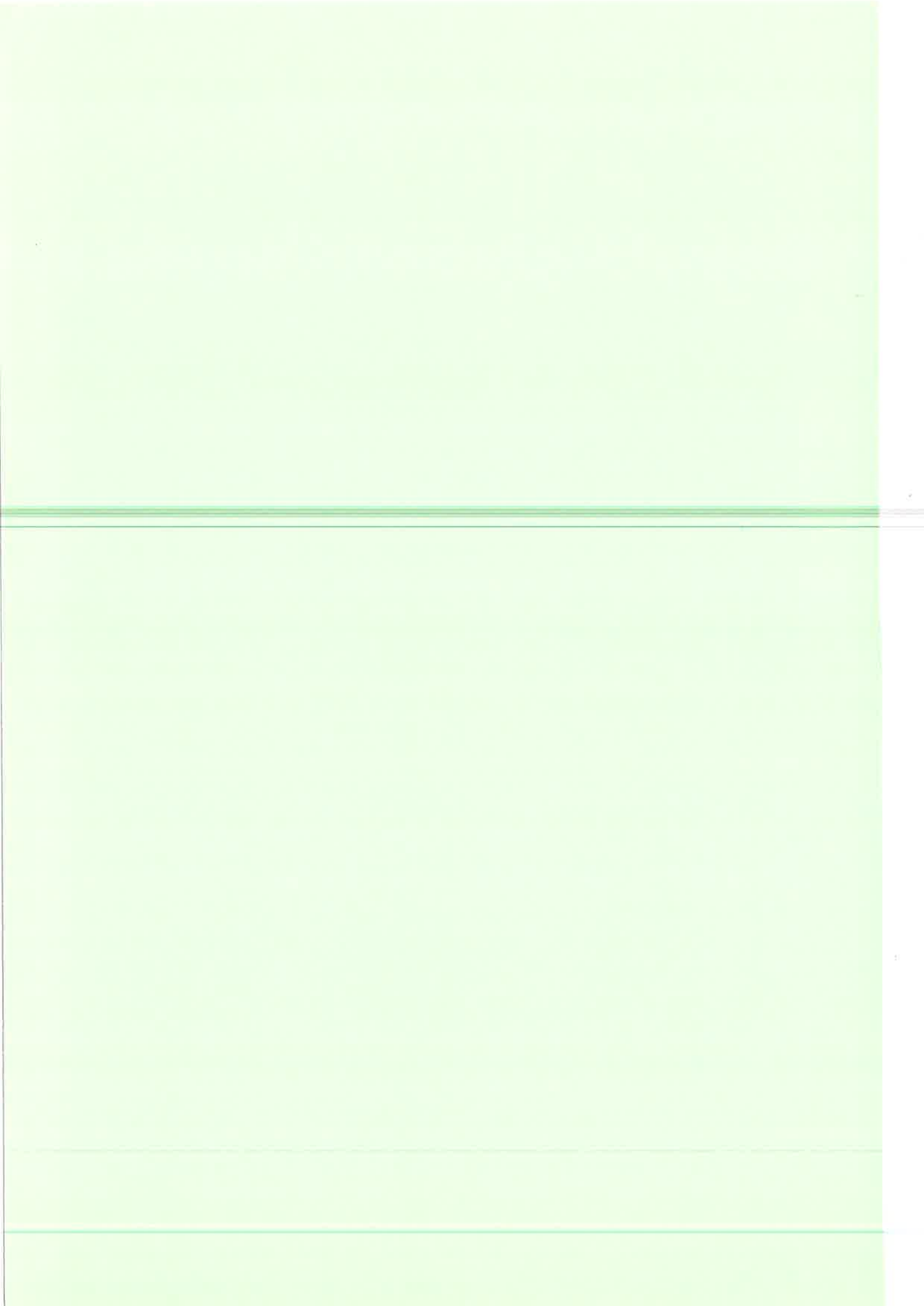
TRACTION ELECTRIQUE

Cours 1270

III/∇

Leçons 25 à 41





SYSTEMES DE DEMARRAGE (LOCOMOTIVES).

25.01. Fonctions des tambours JH.

Les systèmes de démarrage des locomotives comportent un grand nombre de crans (+ 45). A cette fin on préfère répartir les fonctions entre plusieurs JH; par exemple :

- JH 1 pour contacteurs de couplage et de résistances
- JH 2 pour contacteurs de shuntage.

On utilise même un 3e JH sur certaines locomotives polycourant pour la fonction du choix du réseau à parcourir ainsi que pour l'élimination de moteurs de traction.

Le JH peut également être utilisé pour établir les connexions nécessaires pour le freinage rhéostatique (Hle S.18) ou pour la récupération (Hle S. 23).

Comme exemple nous citons le programme de fonctionnement du JH 1 et du JH 2 des locomotives série 18 (fig. 25.01).

Les positions 1 - 2 - 3 du JH 1 servent à l'inversion du sens de marche.

Les positions 1 à 22 sont des positions sur résistances qui servent également au réglage du freinage rhéostatique.

Le JH 2 est utilisé pour les fonctions de couplage et de shuntage sur les différents réseaux.

position 0 = 3 kV
" 8 = 1,5 kV
" 16 = 15 kV et 25 kV.

La connexion des moteurs en vue du freinage rhéostatique est réalisée en position 6.

Sur la fig. 25.01 il est également indiqué comment les 2 JH évoluent durant le freinage rhéostatique.

25.02. Schémas.

Re marquons que le JH des automotrices régresse toujours sans charge.

Le courant de traction est coupé au préalable par le rupteur de ligne (manipulateur à 0).

L'ouverture sous charge - en régression - provoquerait des avaries aux contacteurs.

Sur les locomotives il est nécessaire de prévoir des contacteurs qui peuvent s'ouvrir sous charge, par exemple lorsque sur une rampe le courant moteur augmente par suite du ralentissement du train et qu'il y a danger de dépasser la limite d'adhérence.

Le schéma JH diffère donc quelque peu de celui des automotrices (fig. 25.02).

L'excitation des relais E et F s'effectue toujours par le fil m (progression) et par le fil n (régression).

Cependant durant la progression, le fil m₁ maintiendra le relais de verrouillage V.

25.03. Règles de fonctionnement du servo moteur JH.

1° Règle de bonne fin.

Chaque mouvement entamé doit être terminé complètement.

2° Rôle des fils m et n.

- L'alimentation de n 1 seul commande la régression.
- L'alimentation simultanée de m 1 et m 11 commande la progression.
- Si n 1 est alimenté en même temps que m 1 et m 11 on donne priorité à la progression.
- L'alimentation de m 11 ou de m 11 et n 1 simultanément assure l'arrêt sur la position atteinte.

3° Continuité.

- La continuité de l'alimentation de m 1 dès le début de la progression suffit à maintenir la progression, même si n 1 est alimenté.

L'alimentation des fils m et n se fait à l'intervention du conducteur.

Ainsi nous voyons sur la fig. 25.03 que le fil 50 est alimenté par le manipulateur en position M :

- via l'inverseur - le contrôle de la position correcte du tambour d'inversion
- contrôle du JH 1 en position 1
- fil 1 C = m 11 alimente le relais V
- fil 1 E = m 1 fait progresser le JH via le relais Q a 40.

Remarquons que la boule d'effort n'est autre qu'une résistance réglable qui permet la fermeture du relais d'accélération Q a 40 pour un courant de reprise bien déterminé dans le circuit de traction.

Enfin nous remarquons à la fig. 25.02 que durant toute la régression du JH (également du JH 2) la bobine B en série avec l'excitation du servo-moteur maintient ouvert le relais Q a 40, ce qui empêche évidemment l'alimentation du fil ml.

Inverseur (fig. 25.04).

Comme sur les automotrices nous utilisons pour les locomotives 22 à 26 le mouvement du JH pour faire tourner le tambour inverseur. Ce tambour peut prendre 4 positions :

sens I - II - I - II.

Il tourne toujours dans le même sens, entraîné par le JH lorsqu'il va de 0 à - 2. Ce mouvement correspond à 1/8ème de tour du tambour HT. Le JH doit donc aller 2 fois de 0 à - 2 pour effectuer une inversion (1/4 de tour).

25.04. Schéma JH.

Nous prenons comme exemple le schéma basse tension du JH des locomotive série 26 (fig. 25.05, 6 et 7).

4 1ère tranche

Cette locomotive ne dispose que d'un JH qui assure les fonctions d'élimination des résistances et de shuntage.

La raison en est que ces locomotives doivent pouvoir démarrer tant en SP qu'en série. A cette fin il est prévu un tambour HT à commande électropneumatique: Commutateur CSP (2301 à 2305).

Considérons la figure 25.05:

Le servomoteur est alimenté par le contacteur C 100, le relais d'alimentation F et le relais flux RF. La progression est commandée par le fil 108 (ensuite par l'autorupteur) et le relais d'inversion E 1. Ce relais est mis en position de progression par le fil 132 - inverseur M 1 - fil 1 du tambour d'inversion relais Q 47 - JH en position 0 fil 1 D - QA 1 - QA 2 - relais switch-control et le relais V lequel fut placé côté progression par alimentation du fil 1 C.

Suivons le circuit de la fig. 25.06 :

- d'une part, l'interrupteur Faiveley JH - D 10 - manipulateur M 2 en position de traction - fil 132
- d'autre part, via le rhéostat de la boule d'effort, le fil 133 et le relais QA 1 et QA 2.
- Enfin la fermeture du Q 47 se fait par le fil 11 ainsi que par le fil 115 en parallèle sur l'inducteur de régression du moteur JH (fig. 25.05).

Ce relais a pour but de faire déclencher le DUR si pour une cause quelconque le JH ne se mettait pas en régression aussitôt que le manipulateur est remis à 0.

25.05. Commande manuelle de secours (fig. 25.08 et 09).

L'avantage d'un système de commande avec arbre à cames est qu'une commande manuelle est possible en cas de défection de l'automatisme.

Ce système de secours comprend :

- une manivelle à deux positions N et S, que l'on peut enlever seulement en position S (secours).

Un levier de verrouillage qu'il faut mettre en position S. Ce levier fait déplacer un tambour muni de contacts qui assure les circuits de contrôle prévus aux schémas.

- une chaîne pour entraîner l'axe du servomoteur au moyen d'un accouplement à dents "E".
- ~~deux mécanismes de transmission avec arbres télescopiques, un vers chaque cabine.~~
- dans chaque cabine un potelet de commande, qui comprend des engrenages coniques et sur lequel l'on place la manivelle de CMS.

L'utilisation de la CMS s'effectue comme suit :

- placer la manette CMS en S, enlever la manivelle, ce qui a pour effet de couper toute alimentation BT du système JH.
- brancher la chaîne
- placer le levier du *boîtier* de commande sur la position correspondant à la cabine de conduite occupée.
- placer la manivelle sur le potelet. Chaque tour de manivelle correspond à un tour du moteur JH.

C'est par l'observation des ampèremètres de traction que le conducteur peut choisir le moment de passer un cran.

Des lampes de signalisation lui permettent d'ailleurs de se mémoriser la position du JH.

Frein. réostat.

3KV =

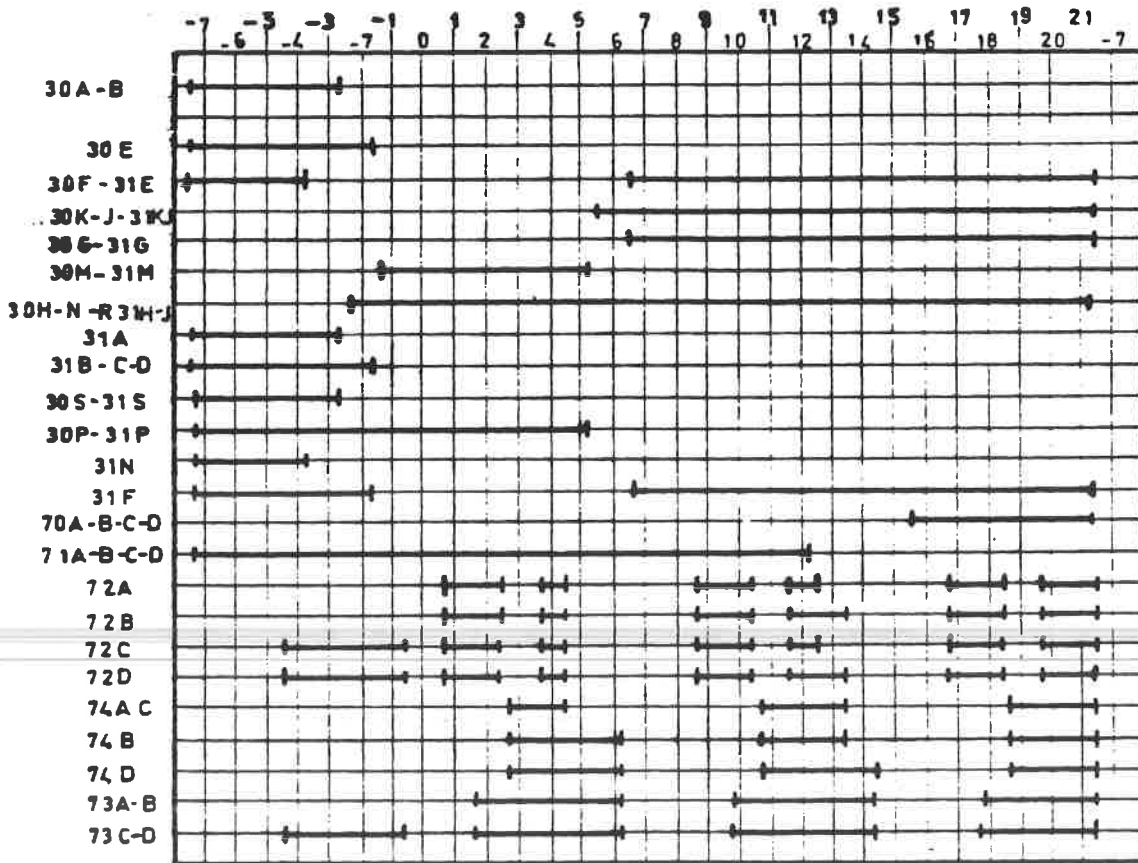
Sh 20
40
49
55

15KV =

Sh 20
40
49
55

15-25KV =

Sh 20
40
49
55



JH2 Contacteurs HT

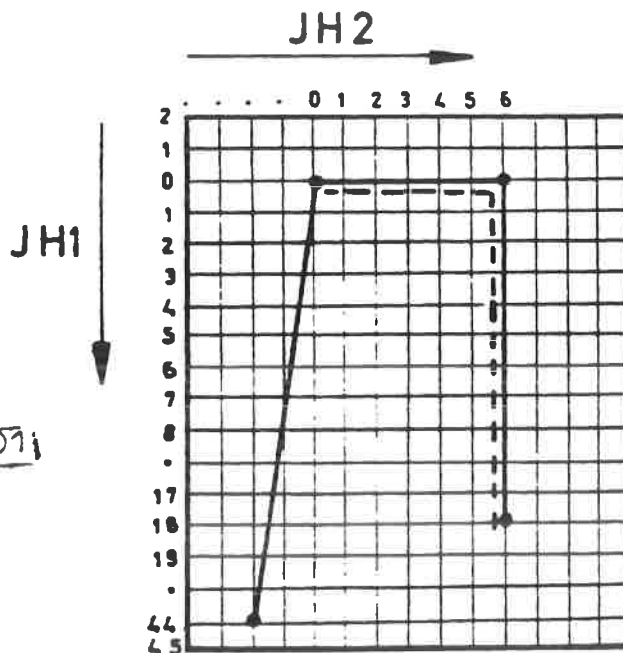


Fig 25.01

C 1270/25
1980

Freinage.

Défreinage.

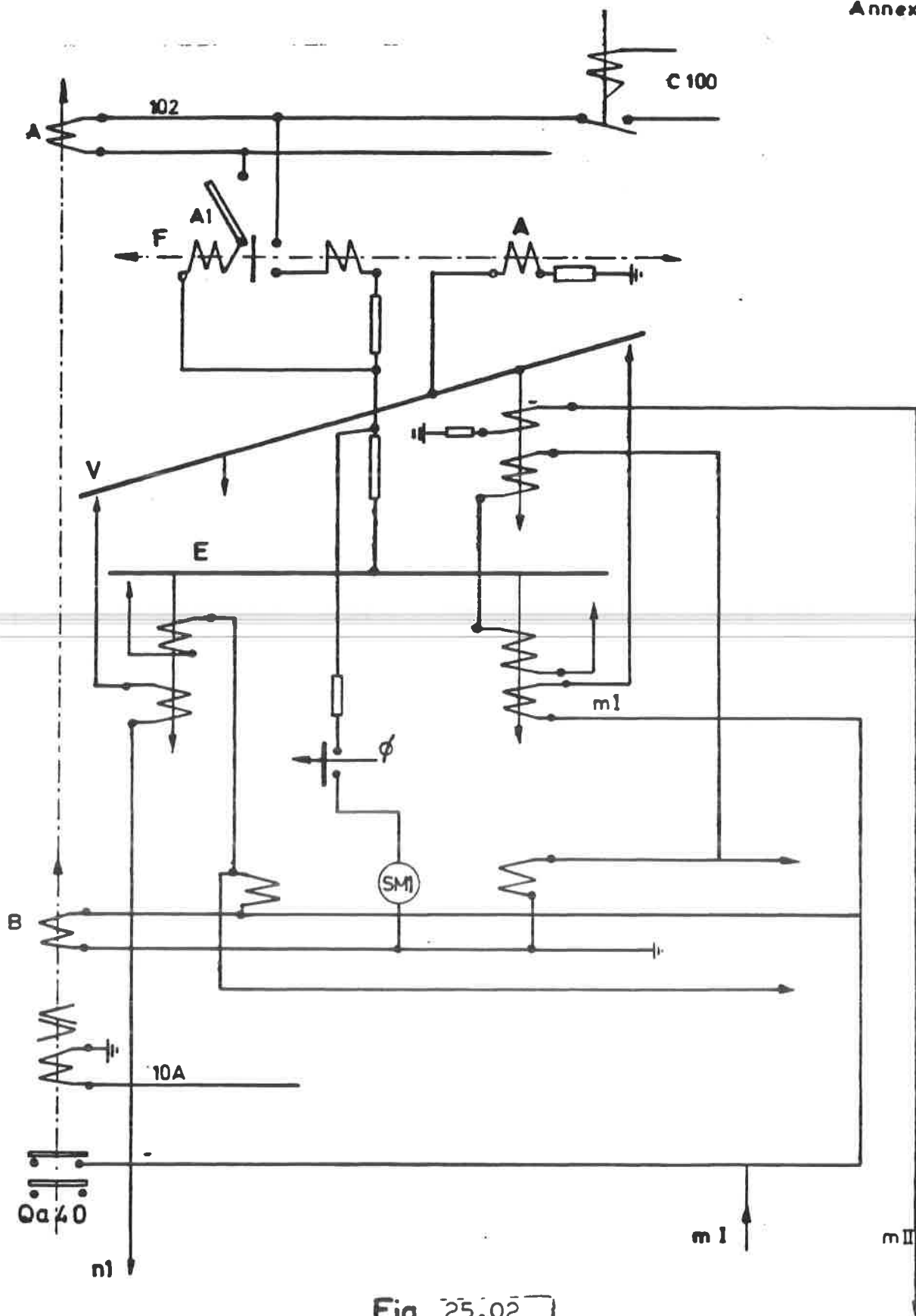


Fig. 25.02

C 1270
1980/25

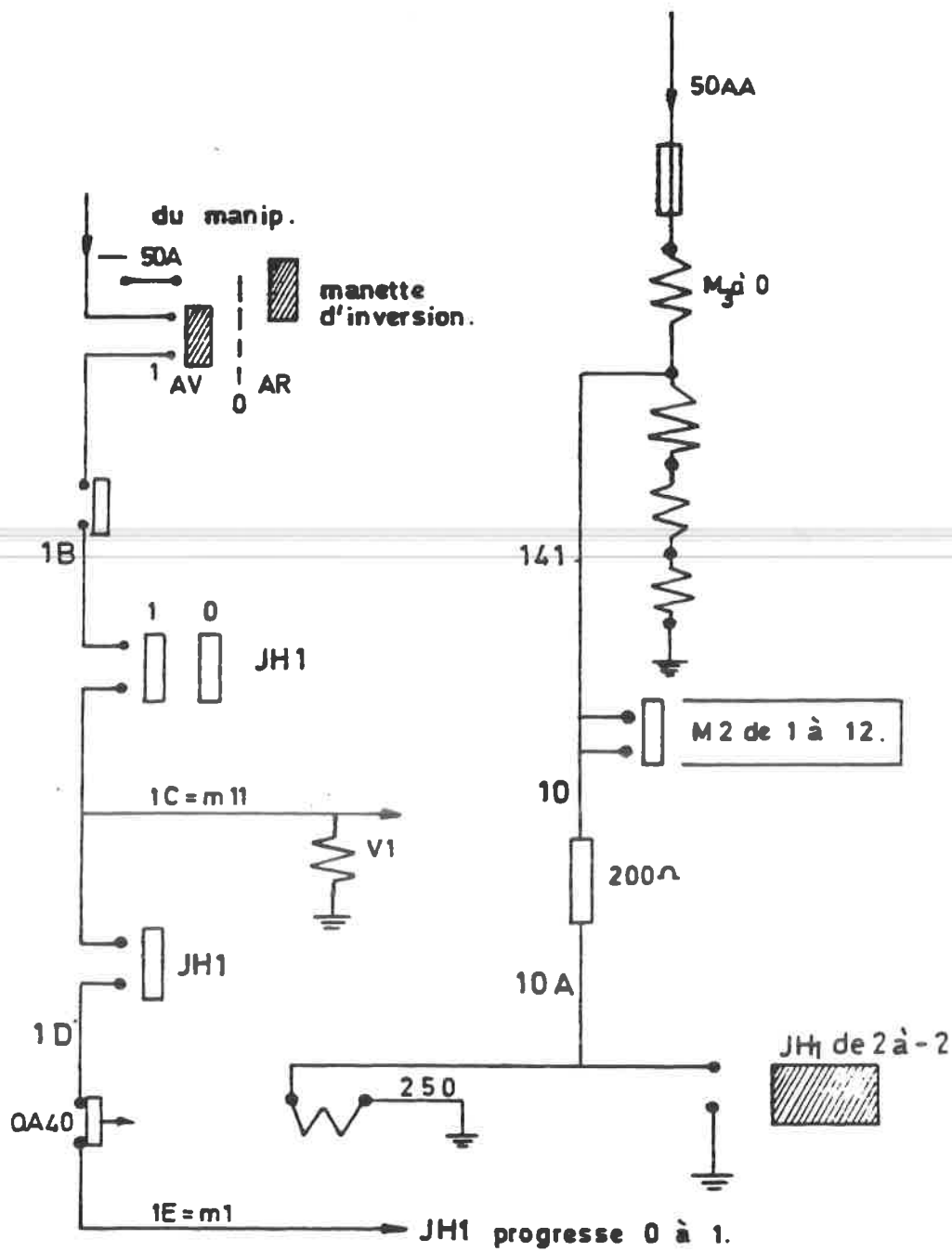


Fig. 25.03

C 1270 / 25
1980

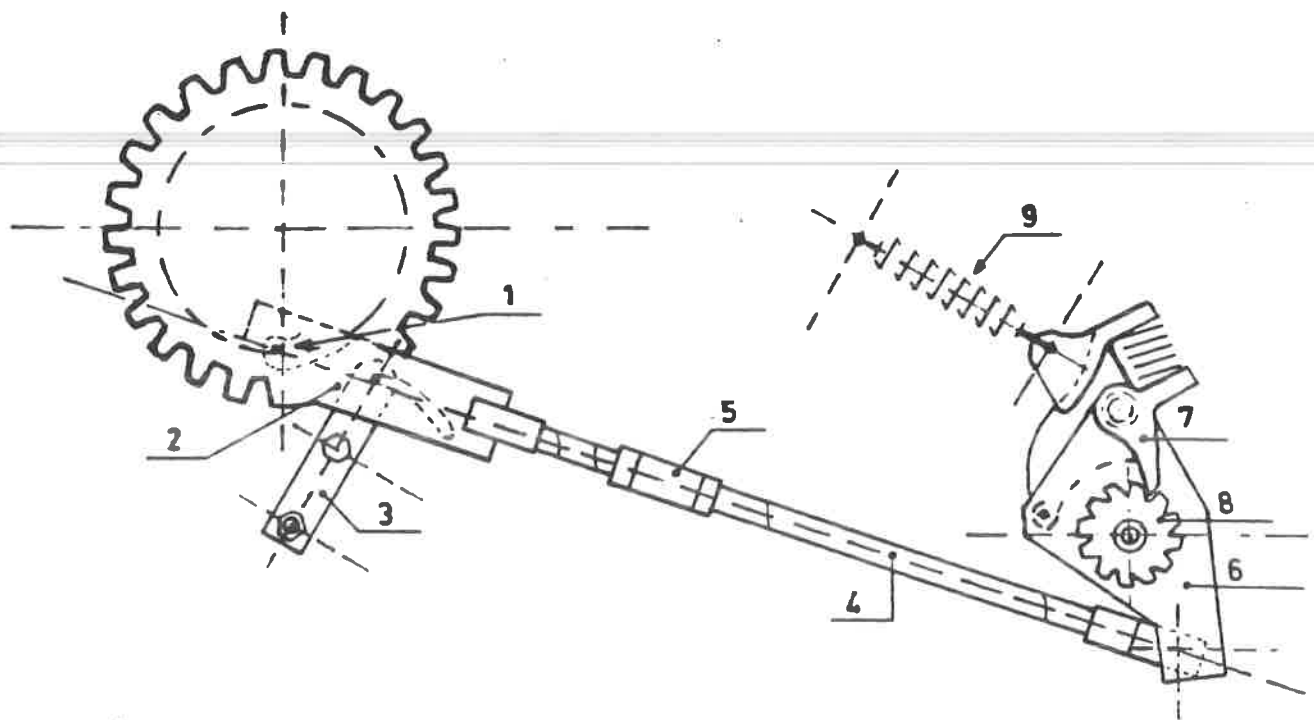


Fig. 25.04

C 1270
1980/25

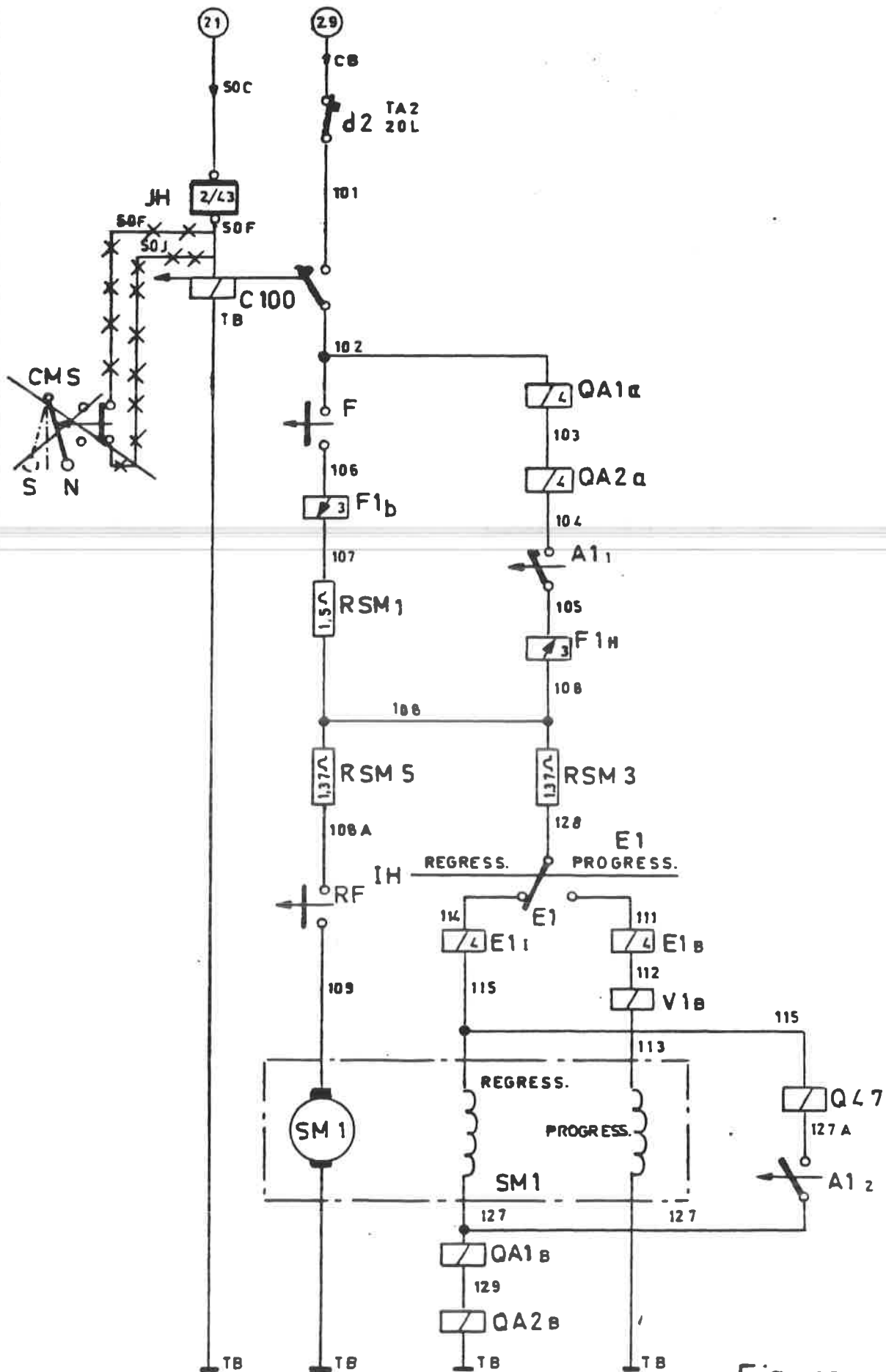


Fig. 25.05

C 1270
1980/25

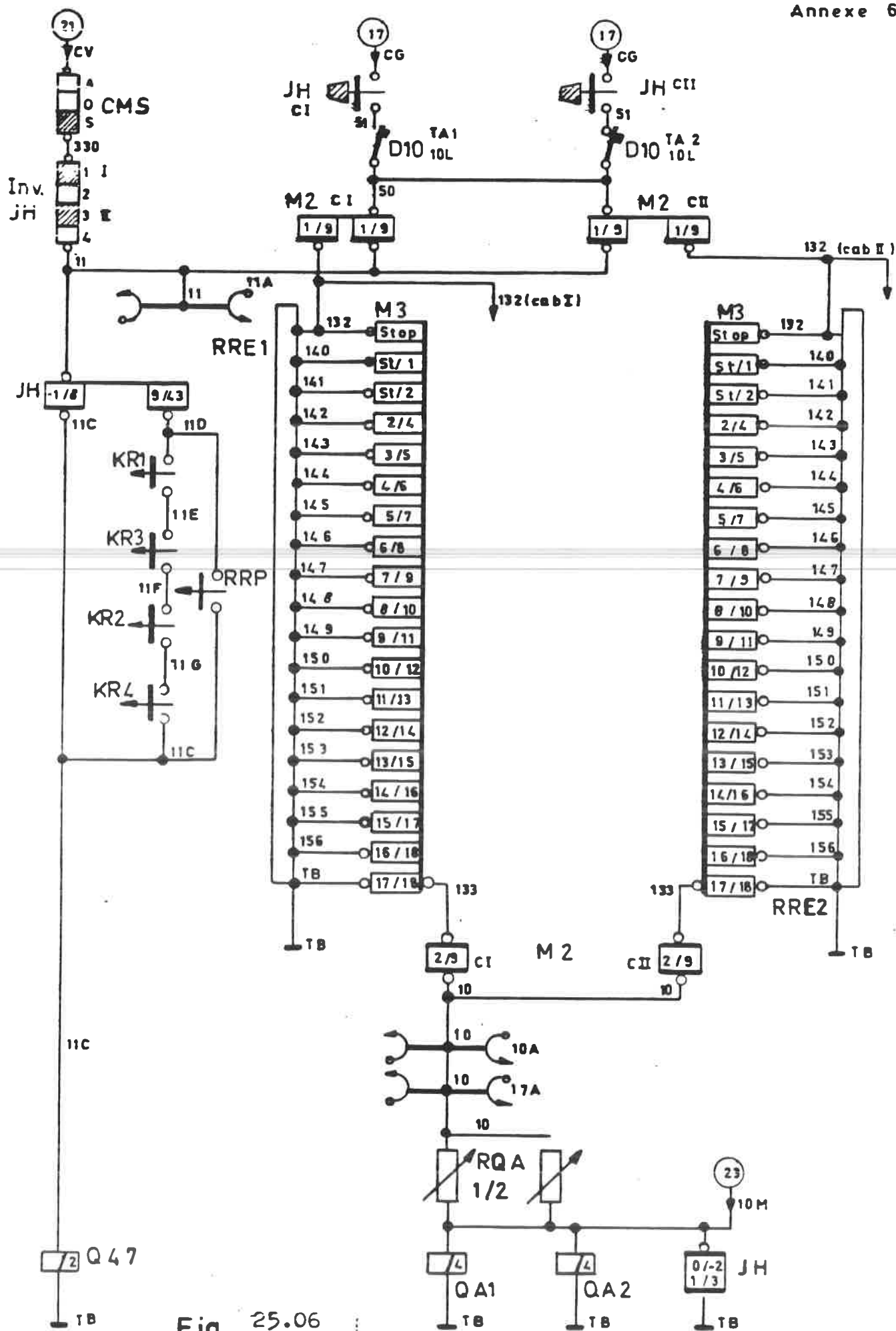
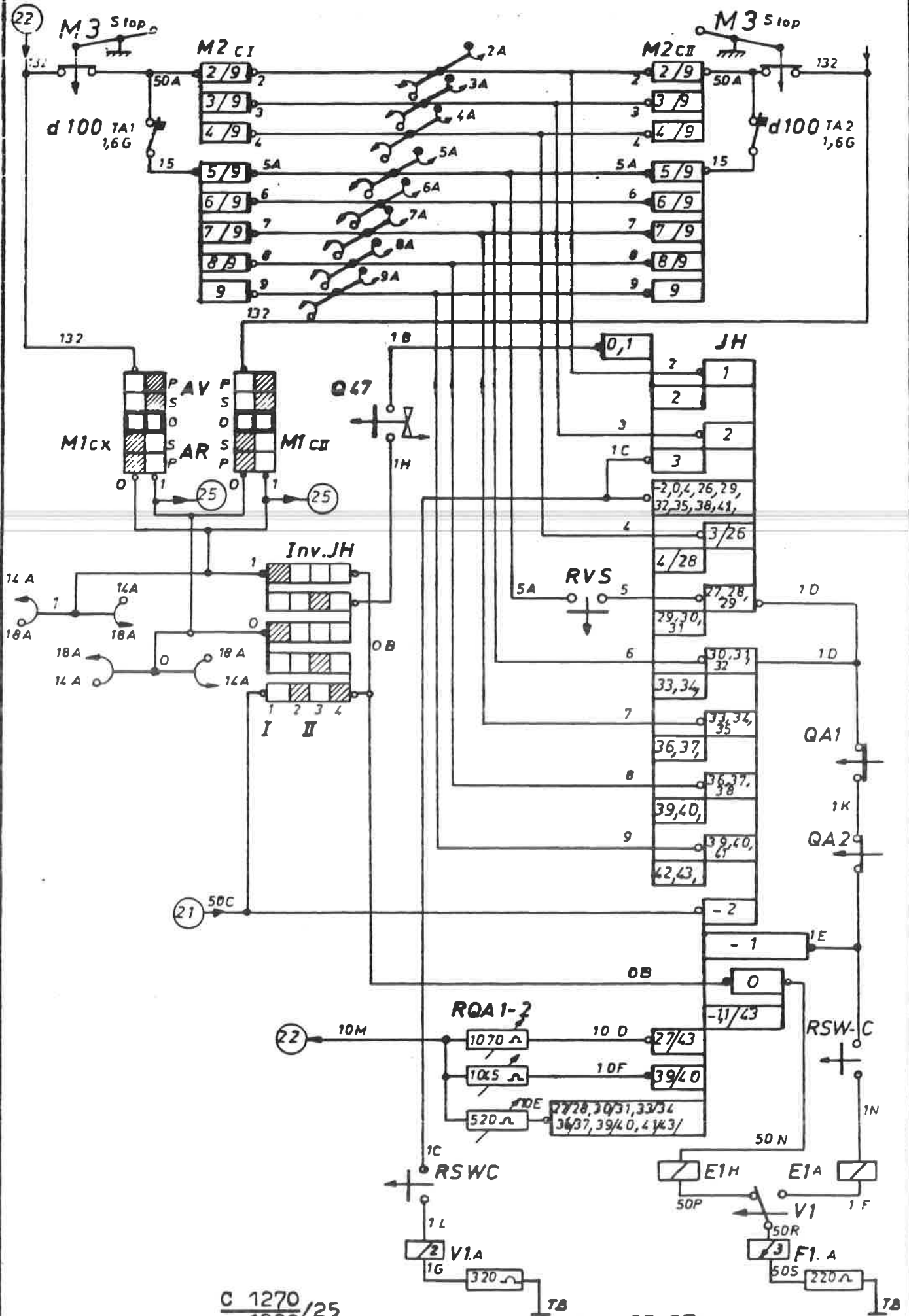


Fig. 25.06



C 1270
1980/25

Fig. 25.07

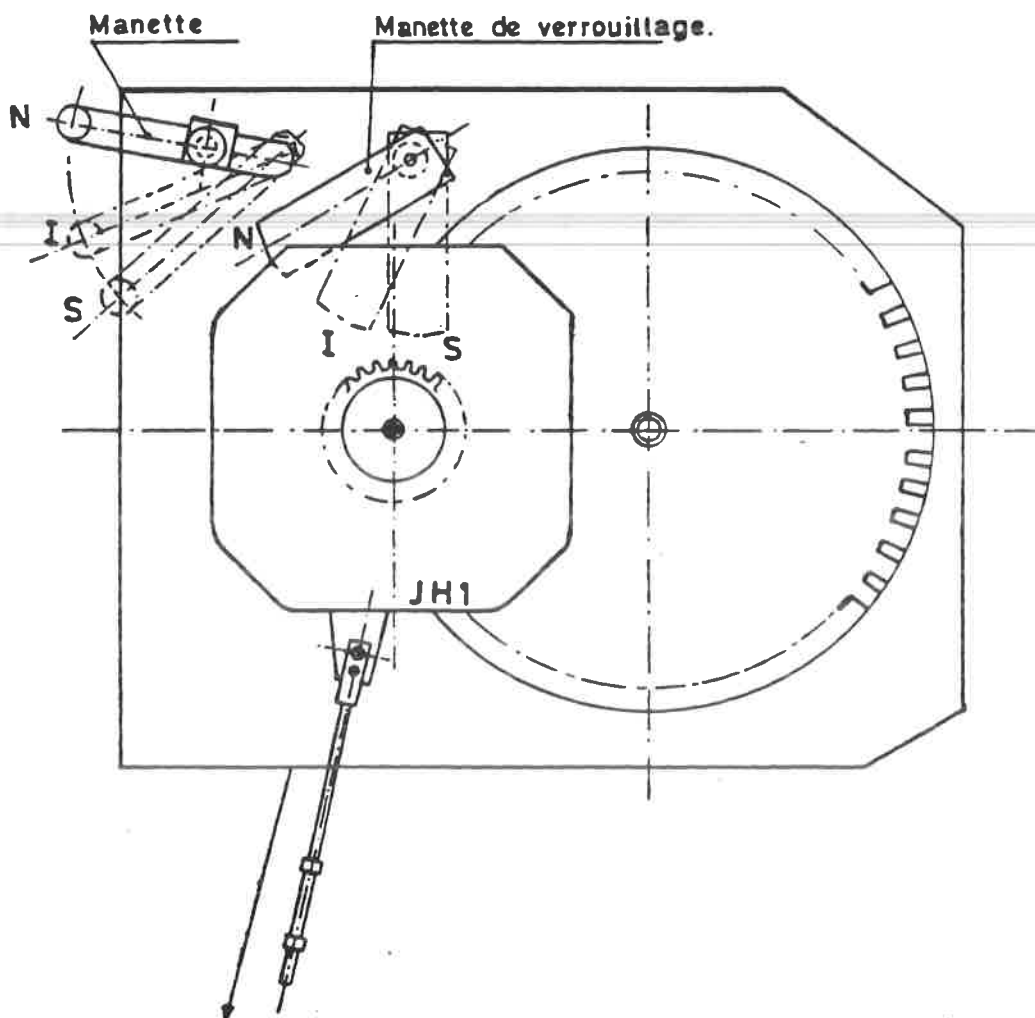


Fig. 25.08

C 1270
1980/25

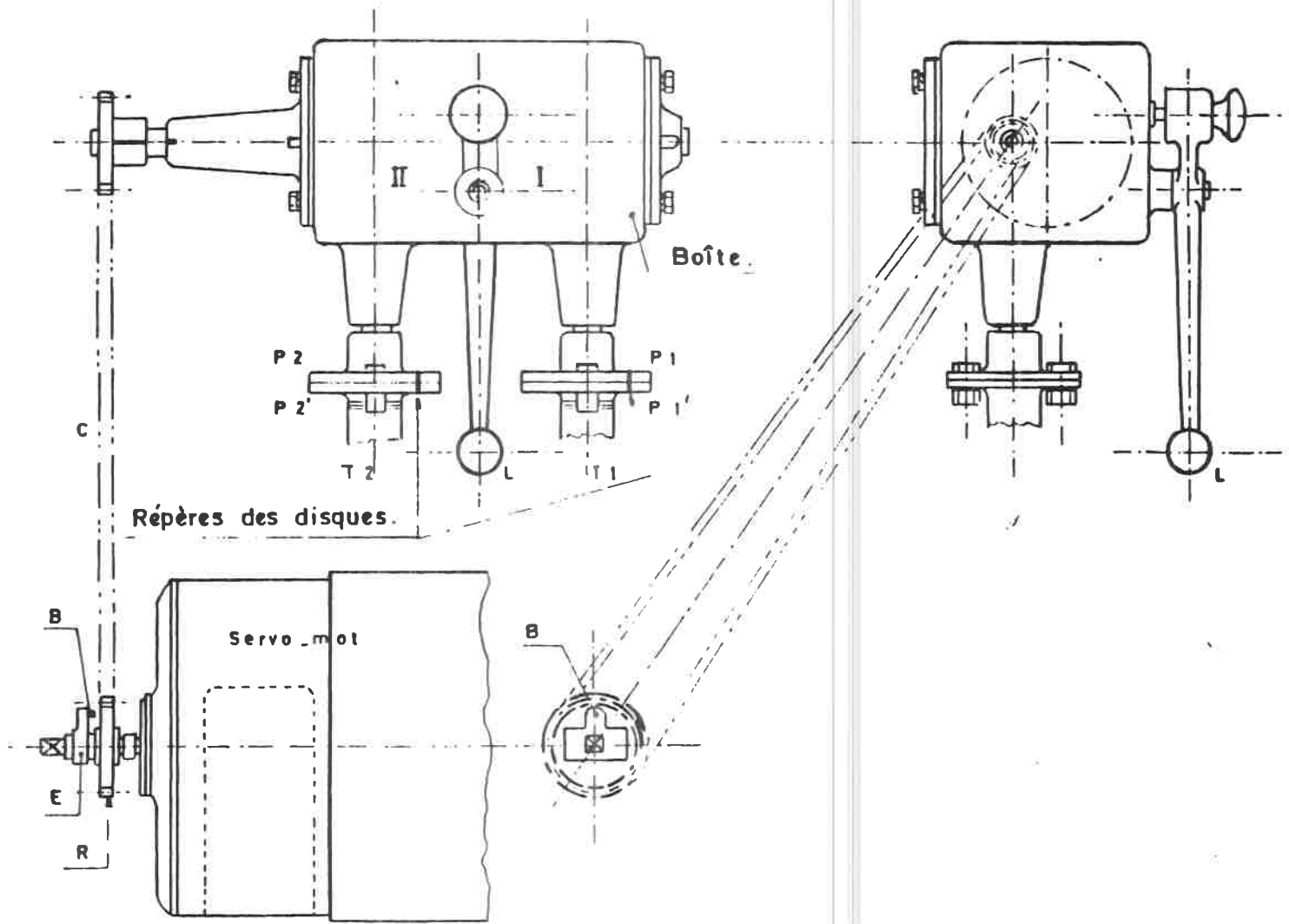


Fig. 25.09

C 1270/25
1980

LA TRANSMISSION.26.1. Généralités.

Sur les locomotives à vapeur, les différents essieux moteurs étaient reliés à l'aide de bielles motrices. Sur les locomotives diesel à transmission hydraulique, l'effort moteur est transmis par arbre articulé (cardans) et pont. Il existe également des locomotives électriques ne possédant qu'un seul moteur de traction qui actionne les différents essieux moteurs à l'aide d'une transmission mécanique.

Rapidement, il est apparu que, pour des vitesses élevées, ces solutions étaient loin d'être idéales.

Aussi, par après, la transmission individuelle fut généralisée : chaque moteur entraîne un essieu.

Cependant, au cours des années 60, de nouvelles locomotives à essieux mécaniquement couplés furent construites avec l'espoir d'améliorer les conditions d'adhérence (locomotives série 26). Les résultats furent tellement décevants au point de vue mécanique (usure, cassures, entretien, etc...) que cette série de locomotives ne prit pas une grande extension.

La grande majorité de nos moteurs de traction sont du type tram c'est-à-dire avec suspension par le nez.

Nous étudierons aussi différents types à suspension totale :

- AEG
- BUCHLI
- BBC
- ALSTHOM
- JACQUAIN
- NIVELLES

26.2. Moteur suspendu par le nez.

Dans la transmission de l'effort du moteur vers la roue, il faut tenir compte que la distance entre l'axe du pignon du moteur et l'axe de la roue dentée de l'essieu doit rester constante, quels que soient les mouvements relatifs de l'essieu.

Cette condition est réalisée de la manière suivante pour les moteurs suspendus par le nez (fig. 26.1).

D'un côté, le moteur repose sur l'essieu G par l'intermédiaire de deux paliers (à aiguilles ou à métal blanc) et de l'autre côté sur le châssis du bogie par l'intermédiaire d'un appendice en forme de nez au moyen d'un jeu de ressorts.

Le moteur est donc suspendu à 50% sur des ressorts; lors d'une accélération ou d'un freinage, ce seront soit les ressorts supérieurs, soit les ressorts inférieurs qui seront comprimés.

Le grand avantage de cette suspension est sa simplicité. Le moteur peut être échangé rapidement, l'entretien de cette suspension est minime; seuls, les coussinets en métal blanc nécessitent un graissage régulier. Le maintien à niveau de l'huile entre 2 entretiens est réalisé à l'aide de deux réservoirs auxiliaires (fig. 26.2).

Sur les automotrices à partir de 1970 (fig. 26.3), ce problème fut définitivement résolu par l'utilisation de roulements. Dans ce système, appelé "Canon box", le moteur repose sur un tube qui à chaque extrémité est fixé à l'essieu au moyen d'un roulement conique.

Les engrenages sont enfermés dans un certer réalisé en tôle. Le graissage s'effectue à l'aide d'une graisse visqueuse "jet". L'inconvénient de la suspension par le nez réside dans le fait que 50% du poids repose directement sur l'essieu et n'est de ce fait pas suspendu.

En ce qui concerne le moteur lui-même, celui-ci pourrait malgré tout résister aux trépidations bien qu'à grande vitesse, l'on puisse émettre des craintes pour les balais et le collecteur (commutation).

Mais une chose est certaine, les rails ont beaucoup à souffrir:

- 1° les efforts verticaux sur les dénivellations, haïsons, aiguillages, etc... augmentent avec le poids du moteur et l'augmentation de vitesse.
- 2° les efforts latéraux peuvent, tout autant, par suite du mouvement de lacet du véhicule, prendre des valeurs exagérées.

Il faut donc admettre que la suspension par le nez ne convient pas pour des locomotives développant des grandes vitesses.

26.3. La transmission AEG.

Le principe de la suspension totale du moteur est représenté sur la fig. 26.4. Le moteur est fixé à un essieu creux (A) parallèle à l'essieu proprement dit. Sur cet essieu

creux est fixée la roue dentée qui est entraînée par le pignon du moteur. La distance entre les 2 axes est donc constante.

Le jeu entre l'essieu creux et l'essieu du train de roue doit être suffisant pour éviter tout contact lors de la flexion maximum des ressorts des supports du moteur.

Les petites croix sur la figure représentent la liaison élastique nécessaire pour transmettre l'effort aux roues tout en permettant des mouvements relatifs, non seulement dans le sens vertical, mais aussi suivant la direction de l'essieu.

L'élément élastique peut être réalisé grâce à des ressorts en spirale (fig. 26.5) système qui équipait les premières automotrices en 1935 (mais qui occasionna beaucoup de bris et d'entretien).

Dans les réalisations modernes (SNCF), les ressorts sont remplacés par des blocs de caoutchouc (silentbloc), ce qui au point de vue des frais d'entretien présente une grande économie (fig. 26.6).

26.4. La transmission Buchli.

Cette transmission est seulement d'application sur le matériel à boîte d'essieu intérieure (SNCF - CFF).

Nous en donnons ici uniquement le principe: fig. 26.7. L'axe du moteur M est situé au-dessous de la roue et son pignon entraîne une roue dentée montée sur roulement dans le carter C. Dans la roue dentée, il y a deux trous prévus pour les pivots M1 et M2. Ceux-ci sont accouplés à des bielles d'entraînement qui s'articulent en C1 et C2 et qui sont reliées l'une à l'autre par un secteur denté.

Un déplacement vertical du point M par exemple fera tourner le secteur S vers le bas.

Ce système, utilisé sur des locomotives à grande vitesse, nécessite beaucoup d'entretien (graissage, etc...). Il est compréhensible que sur du matériel moderne, des éléments en caoutchouc réaliseront des liaisons élastiques.

26.5. La transmission Alsthom.

La roue dentée forme ici aussi un ensemble avec l'arbre creux, le pignon et le moteur (fig. 26.8).

La transmission de l'effort vers la roue G s'effectue au moyen de 2 pivots A1 et A2 munis de silentblochs.

Ces pivots sont liés à des bielles qui commandent un anneau dansant. Les anneaux dansants sont eux-mêmes reliés au voile de la roue voisine par 2 bielles entraînant les pivots B1 et B2.

Ces "anneaux dansants" équipent nos locomotives polycourants 15 et 10 (fig. 26 .9).

Le jeu entre l'essieu et l'essieu creux ainsi que le jeu latéral doit être prévu pour permettre que les déformations élastiques des silentblochs s'effectuent librement.

26.6. La transmission BEC.

Cette transmission fut appliquée sur 3 locomotives prototypes. Elle consiste en réalité en une double transmission à cardans (fig. 26..10) comportant 2 disques élastiques en acier et un axe de cardan qui passe au travers de l'arbre creux du moteur.

Cela permet certains mouvements du moteur par rapport à l'essieu sur lequel la roue dentée et le pignon sont enfermés dans un carter.

L'axe du moteur (1) est relié au disque au moyen d'un bras (2). L'axe du cardan est fixé au disque au moyen d'un bras (3) et passe au travers de l'arbre creux. Après quoi, il est lié au 2e disque au moyen du bras 7.

Finalement le pignon (10) est entraîné par le bras (8).

26.7. La transmission "Jaccmain".

Dans ce système, le cardan est réalisé par un anneau A en acier pourvu de 4 silentblochs B (fig. 26.11). Deux des quatre sont reliés à une roue dentée ou avec la roue. A 90°, sont situés les bras d'appuis qui maintiennent l'arbre creux.

La figure 26. 12 montre un exemple de réalisation de ce système sur les locomotives type 26.

26 .8. La transmission "Nivelles-ACEC".

Cette transmission fut réalisée sur les locomotives CC de 7000 CV (série 20) (fig. 26.13). Comme dans la réalisation BEC, nous avons ici un moteur de traction avec arbre creux à travers duquel passe l'axe d'entraînement du pignon.

Les cardans sont remplacés par une transmission par engrenages avec rapport de transmission 1/1.

Les mouvements du moteur, suspendu dans le châssis de bogie, provoquent un déplacement angulaire de l'axe par rapport à sa position primitive. Cet axe est le seul élément élastique dans la transmission. Le pignon forme un tout avec la roue dentée fixée sur l'essieu.

C 1270/26
1977

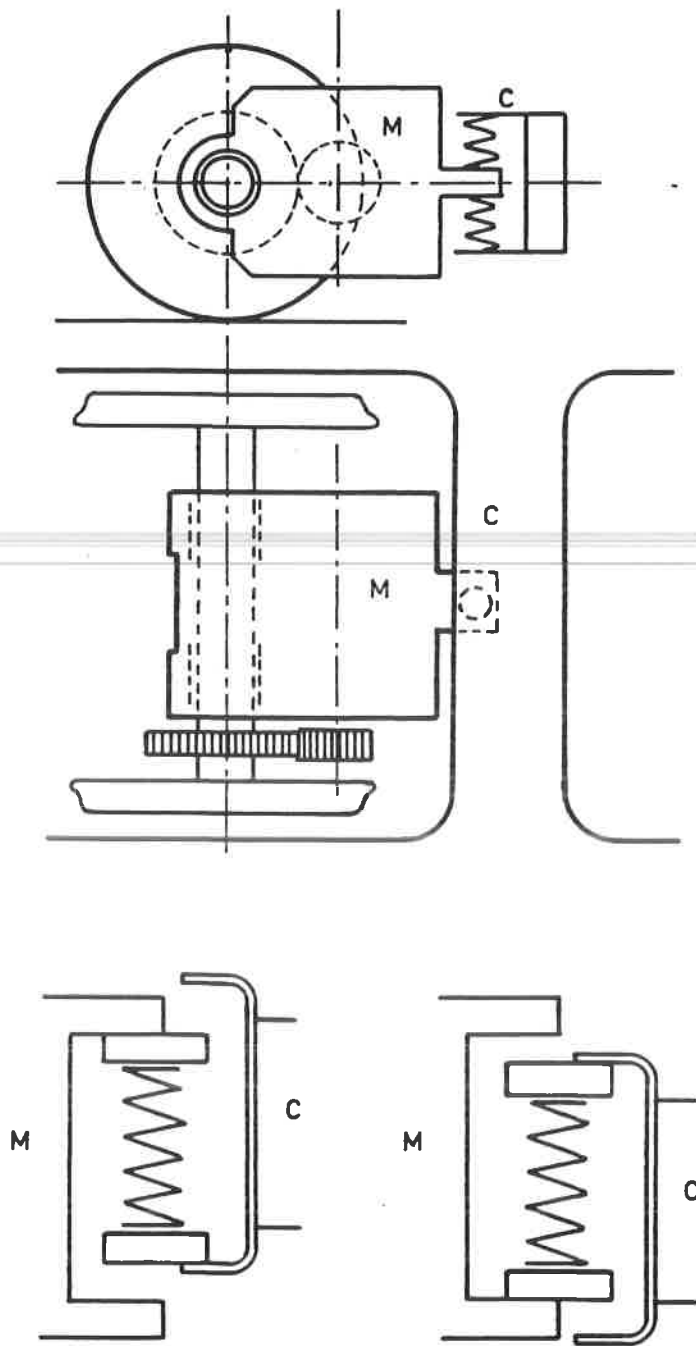
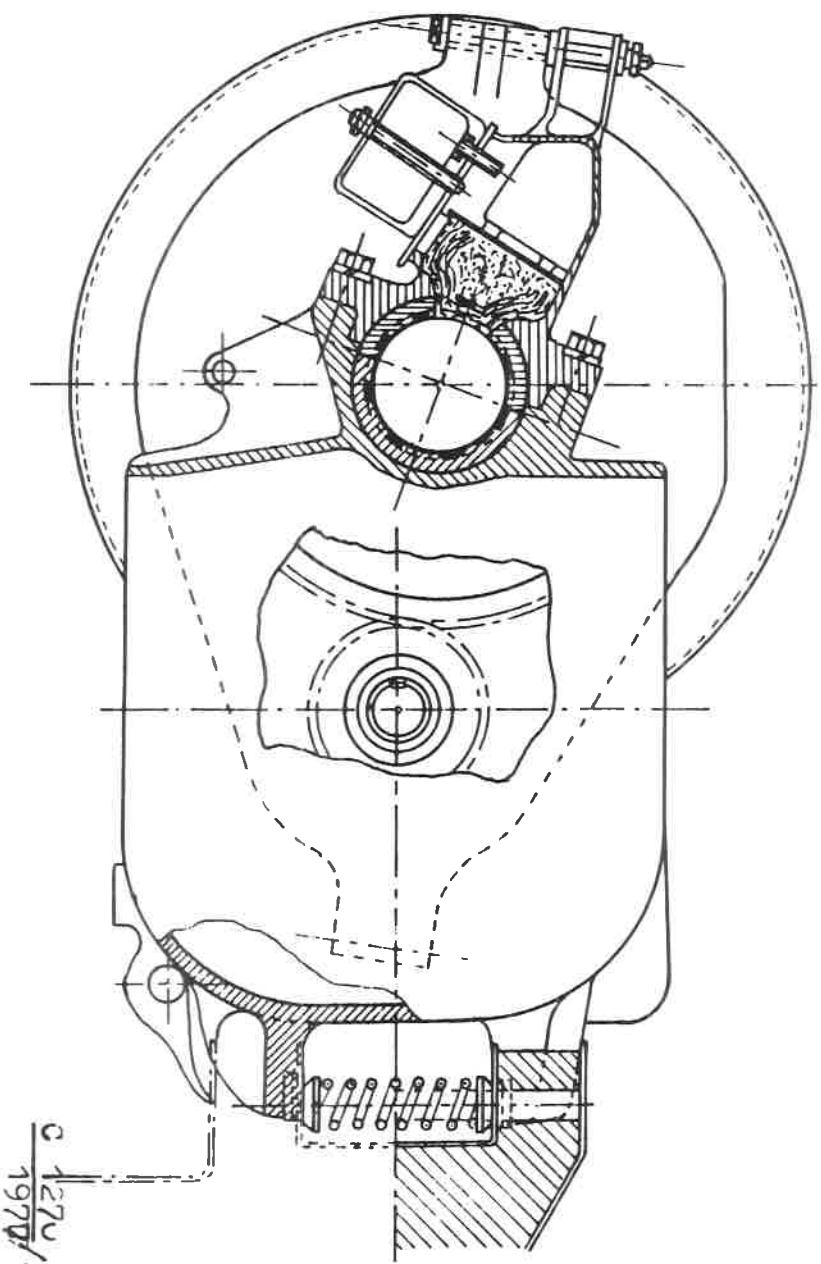


Fig. 26.01

C 1270
1977/26



c 1270/26
1970

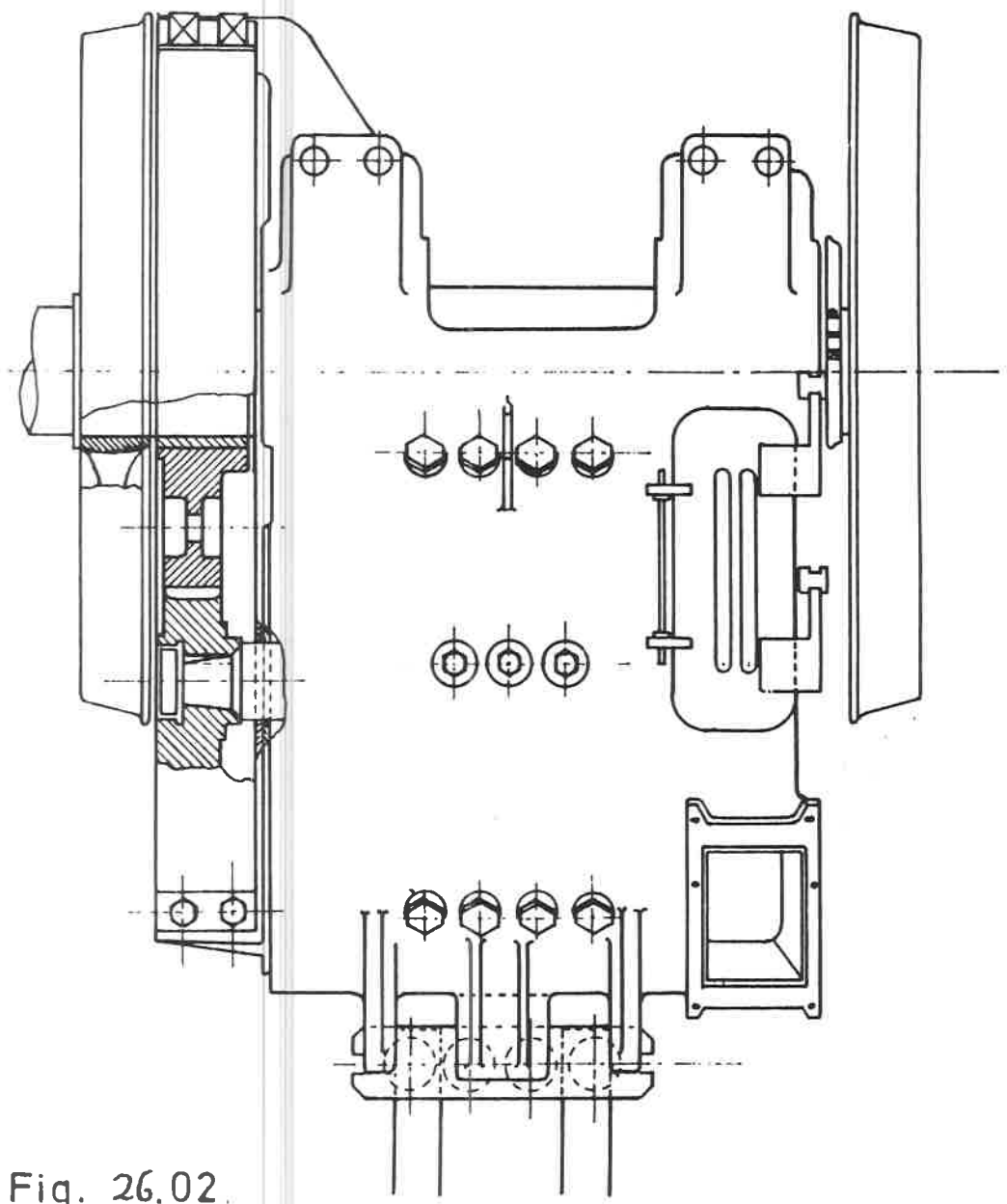


Fig. 26.02

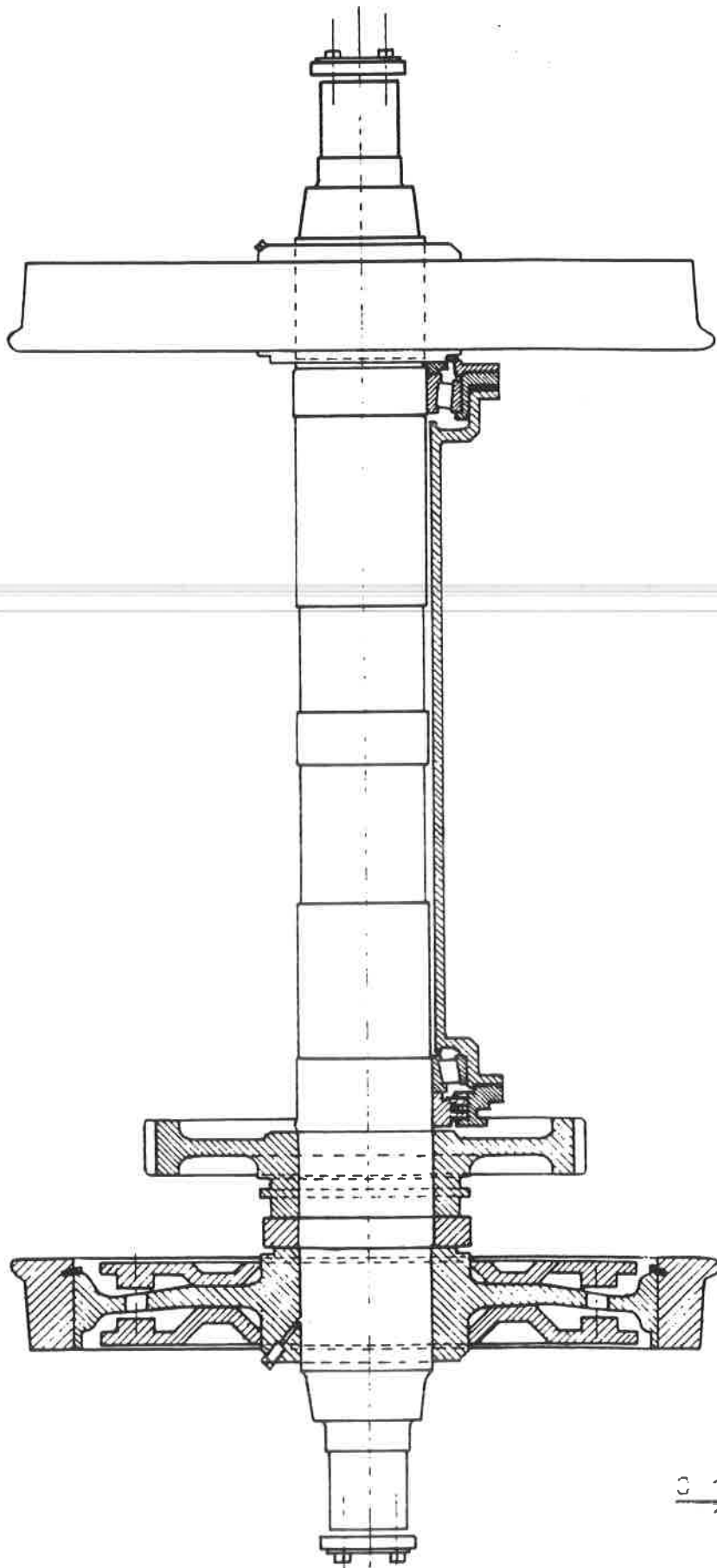


Fig. 26.03

1270
1977/26

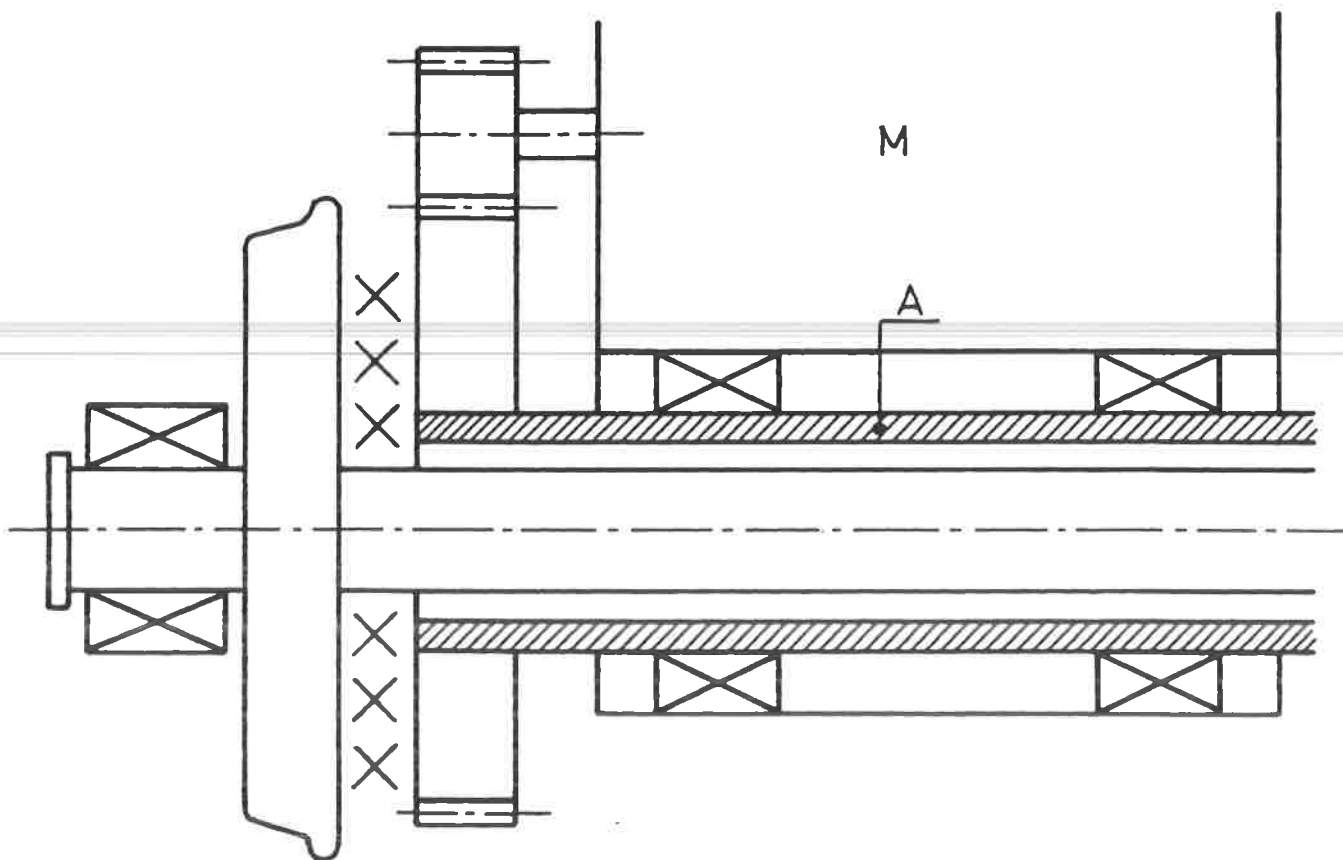


Fig. 26.04.

C 1270
1977/26

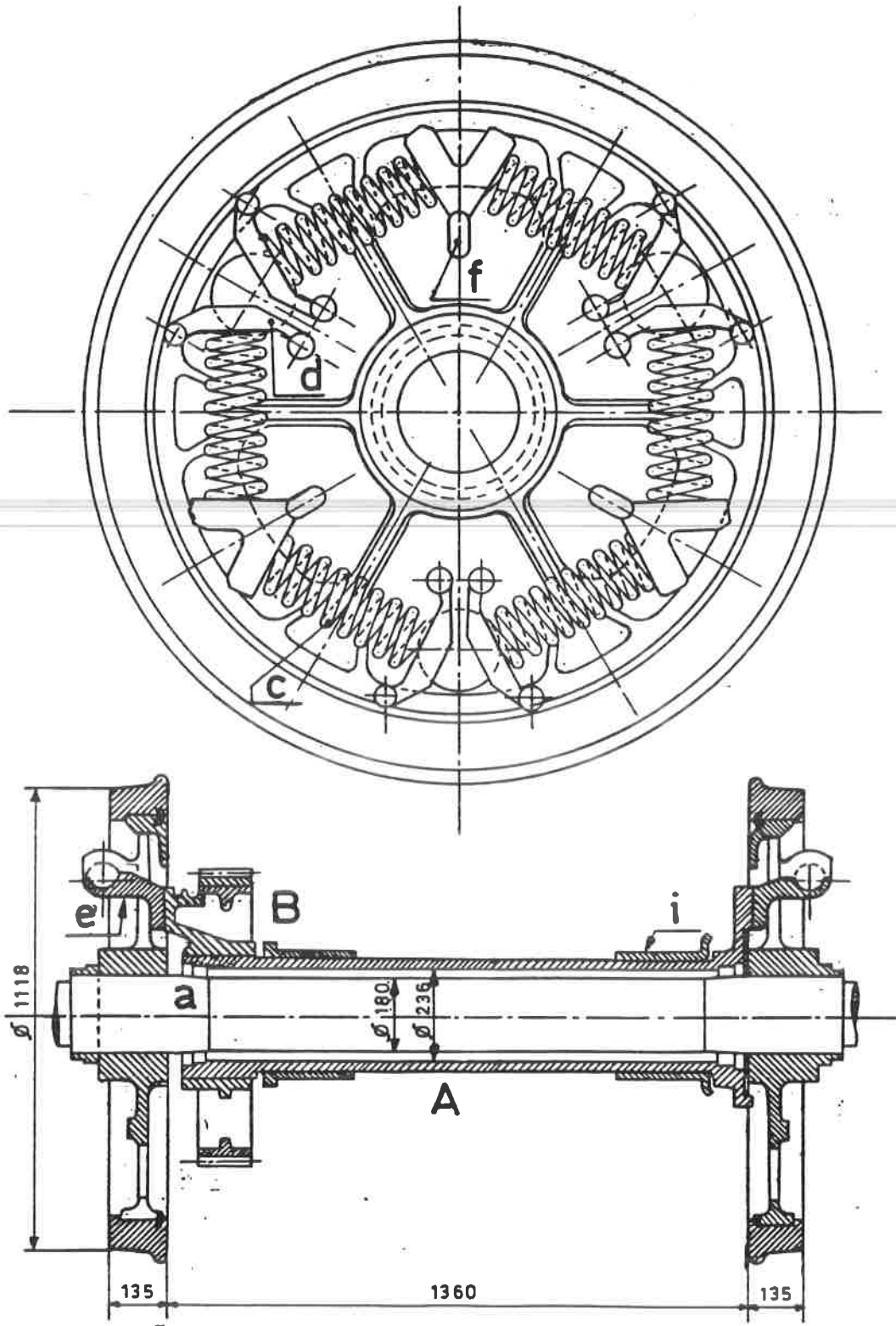


Fig.26.05

C 1270
1977/26

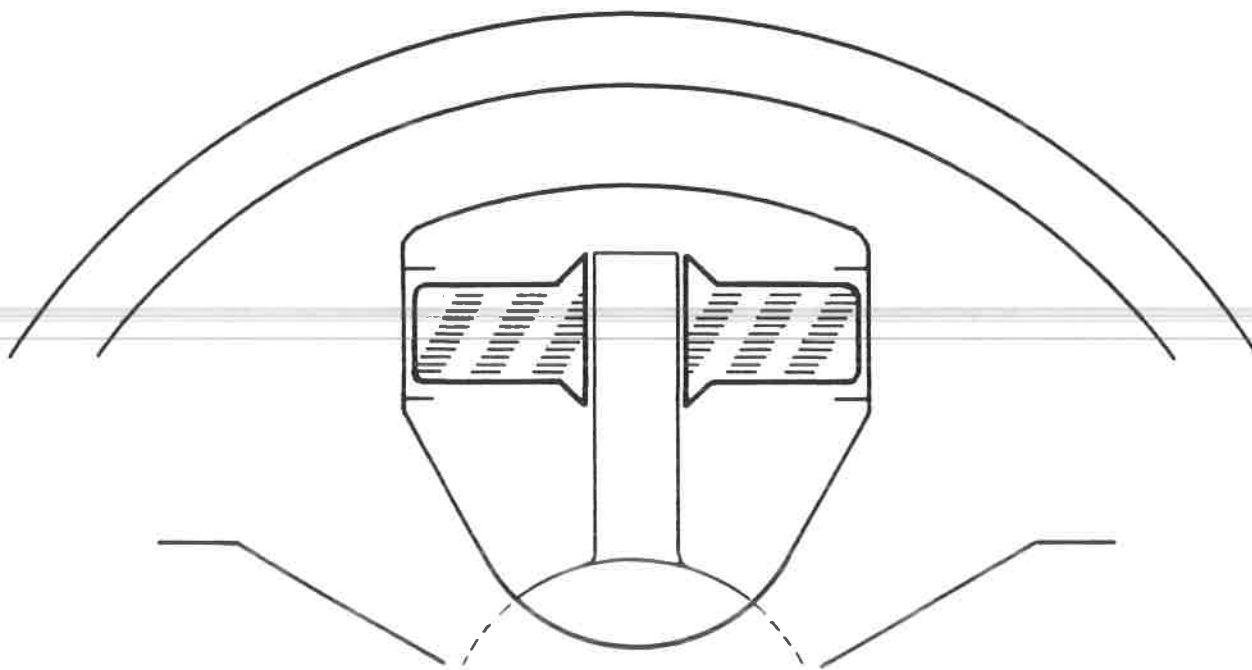


Fig. 26.06.

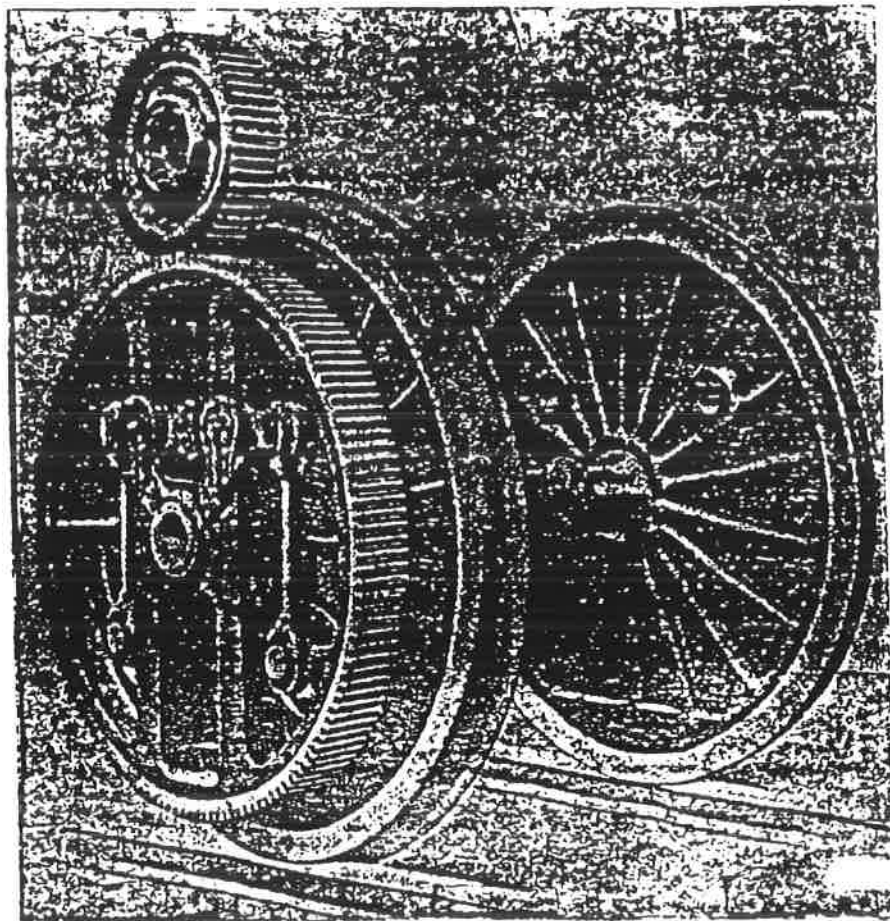
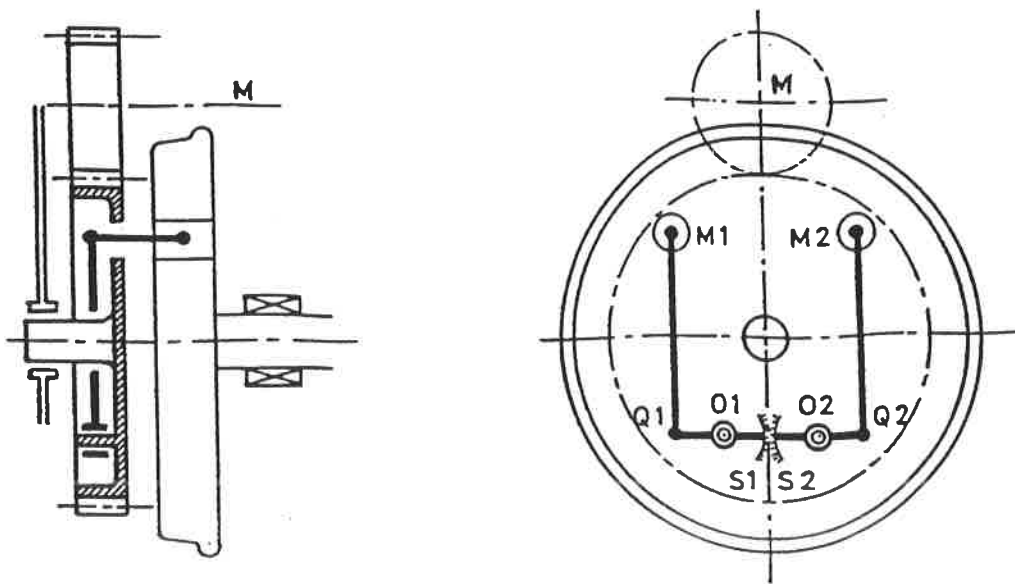


Fig. 26. 07

C 1270/26
1977

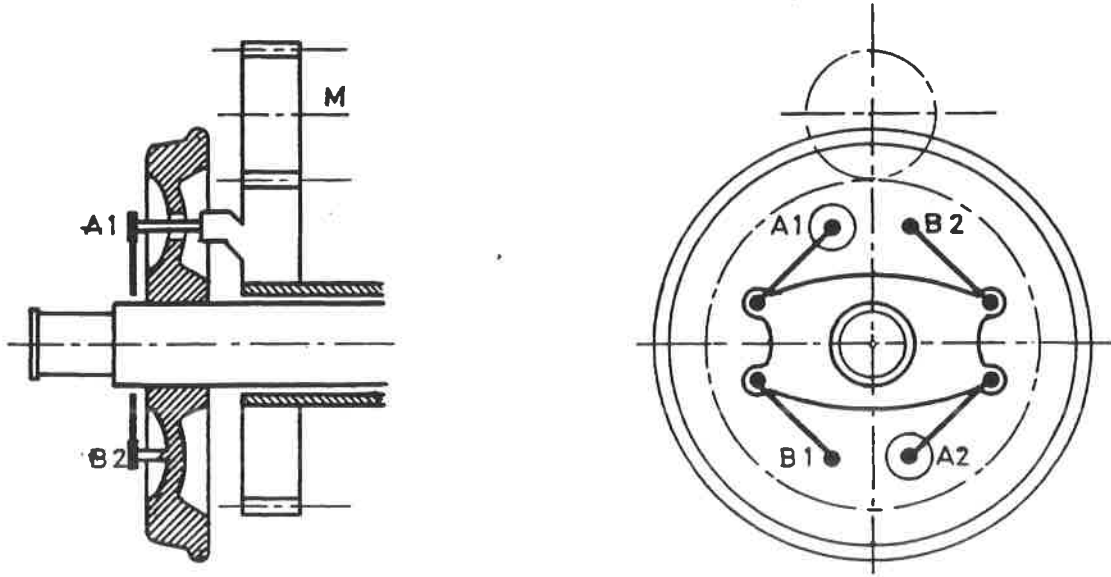


Fig. 26.08

C 1270
1977/26

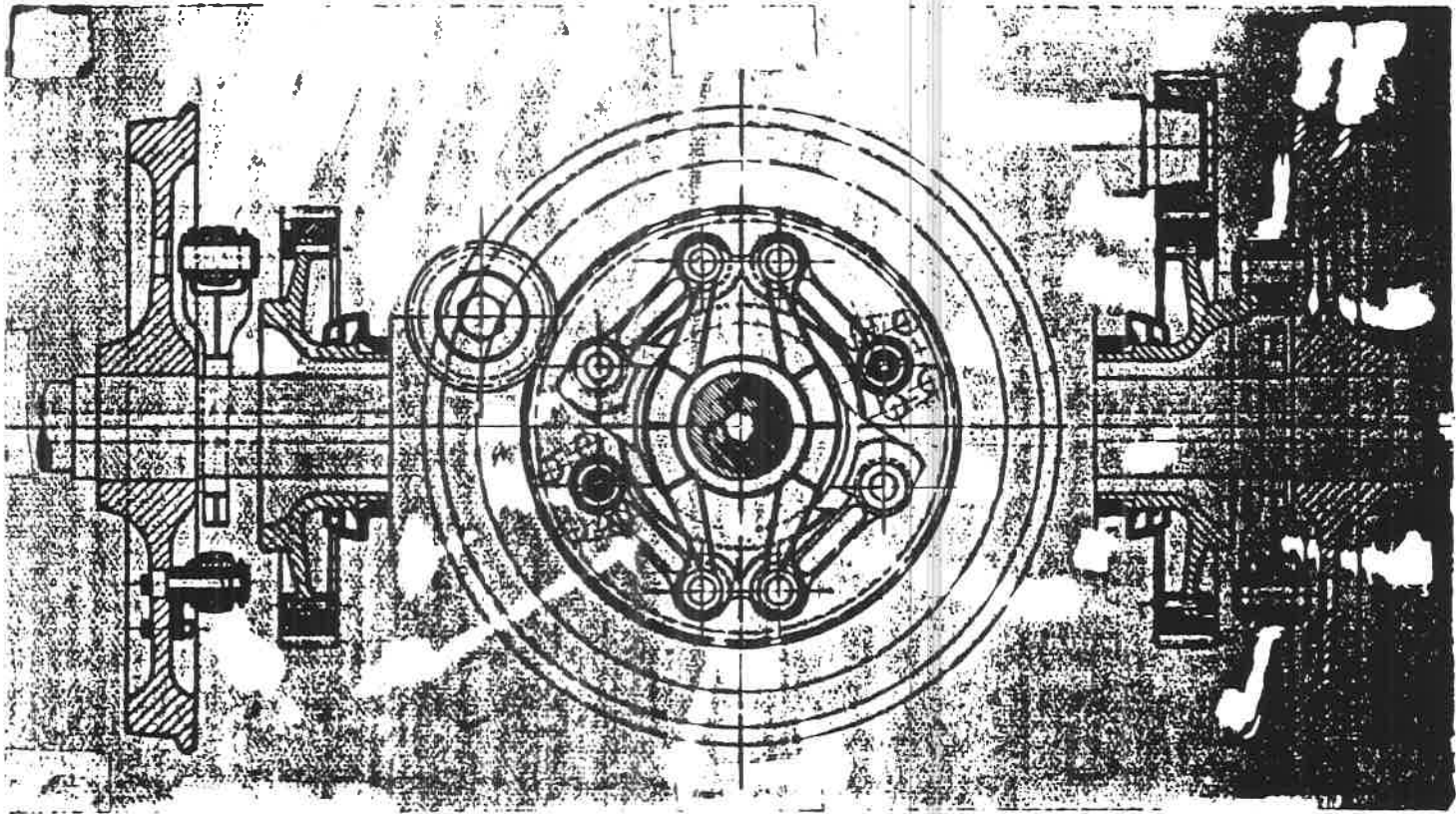
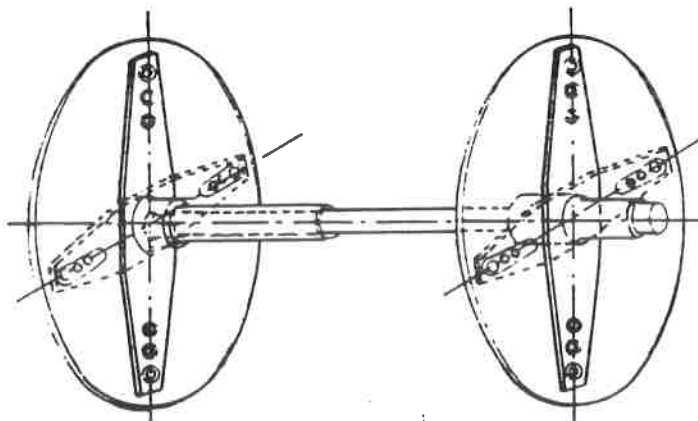
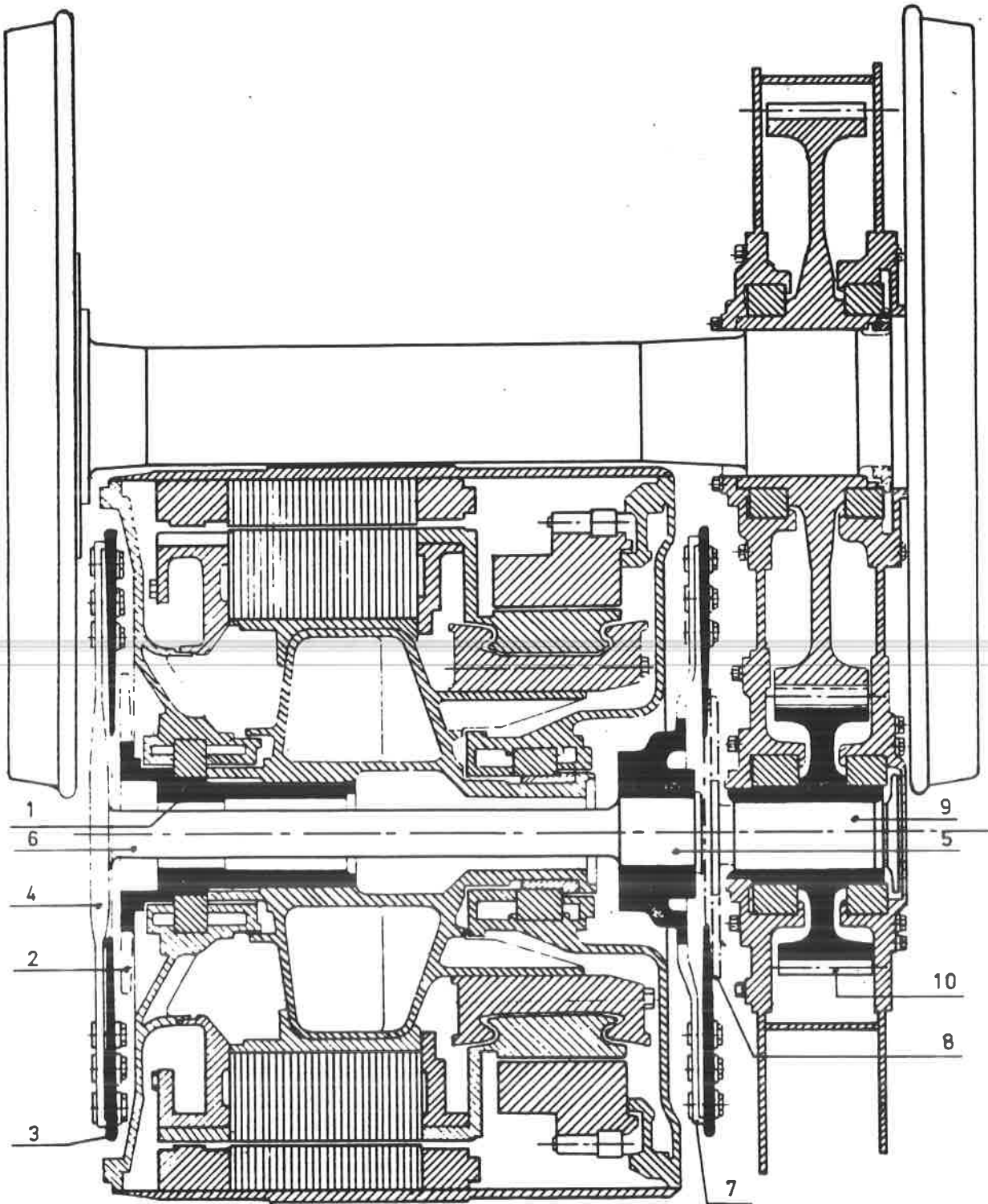


Fig. 26.09

© 1270/26
1977



C 1270
1977/26

Fig. 26.10



Fig. 26.11

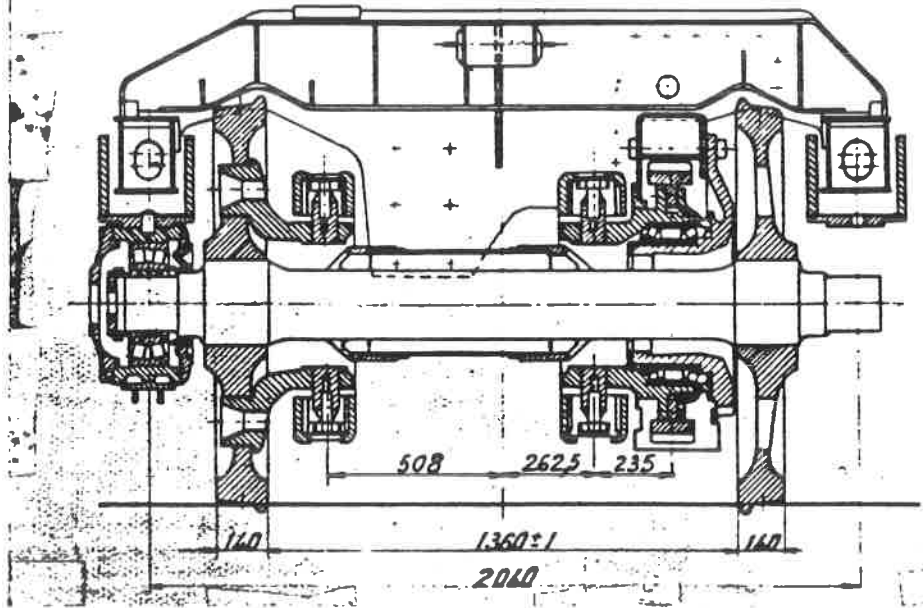


Fig. 26.12

C 1270
1977/26

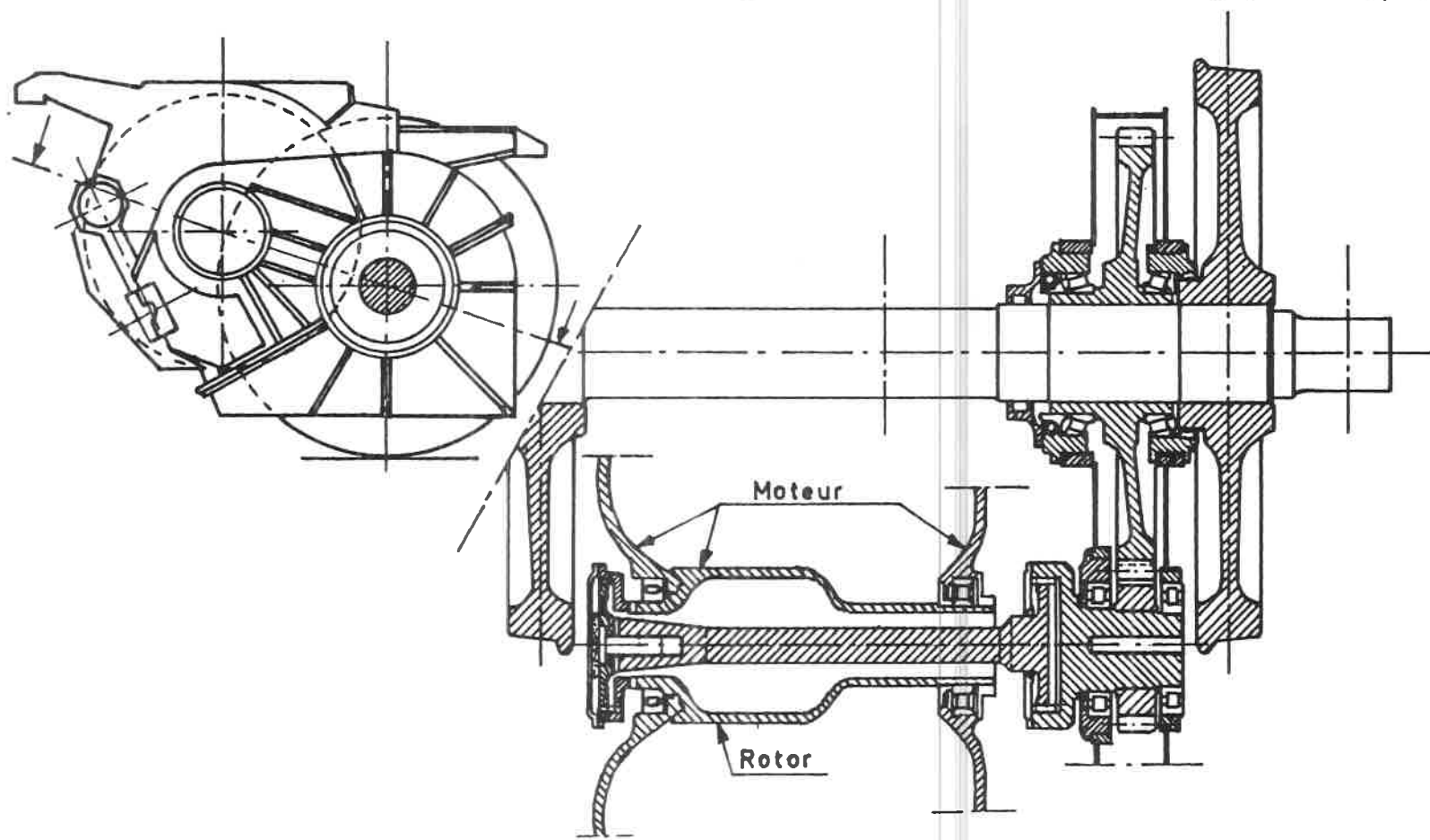


Fig. 26.13

C 1270
1977/26

LE CABRAGE.27 .1. Cabrâge du bogie.

Considérons un bogie d'une locomotive BB (fig. 27 .1).

La hauteur du pivot de bogie par où est transmis l'effort de traction, est appelée "h", la distance entre les 2 axes d'essieu "l".

Nous supposons qu'à l'arrêt, la charge est répartie uniformément sur les 4 essieux.

$$q = \frac{Q}{4}$$

Quand on exercera un effort de traction $\frac{T}{2}$, la charge par essieu ne sera plus égale.

On se propose de calculer les nouvelles valeurs q_1 et q_2 ou plutôt les valeurs + sq de surcharge ou décharge des essieux en partant d'une équation de moments, par exemple autour du point 1.

Nous considérons comme positifs les moments tournant dans le sens horlogique.

Les valeurs sq seront positives lorsqu'elles sont dirigées vers le haut c'est-à-dire lorsqu'elles augmentent la charge de l'essieu.

a) équation des moments autour de A 1:

$$\frac{T}{2} \cdot h + \frac{Q}{2} \cdot \frac{l}{2} - (q + sq) l = 0$$

puisque $Q = 4 q$

$$\frac{T}{2} \cdot h + \frac{4 q \cdot l}{4} - q \cdot l - sq \cdot l = 0$$

devient

$$\boxed{sq = \frac{T \cdot h}{2 \cdot l}}$$

donc une charge

si bien que

$$\boxed{q_2 = q + sq}$$

2.

b) équation des moments autour de A 2 :

$$\frac{T \cdot h}{2} + (q + sq) \cdot l - \frac{Q}{2} \cdot \frac{l}{2} = 0$$

$$\frac{T \cdot h}{2} + q \cdot l + sq \cdot l = q \cdot l$$

$$\text{d'où } \boxed{sq = - \frac{T \cdot h}{2 l}}$$

sq est ici négatif si bien que nous avons à faire à une décharge

$$\boxed{q_1 = q - sq}$$

De la même manière, nous trouvons les réactions dans l'autre bogie

$$q_3 = q - sq \text{ et } q_4 = q + sq.$$

27.2. Câbrage de la caisse.

Considérons maintenant la caisse (fig. 27.2).

La distance entre pivots de bogie est L. La hauteur du crochet de traction au-dessus du rail est H.

En position de repos, nous avons comme réaction sur les pivots $\frac{Q}{2} = P$

Lorsqu'on effectue un effort T vers la droite sur le crochet de traction il y a une réaction $\frac{T}{2}$ vers la gauche sur la caisse.

Ainsi, la réaction sur la caisse ne sera plus P, mais :

$$P_2 = P + sP \text{ et } P_1 = P - sP.$$

Nous trouvons à nouveau les valeurs sP à l'aide d'une équation de moments autour du point B 1 par exemple :

$$T (H - h) + Q \cdot \frac{L}{2} - (P + sP) L = 0$$

$$\text{puisque } Q = 2 P$$

$$T (H - h) + \frac{2 P \cdot L}{2} - P \cdot L - sP \cdot L = 0$$

$$T (H - h) = sP \cdot L$$

$$\boxed{sP = \frac{T (H-h)}{L}}$$

Cette valeur se répartit sur chaque essieu et est positive, donc dirigée vers le haut sur la caisse ce qui signifie une surcharge des essieux si bien que chaque essieu reçoit une charge supplémentaire de $\frac{sP}{2}$.

De la même manière, nous trouvons pour le bogie 1 grâce à une équation de moments autour de B 2, un $sP = -\frac{T(H-h)}{L}$ ce qui signifie une décharge par essieu de $\frac{sP}{2}$

Les valeurs finales des charges par essieu P 1, P 2, P 3 et P 4 considérées cette fois comme positives en tant qu'actions sur le rail, c'est-à-dire positives vers le bas (fig. 27.3) sont :

$$P 1 = q - sq - sP$$

$$P 2 = q + sq - sP$$

$$P 3 = q - sq + sP$$

$$P 4 = q + sq + sP$$

27.3. Discussion.

Lors du calcul des organes mécaniques d'une locomotive, il faut tenir compte de la charge par essieu la plus élevée P 4 bien que la charge minimum - P 1 dans notre cas - n'est pas moins importante puisqu'elle diminue l'adhérence de la locomotive.

Ainsi, pour une locomotive BB, la charge de l'essieu le moins chargé détermine la force de traction de tous les autres essieux (à moins que par des moyens auxiliaires, on tâche de garder les efforts de traction proportionnels aux conditions d'adhérence).

La valeur du déchargement sq dépend des dimensions du bogie

$$sq = \frac{-T.h}{2.l}$$

Pour une locomotive série 22, nous avons :

$$l = 2,5 \text{ m}$$

$$h = 0,7 \text{ m}$$

Pour un effort de traction de 16 t, nous trouvons :

$$sq = -\frac{16 \times 0,7}{2 \times 2,5} = 2,2 \text{ t}$$

ce qui donne pour une charge de 20 t par essieu, 10 % de décharge.

4.

Nous voyons qu'une grande distance entre essieu, diminue la décharge.

Il en va de même pour la hauteur du pivot de bogie.

De là découle aussi la construction spéciale du pivot de bogie des locomotives séries 22 à 25.

Le soulèvement de la caisse donne donc une valeur de déchargement de

$$sp = - \frac{T(H-h)}{L}$$

Nous voyons donc qu'une grande distance entre les bogies limite la valeur de sp.

En ce qui concerne la valeur H, celle-ci est déterminée par la hauteur du crochet de traction $H = 1,050$ m.

Pour une locomotive série 22, nous avons $L = 8,6$ m et $h = 0,7$ m.

Nous trouvons donc pour un effort de traction de 16 t

$$sp = 16 \cdot \frac{(1,050 - 0,7)}{8,6} = \frac{16 \times 0,35}{8,6} = 0,65 \text{ t.}$$

La charge réelle du premier essieu devient :

$$P_1 : 20 \text{ t} - 2,2 \text{ t} - 0,65 \text{ t} = 17,15 \text{ t.}$$

Le fait de vouloir diminuer par construction sq en rendant par exemple $h = 0$ (voir traction basse des locomotives série 26) apporte cependant une augmentation de sp.

Dans ce cas sp devient :

$$sp = \frac{16 \times 1,050}{8,6} = 1,95 \text{ t}$$

Ce qui malgré tout est encore avantageux puisque dans ce cas

$$P_1 = 20 \text{ t} - 1,95 \text{ t} = 18,05 \text{ t.}$$

La décharge de l'essieu diminue de 2,85 t ou 14,25 % à 1,95 t ou 9,75 %.

27.4. Dispositions pratiques.

De nombreuses dispositions ont été adaptées pour diminuer le *cabrage* du bogie: ainsi certaines locomotives (CFF) ont été équipées de pistons verticaux placés entre bogie et caisse (fig. 27.04).

Lors du patinage on introduit au moyen d'une électrovalve, de l'air comprimé dans les cylindres des essieux avant.

Ce système est encombrant et fonctionne toujours avec un grand retard.

Lorsque le piston s'appuie sur le bogie toute suspension est naturellement bloquée ce qui ne contribue pas au confort

- Un système bien meilleur consiste à abaisser le point d'appui du pivot de caisse le plus possible de façon à diminuer la valeur de "h" le plus possible, on l'amène donc entre les 2 essieux comme le montre la fig. 27.05).

Cette disposition est appliquée sur les locomotives s. 22 à 25.

En somme la caisse comporte 2 bras qui descendent latéralement en-dessous du châssis de bogie. Une traverse porte une crapaudine tandis que le pivot est fixe au bogie.

- Enfin on arrive au système "traction basse" par *barres* des locomotives s. 26 et 20 (fig.27.06) d'où la valeur de $h=0$.

Il n'y a plus de pivot de bogie. L'effort de traction est transmis à la caisse par des barres de traction longitudinales passant sous le bogie. Ces barres convergent sur un point I situé à la hauteur du rail. Le poids de la caisse est porté par des appuis latéraux en caoutchouc.

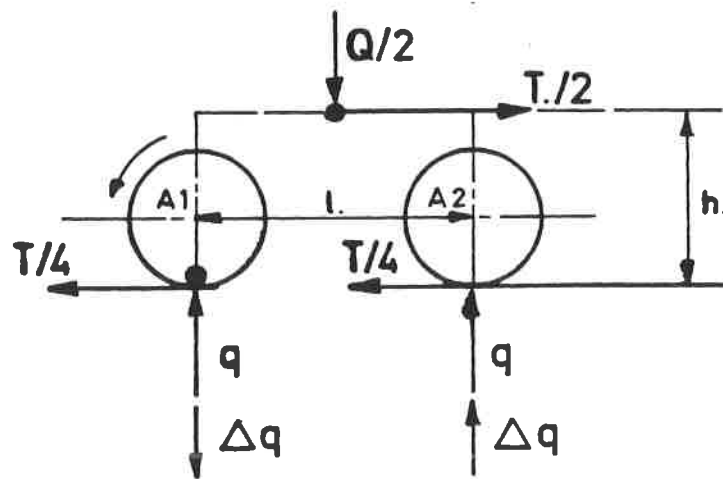


Fig. 27.01

Fig. 27.02

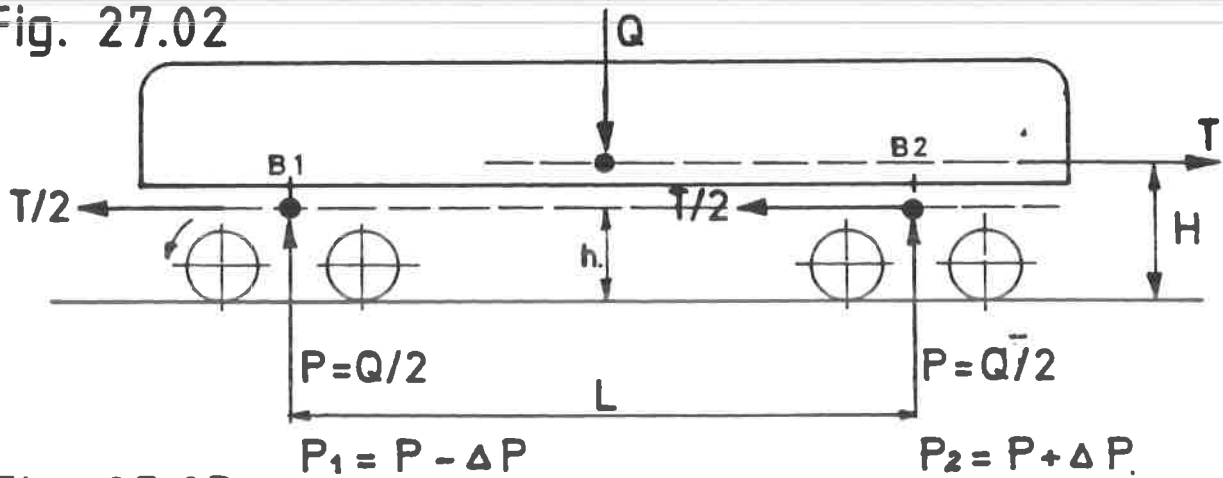
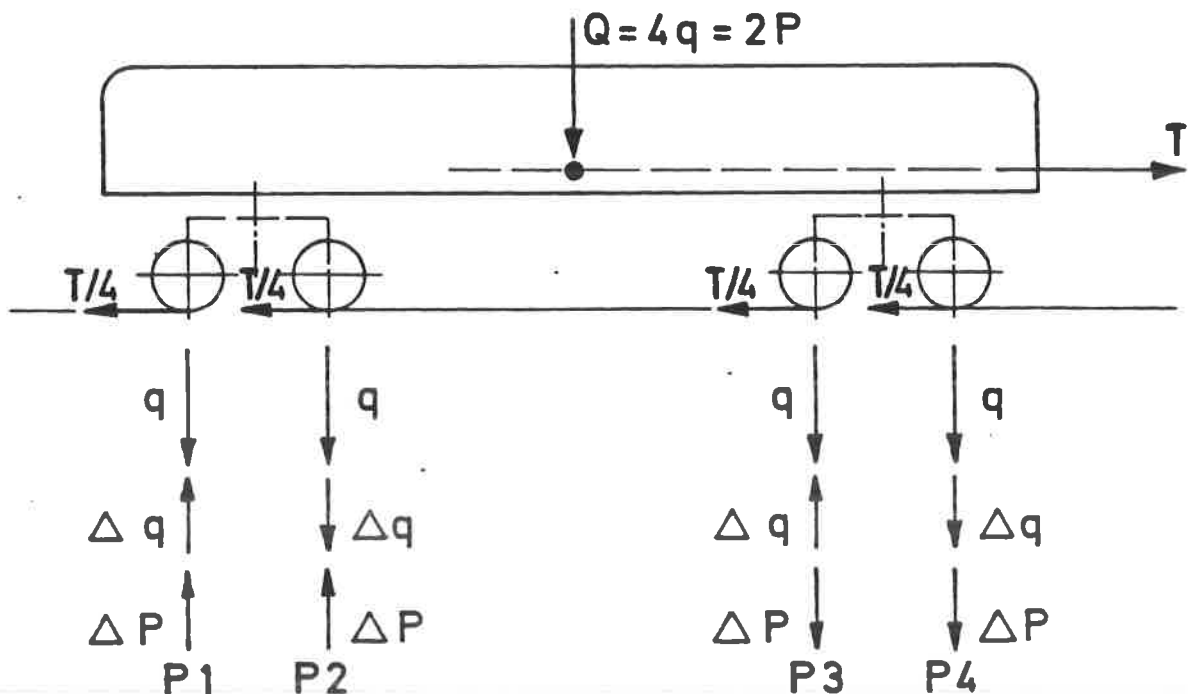


Fig. 27.03



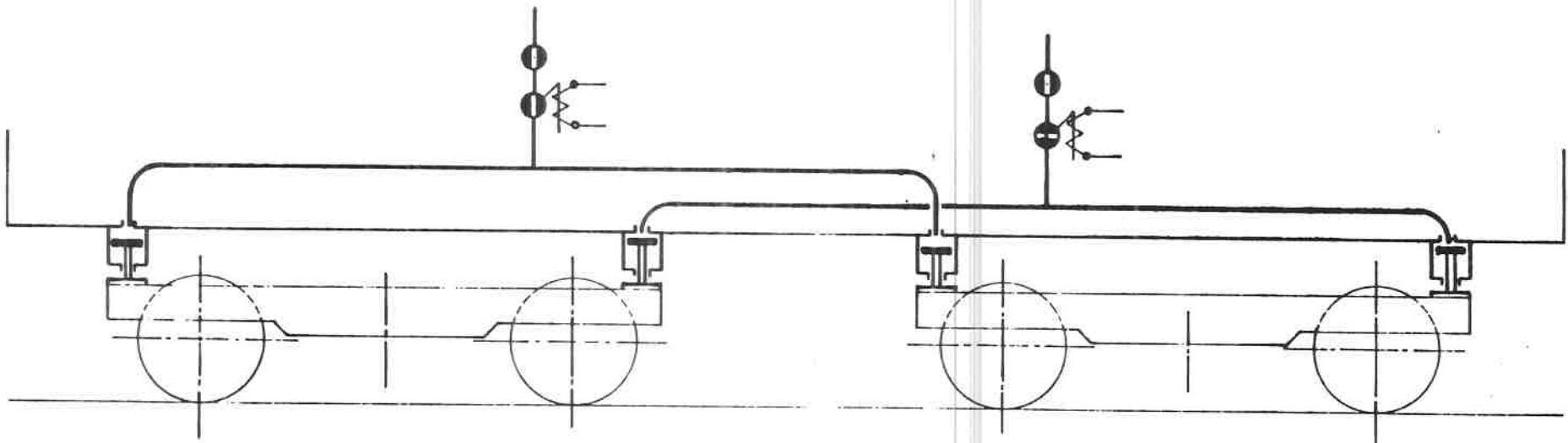


Fig. 27.04

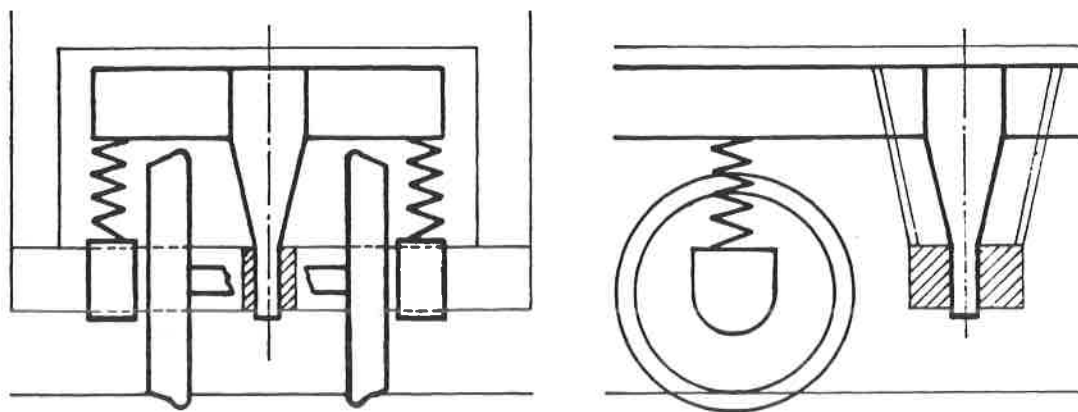


Fig. 27.05

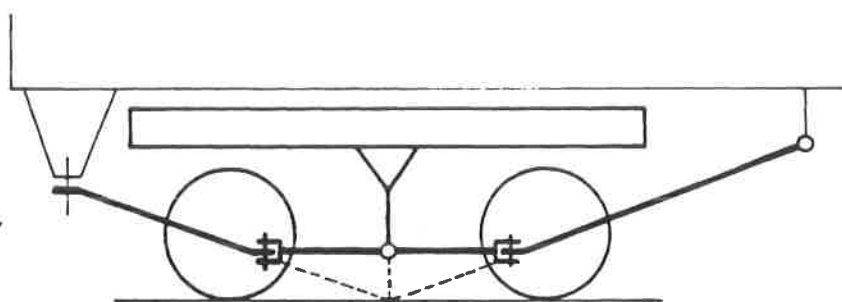


Fig. 27.06

PROBLEMES DE L'ADHERENCE.

28.1. Coefficient d'adhérence.

Considérons un essieu (fig. 28.1) qui est en équilibre sous l'influence des forces suivantes :

Q : réaction du rail contre la charge de l'essieu Q'

P' : effort à la jante s'appuyant sur le rail qui engendre la réaction P qui transmettra l'effort de traction de la roue vers le crochet.

R : résistance au roulement du train.

Si $P > R$, le train se mettra en mouvement.

Si $P < R$, le train reste sur place.

La résistance de frottement c'est-à-dire l'adhérence, utilisée pour s'agripper au rail, sera appelée F :

$$F = Q' \cdot f$$

La valeur du coefficient de frottement f , déterminée en laboratoire, peut, pour un contact acier sur acier, atteindre des valeurs très élevées, par exemple $f = 0,6$.

Mais, dans la réalité, pour diverses raisons que nous analyserons plus loin, le coefficient d'adhérence global sera compris entre 0,15 et 0,3.

Aussi longtemps que $P < F$, la roue reste accrochée.

La roue roule sans patiner si

$$F > P > R$$

La roue reste à l'arrêt si :

$$P < R$$

Si maintenant $P > F$, la roue patine d'autant plus que le coefficient de frottement diminue rapidement avec l'augmentation de la vitesse si bien que la vitesse de rotation peut devenir dangereuse si on n'intervient pas pour diminuer P. Pour protéger les moteurs contre la survitesse, il faudra donc couper la traction ou la diminuer sensiblement. Mais ainsi, le train ne démarrera pas.

Toute la technique de la remorque des trains consiste à maintenir le coefficient de frottement le plus haut possible.

Maintenant, nous savons que le coefficient d'adhérence global d'une locomotive ne dépend non seulement du coefficient f , mais de beaucoup d'autres facteurs que nous allons analyser.

28.2. Facteurs qui influencent l'adhérence.

a) le coefficient de frottement.

Celui-ci dépend de l'état de la surface du rail. Il diminue fortement pour des rails gras, des feuilles tombantes ou de la fine pluie. L'état du bandage joue également un rôle : les blocs de frein en matière composite diminueront sensiblement l'adhérence. Par contre, un léger freinage sur des rails gras ou mouillés permettra d'améliorer l'adhérence.

b) cabrage.

Comme il a été étudié dans la leçon précédente, certains essieux sont déchargés temporairement durant l'application de l'effort de traction. Comme au même moment la surcharge des autres essieux n'est pas exploitée, il est indispensable de limiter l'effort de traction à l'effort possible de la roue la moins chargée.

Les mouvements du véhicule, les réactions de la suspension, les irrégularités de la voie sont des causes de décharges temporaires qui même à grande vitesse peuvent occasionner des patinages.

c) l'effort de traction.

Nous savons qu'en traction électrique par JH, l'élimination des résistances de démarrage s'effectue par palier (fig. 28.2). Il y a donc naissance de plusieurs pointes de P_{max} situées nettement au-dessus de l'effort moyen de démarrage.

C'est donc P_{max} qui doit maintenant être réduit jusqu'à la limite de l'adhérence

$$P_{max} \leq F$$

pendant que l'accélération moyenne dépend de la valeur moyenne de l'effort de démarrage

$$P = \frac{P_{min.} + P_{max}}{2}$$

Un avantage du démarrage par thyristors apparaît ici immédiatement : dans ce cas $P_{max} = P$.

d) accélération.

Il est clair que l'accélération doit être la plus petite possible pour pouvoir utiliser au maximum l'adhérence, c'est-à-dire remorquer les charges les plus lourdes.

En effet, avec une force d'accélération P_a de 1 kg/T; on obtient une accélération de $+ 1 \text{ cm/sec}^2$ ($P_a = P - R$).

L'accélération minima encore sensible se situe aux environs de $0,03 \text{ m/sec}^2$ si bien que l'on atteint alors 3,6 km/h après 30".

Si l'on veut démarrer avec par exemple une accélération de $0,13 \text{ m/sec}^2$, cela va entraîner une diminution importante de la charge remorquée parce que l'on perd 10 kg/T dans l'effort de démarrage uniquement pour vaincre la résistance à l'évancement. En d'au-

tres termes, on pourrait utiliser cette même force d'accélération P_a pour gravir avec la même charge une rampe de $10 \text{ }^\circ/\text{ }^\circ\text{ }^\circ$.

28.3. Courbe pratique de l'adhérence.

De ce qui précède, on peut conclure qu'il est impossible de déterminer avec précision un coefficient d'adhérence global. Lors d'essais pratiques, on trouve des valeurs pour f se situant entre 0,15 et 0,38.

La fig. 28.3 donne les résultats de mesure de coefficient d'adhérence de plus de 100 essais de patinage d'une locomotive type 22 et cela entre 0 et 75 km/h.

De ce grand nombre de mesures, on peut déduire une valeur moyenne et cela pour chaque vitesse. Par après, on peut dessiner une courbe qui donne en fait le coefficient d'adhérence moyen.

Ces points peuvent être séparés en 2 zones (fig. 28.4).

Zone I : temps sec
Zone II : temps humide.

Déterminer la charge maxima admissible est une chose très compliquée. Au plus haut on évalue le coefficient d'adhérence probable (sous la pression des nécessités de l'exploitation), au plus on augmente la probabilité de rester en détresse par impuissance (patinage).

Dans la réalité, d'autres facteurs jouent également un rôle tel que la possibilité d'être retenu à un signal en pleine rampe.

28.4. Moyens pour augmenter l'adhérence.

L'amélioration des conditions d'adhérence va d'abord permettre d'augmenter les charges et d'assurer les trains avec une plus grande marge de sécurité. De plus, le patinage des roues peut entraîner de grandes avaries aux moteurs de traction.

Comme il a été déterminé dans la leçon précédente, les dimensions de la locomotive déterminent en premier lieu les conditions d'adhérence (cabrage).

Il existe plusieurs moyens d'améliorer ces conditions d'adhérence :

- a) moyens mécaniques : sable, frein d'anti-patinage, bogie-monomoteur.
- b) moyens électriques : shuntage des inducteurs, démarrage SP, shuntage des induits, thyristors.

28.5. Sable.

L'emploi des sablières, hérité de la traction à vapeur, fut longtemps le seul moyen pour améliorer un petit peu l'adhérence. Sur-tout dans de mauvaises conditions d'adhérence - rail gras, humide, etc.

la présence de sable entre roue et rail va faire augmenter le coefficient d'adhérence. Sur rail sec, l'effet du sable sur l'adhérence est pratiquement nul.

Lorsqu'on utilise d'autres moyens plus modernes pour augmenter l'adhérence, il semble qu'alors, en certaines circonstances, l'utilisation du sable n'apporte pas d'amélioration.

De plus, si on analyse les inconvénients résultant de l'utilisation du sablage, on s'explique mieux pourquoi de plus en plus de voix s'élèvent pour sa suppression totale :

- 1) danger d'isoler certains circuits de voies
- 2) danger d'isoler un véhicule par rapport au rail (3 000 V)
- 3) de plus, la résistance à l'avancement des engins à remorquer augmente avec la présence d'une trop grande quantité de sable sur le rail.

28.6. Frein d'anti-patinage.

~~Un léger serrage des blocs de frein effectue un nettoyage de la surface de roulement ainsi qu'un léger échauffement de telle sorte que l'adhérence peut être améliorée.~~

Afin de décharger le conducteur du dosage de ce freinage au moment où il a besoin de toute son attention pour la conduite, on a prévu à cet effet, une commande électropneumatique du frein d'anti-patinage qui envoie une pression limitée dans les cylindres de frein (+ 0,8 kg/cm²).

Il est commandé soit au moyen d'un bouton-poussoir sur le pupitre de conduite soit automatiquement lorsqu'une roue patine par l'intermédiaire d'un dispositif de détection de patinage.

Un léger freinage produit également un couple résistant de telle sorte qu'on élimine le danger d'emballement du moteur qui patine.

28.7. Bogie monomoteur.

L'accouplement mécanique des essieux est naturellement une solution radicale dans le domaine de l'utilisation de l'adhérence. Ce principe est utilisé à grande échelle par la SNCF (bogie Jacqmain) et aussi sur nos locomotives série 26 et naturellement série 18 (voir fig. 28.5 et 28.6).

On peut s'interroger pourquoi dans le cas de la hle 26, on a également appliqué la "traction basse" puisqu'il ne peut y avoir patinage entre 2 essieux du même bogie.

La décharge complète d'un essieu doublerait par exemple la charge de l'autre essieu. Ce n'est pas souhaitable ni pour la voie, ni pour la locomotive (essieu, engrenages).

Un inconvénient de ce système réside dans les problèmes de l'entretien du carter. Le graissage en est très délicat, les fuites d'huile sont inévitables. Ces locomotives doivent donc être prises régulièrement avec soin à l'entretien.

C'est pour ces raisons que les nouvelles locomotives CC série 20 n'ont plus été équipées de cette solution (ce sont donc des locomotives CoCo).

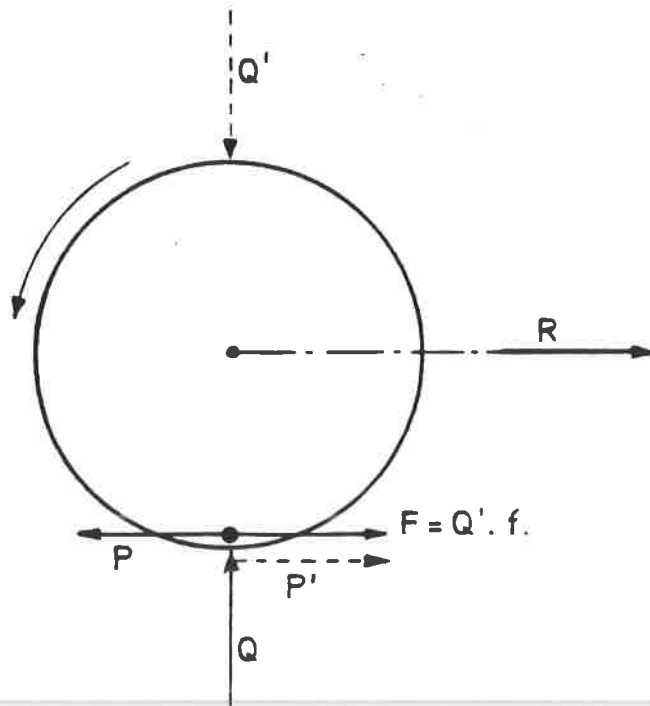


Fig. 28.01

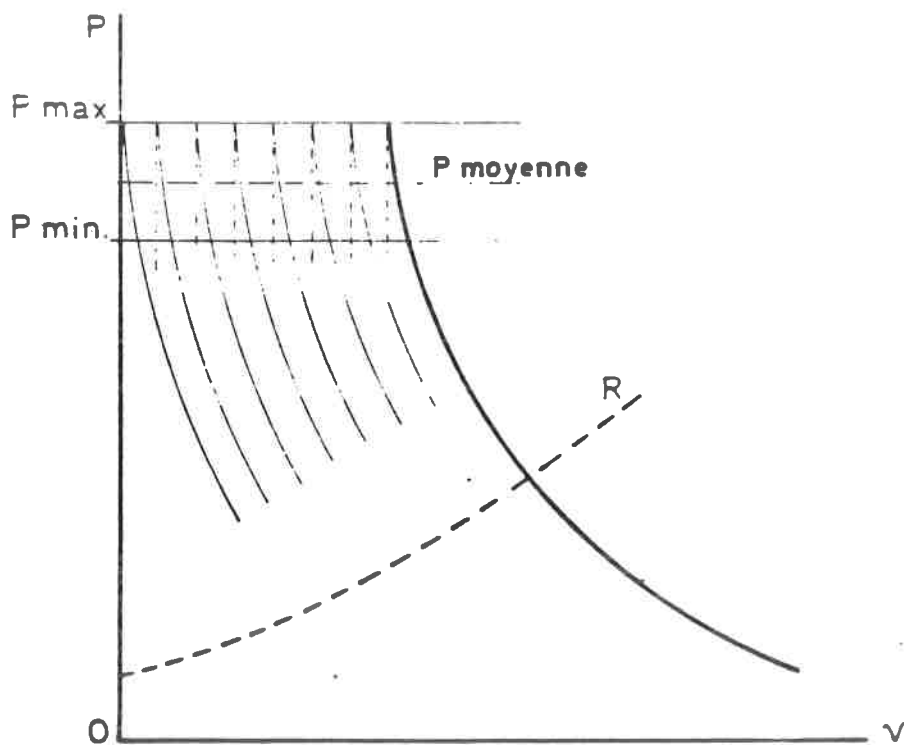


Fig. 28.02

COEFFICIENT D'ADHERENCE GLOBAL
AU MOMENT DU PATINAGE.

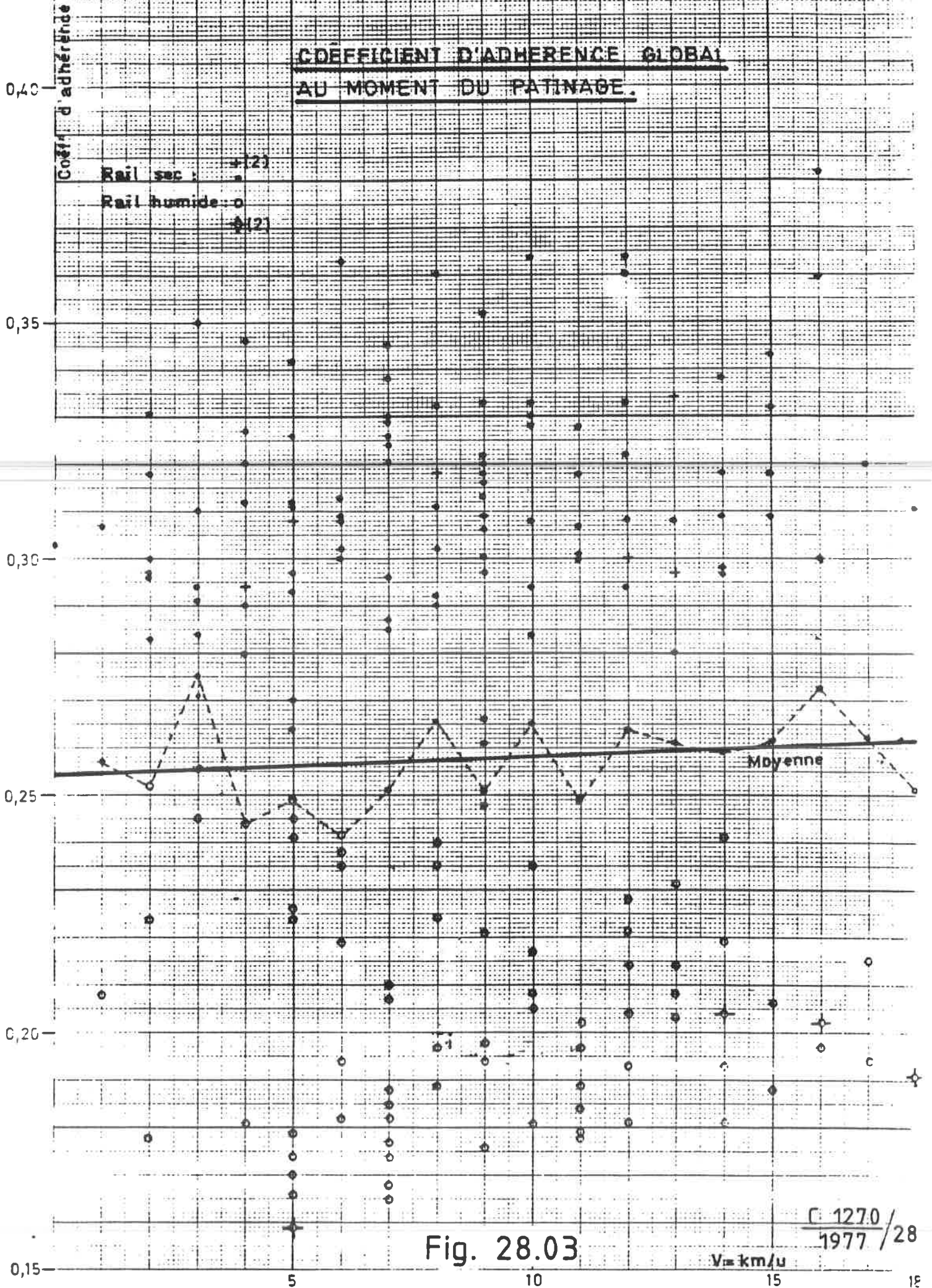


Fig. 28.03

C 1270 / 28
1977

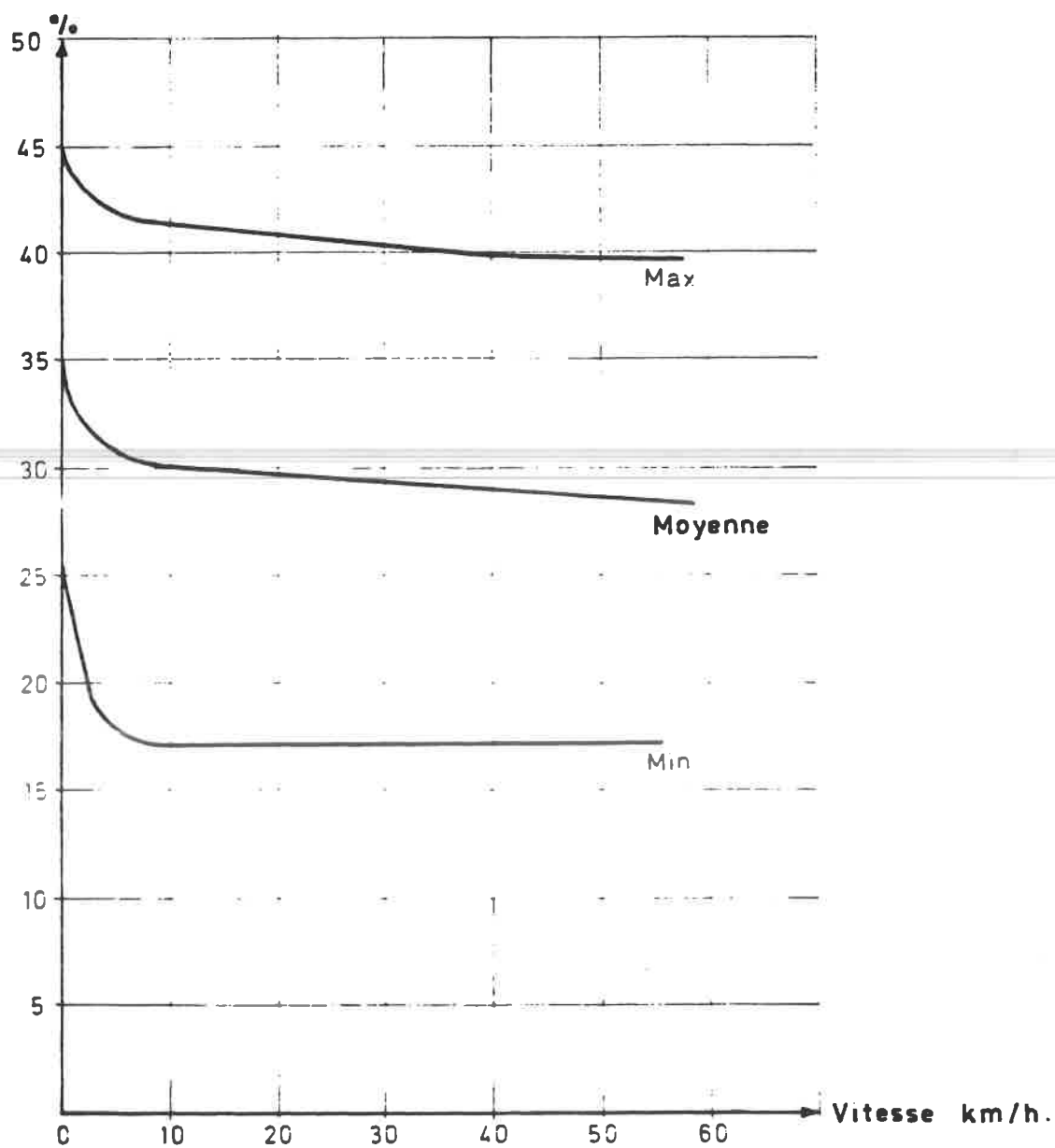
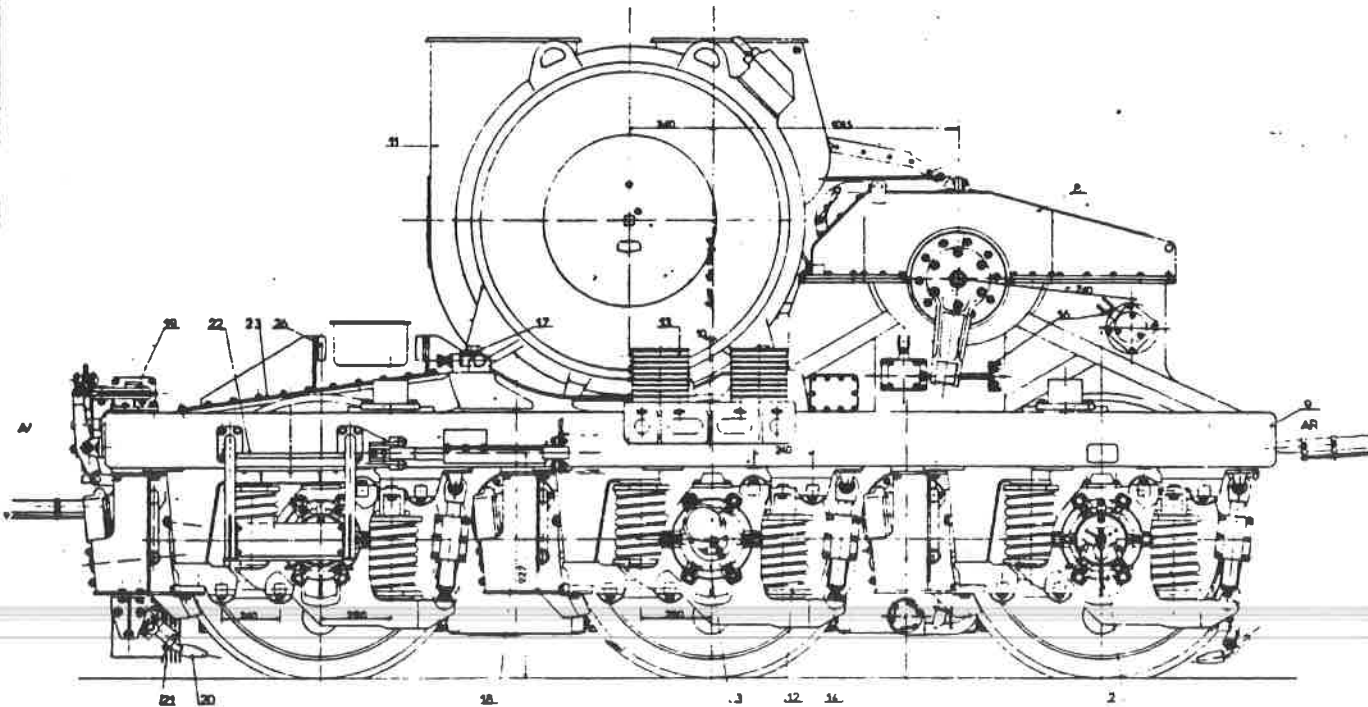
SANS SABLAGE.

Fig. 28.04

VUE EXTERIEURE

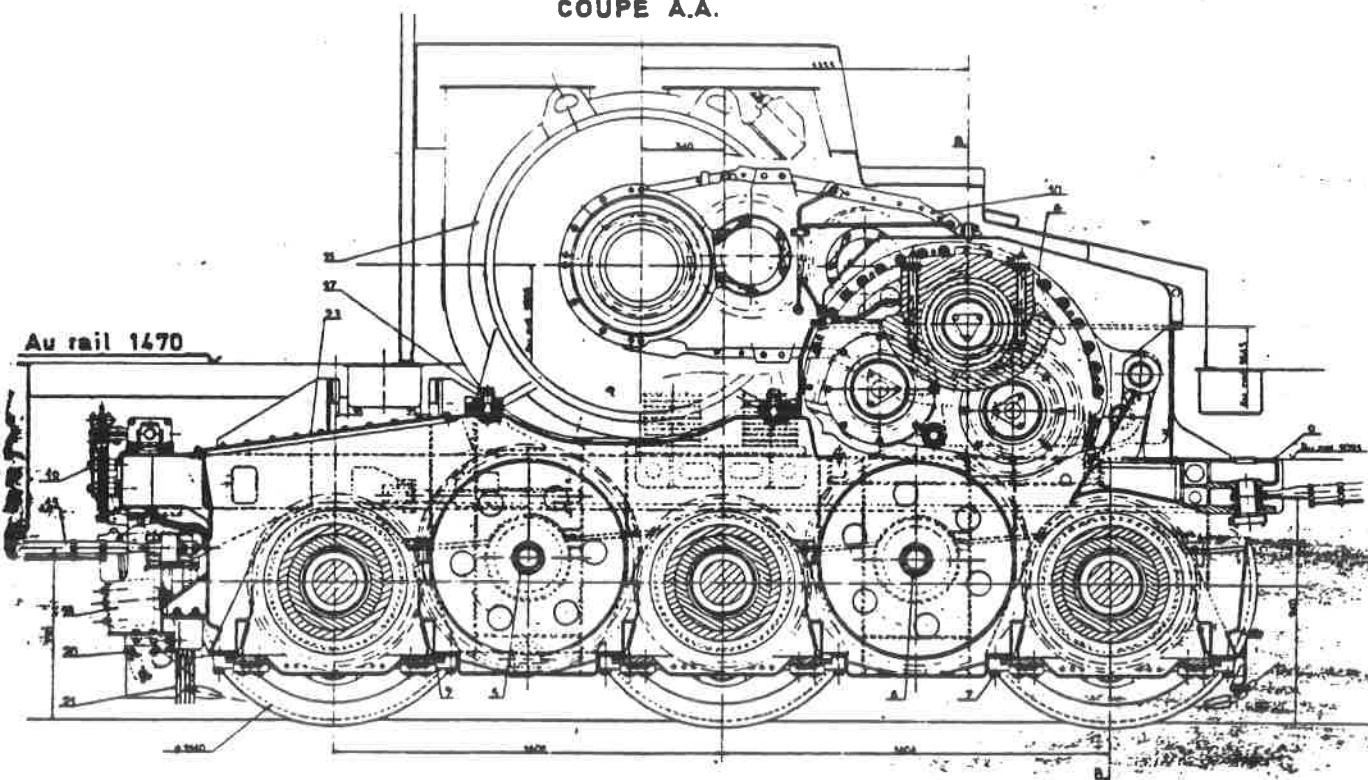


1. Essieu monté.
2. Boîte d'essieu avec retour de courant.
3. Boîte d'essieu avec prise de mouvement.
4. Transmission sur essieu.
5. Montage de roue intermédiaire, côté avant.
6. Montage de roue intermédiaire, côté arrière.
7. Montage du chapeau de palier.
8. Habillage du carter de basculeur.
9. Châssis-Ensemble.
10. Carter latéral.

11. Moteur double de traction.
12. Suspension primaire.
13. Suspension secondaire.
14. Montage des amortisseurs.
15. Traction basse.
16. Verrouillage et basculement.
17. Fixation du moteur.
18. Ensemble de frein à air.
19. Ensemble de frein à main.
20. Sablage et chasse-pierre.

21. Brosse de contact.
22. Marchepied.
23. Fermeture du châssis.
24. Graissage ensemble, basculeur bâti.
25. Graissage ensemble, carter latéral.
26. Montage des butées.
27. Accouplement élastique.
28. Graisseur de boudin.

COUPE A.A.



Au rail 1470

Fig. 28.05

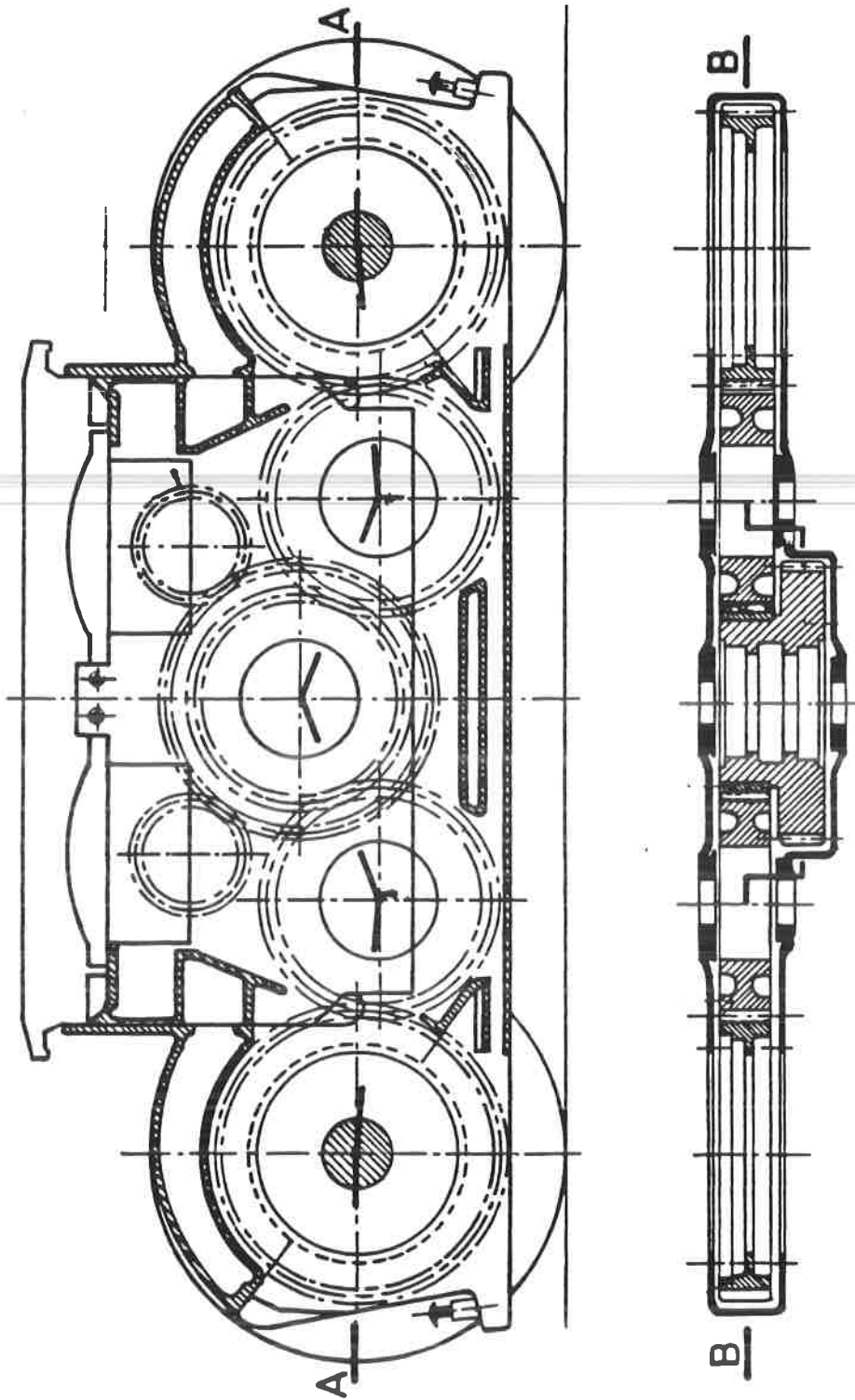


Fig. 28.06

29.1. Inconvénients du couplage série.

Considérons la courbe 1500 V d'un moteur série (fig. 29.1).

Le courant diminue fortement de I_1 à I_2 lors d'un accroissement de vitesse de n_1 à n_2 .

L'alimentation du moteur à tension constante a une influence favorable pour faire arrêter le patinage; en effet lorsque I diminue rapidement, le couple diminue également rapidement ($C = K I.I$).

Ce raisonnement reste valable uniquement pour un moteur alimenté à tension constante (par exemple : via transformateur - pont redresseur). De plus, lors d'un patinage, le dispositif de démarrage ne peut plus progresser, sinon la tension sur le moteur augmenterait et le patinage persisterait.

Considérons maintenant 2 moteurs en série sous 1500 V.

Cette nouvelle courbe "série" est seulement valable pour autant que les deux moteurs ont le même nombre de tours (la même f.c.e.m), cela correspond alors à 750 V par moteur.

Dès qu'un moteur patine (par exemple au point 1), la tension à ses bornes va augmenter et peut même atteindre 1500 V. Nous voyons que cette nouvelle courbe est beaucoup plus "aplatie" que la courbe à tension constante et que le courant dans les moteurs, au point 3, est le double que dans le cas de la courbe 750 V sans patinage (point 4, chaque moteur a un nombre de tours n_2).

Ceci est évidemment un inconvénient pour les capacités d'adhérence.

De la même manière, nous pouvons déterminer l'influence néfaste des résistances de démarrage.

Considérons (fig. 29.2) 4 moteurs placés en série sous une tension de 3000 V avec une résistance de démarrage de 10 ohms ($R_a + R_i$ compris).

Le courant vaut au moment du démarrage $I_0 = \frac{3000}{10} = 300$ A.

Si les 4 moteurs suivent la courbe caractéristique de $R = 10$ ohms, nous pouvons lire qu'il passe, pour une vitesse n_2 , un courant I_2 .

$$I_2 = 150 \text{ A.}$$

On peut à ce moment calculer la f.c.e.m. grâce à la relation

$$150 = \frac{3000 - E}{10}$$

d'où $E = 1500$ V ou 375 V par moteur.

2.

Supposons maintenant qu'un seul moteur patine à la vitesse n_2 (tandis que les 3 autres sont à l'arrêt).

Le courant est maintenant :

$$\frac{3000 - 375}{10} = 263 \text{ A.}$$

Les conséquences en sont doublement néfastes :

1. Le moteur a tendance à continuer à patiner.
2. Le courant dans les autres moteurs est aussi diminué si bien que l'effort total diminue.

Tout se déroule comme si nous éliminions des résistances au moment du patinage (ce qui augmente encore la tension aux bornes du moteur qui patine).

Un dernier inconvénient des résistances de démarrage (au point de vue de l'adhérence) réside dans le fait que leur élimination se fait en escalier de telle sorte que l'effort de traction moyen est plus petit que sa valeur maximum. On peut y remédier en utilisant plus de "crans".

Cet inconvénient disparaît totalement dans l'appareillage à thyristors.

29.2. Démarrage S.P.

L'influence (néfaste) des résistances de démarrage peut naturellement diminuer suivant la façon dont elles sont éliminées, c'est-à-dire suivant l'augmentation de vitesse.

Les conditions d'adhérence seront également améliorées lorsqu'on démarre directement en SP.

En effet, moins il y a de moteurs placés en série, plus verticale sera la courbe suivie lors d'un patinage (ce qui combat ce patinage).

De plus, la diminution de l'effort de traction dans le groupe qui patine sera sans influence sur l'autre groupe-moteur. Les locomotives série 26 sont prévues pour pouvoir démarrer directement en S.P. Comme inconvénient, nous avons un courant de démarrage doublé ce qui pose un problème de captation à l'arrêt.

29.3. Shuntage des inducteurs.

Le couple du moteur est donné par la formule :

$$C = K I \emptyset$$

Lors du démarrage d'une machine classique avec les 4 moteurs en série (fig. 29.3), ce sont les moteurs 1 et 3 qui sont les plus déchargés.

Nous pouvons simplement diminuer le couple de ces 2 moteurs en shuntant leur inducteur (par exemple 50 %), si bien que leur couple devient :

$$C' = K I \frac{\emptyset}{2}$$

Le courant dans les 4 moteurs ne variera pas beaucoup car à ce moment les résistances de démarrage sont insérées dans le circuit.

Dans le couplage SP (fig. 29.4), le shuntage des moteurs 1-3 provoquerait un effet contraire. Nous allons alors shunter les moteurs 2 et 4 ce qui augmentera leur couple (le courant augmente) par rapport au groupe 1-3.

Sur les locomotives 26, la charge des 2 essieux avant est un peu plus petite que celle des essieux 3-4 (cabrage caisse).

Afin de mieux utiliser l'adhérence, nous shuntons ici, en série, le moteur double avant (fig. 29.5) tandis que nous ferons le contraire en couplage SP.

Ces couplages sont réalisés avant le démarrage et ont donc un but préventif.

On appelle cela : "compensation électrique du cabrage caisse".

29.4. Shuntage d'induit.

L'utilisation de l'inducteur comme moyen d'anti-patinage a, lors d'interventions répétées, une mauvaise influence sur la commutation.

La nécessité de la présence des shunts inductifs retarde aussi cette opération_

Par contre, le shuntage de l'induit s'effectue très rapidement, sans inconvénient pour la commutation. Au point de vue mécanique, cette méthode est, par contre, très brutale.

Une résistance est insérée en parallèle sur l'induit (fig. 29.6) au moment du patinage.

Ainsi, on parvient à diminuer très rapidement le courant d'induit (le couple donc également).

En même temps, la résistance en parallèle limite l'augmentation de tension aux bornes du moteur.

Lorsque la f.c.e.m. devient plus grande que la tension appliquée aux bornes, le courant s'inverse dans l'induit. Cela provoque un freinage rigoureux.

Inconvénient.

Cette méthode ne peut seulement être utilisée que brièvement comme moyen d'anti-patinage. En effet, une résistance de shuntage sur un inducteur, peut supporter sans problème, par exemple 200 A.

$$0,05 \times 200^2 = 2 \text{ kW.}$$

Mais placée sur un induit, une résistance de ± 2 ohms développera une puissance de

$$2 \times 200^2 = 80 \text{ kW.}$$

Ceci représente pratiquement une résistance de démarrage et, puisque toute ventilation forcée semble exclue, elle ne pourra rester en service que quelques secondes.

29.5. Schémas spéciaux.

Les 5 premières locomotives série 26 furent considérées comme prototypes dans le but d'étudier l'influence que peut avoir un schéma de traction sur les capacités d'adhérence.

Schéma MRD (2601 et 2602).

A première vue, cette réalisation "moteurs avec double rhéostat" paraît la même que pour les locomotives classiques, sauf que le démarrage est réalisé par un commutateur électropneumatique (fig. 29.7).

Nous avons encore comme particularités :

- contacteurs KE 1-2 et 3-4 (anti-cabrage)
- contacteurs KI 1-2 et 3-4 (anti-patinage)
- contacteur KPE qui après élimination des résistances de démarrage établit un fil d'équilibre entre les inducteurs (à travers une petite résistance).

Cette liaison donne au moteur (après élimination des résistances de démarrage) une caractéristique qui ressemble plus à celle d'une résistance de shuntage, vu que le courant dans les inducteurs ne diminue plus si fortement au cas où un groupe patine (fig. 29.8).

Schéma MRS (2603 + 2606 jusqu'à 2635).

Ce schéma a donné dans la pratique les meilleurs résultats et a été appliqué sur les constructions suivantes (fig. 29.9).

Nous retrouvons ici les mêmes fonction pour les contacteurs KE (anti-cabrage) et KI (anti-patinage) mais le contacteur KPR établit une liaison équipotentielle pour limiter l'augmentation de tension aux bornes d'un groupe-moteur qui patine. En effet, la tension sur les bornes MG et MD doit être la même lorsque KPR est fermé.

Grâce à ce couplage, on obtient de nouveau une caractéristique plus verticale ce qui permet d'étouffer plus vite le patinage.

La généralisation de ce principe est en cours sur toutes les locomotives de la série 26.

Schéma D.

Le schéma D (fig. 29.9) fut appliqué sur les locomotives 2604 et 2605.

Il est caractérisé par le fait que le moteur double 1 et 2 du bogie ~~In~~_{ne} ~~* ne~~ trouve plus dans le même circuit de traction.

Ce système ne paraît pas intéressant dans la pratique.

Remarque: Le schéma MRS a donné dans la pratique les meilleurs résultats, les locomotives 2601 et 2602 (schéma MRD) ainsi que les locomotives 2604 et 2605 (schéma D) ont été modifiées lors de la première grande révision en schéma MRS.

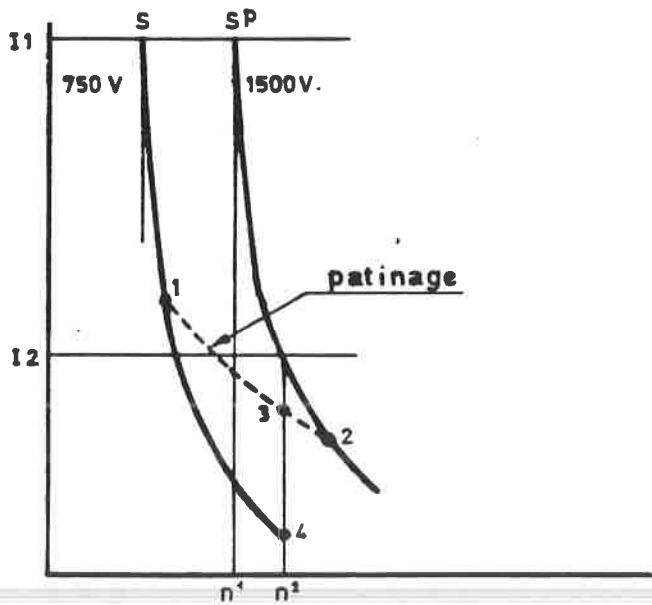


Fig. 29.01

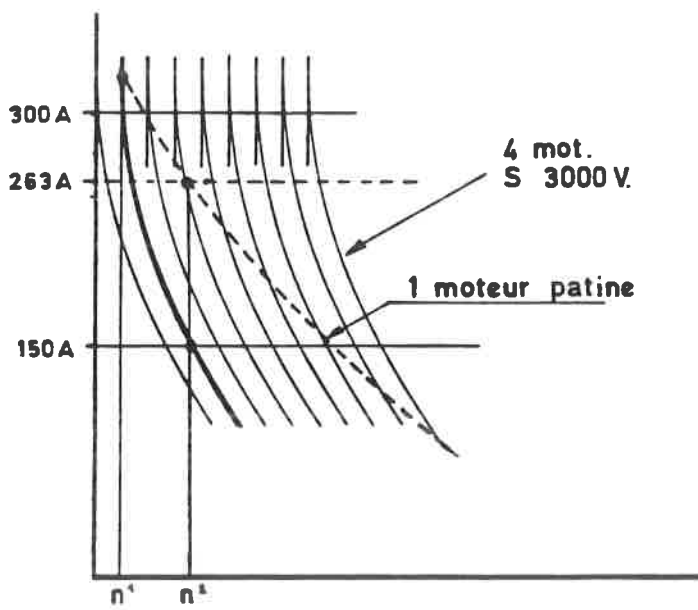


Fig. 29.02

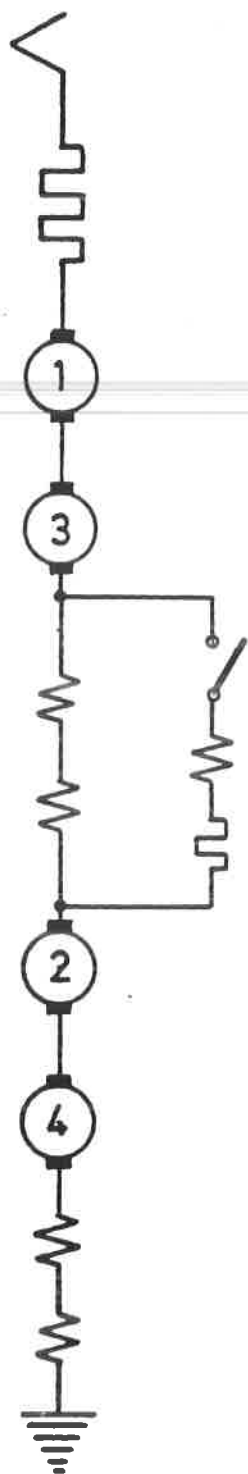
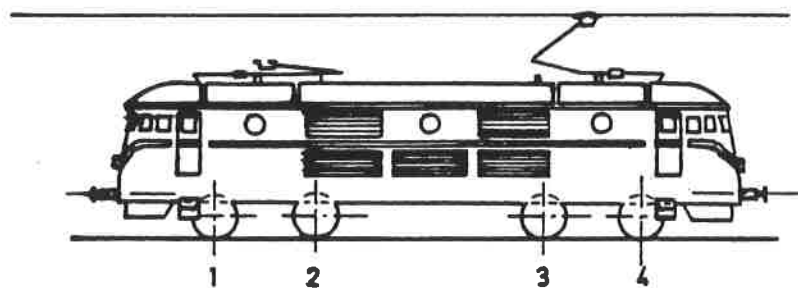


Fig. 29.03

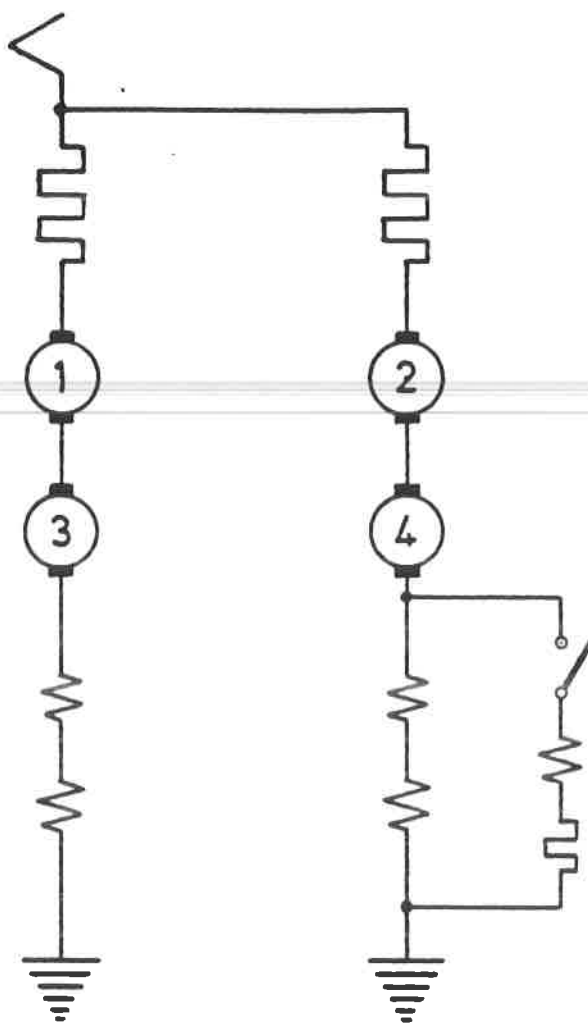


Fig. 29.04

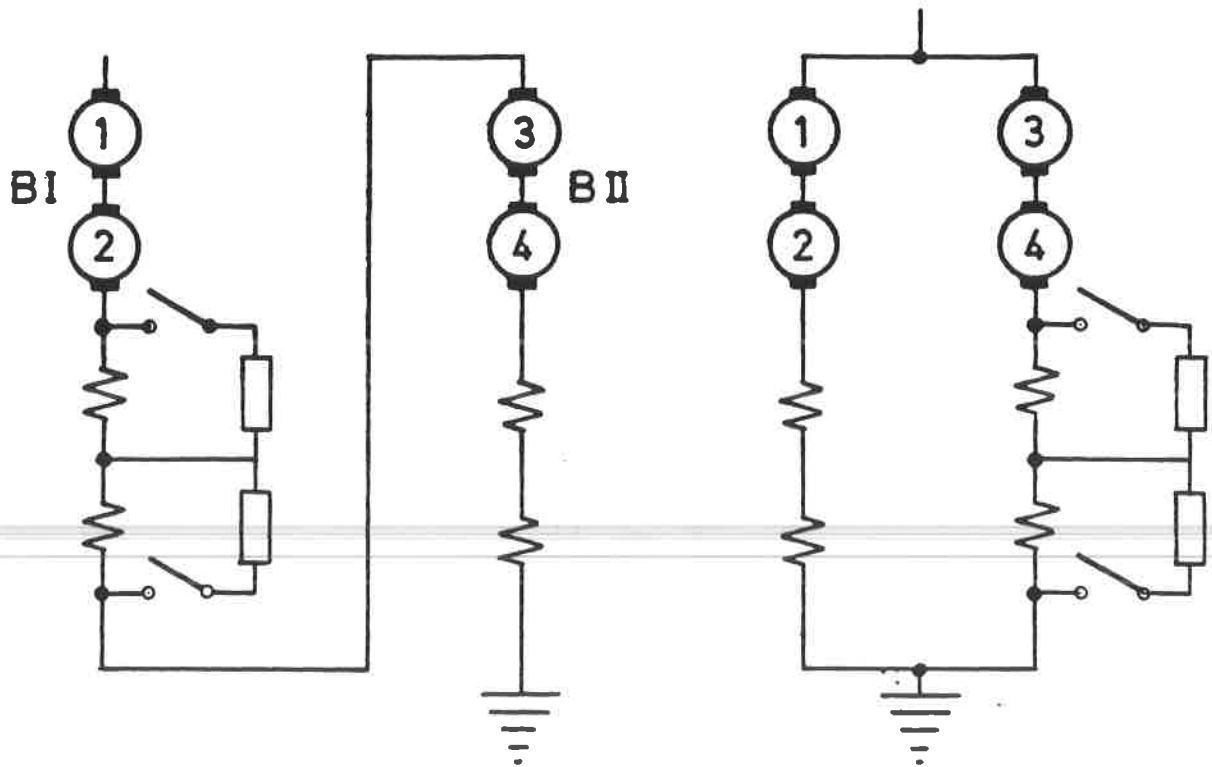


Fig. 29.05

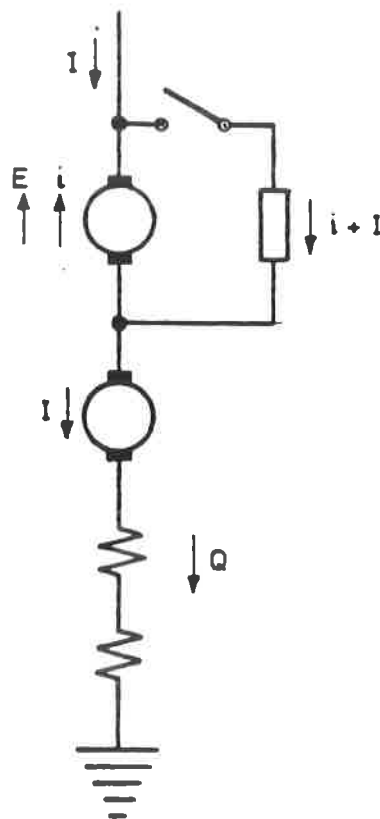


Fig. 29.06

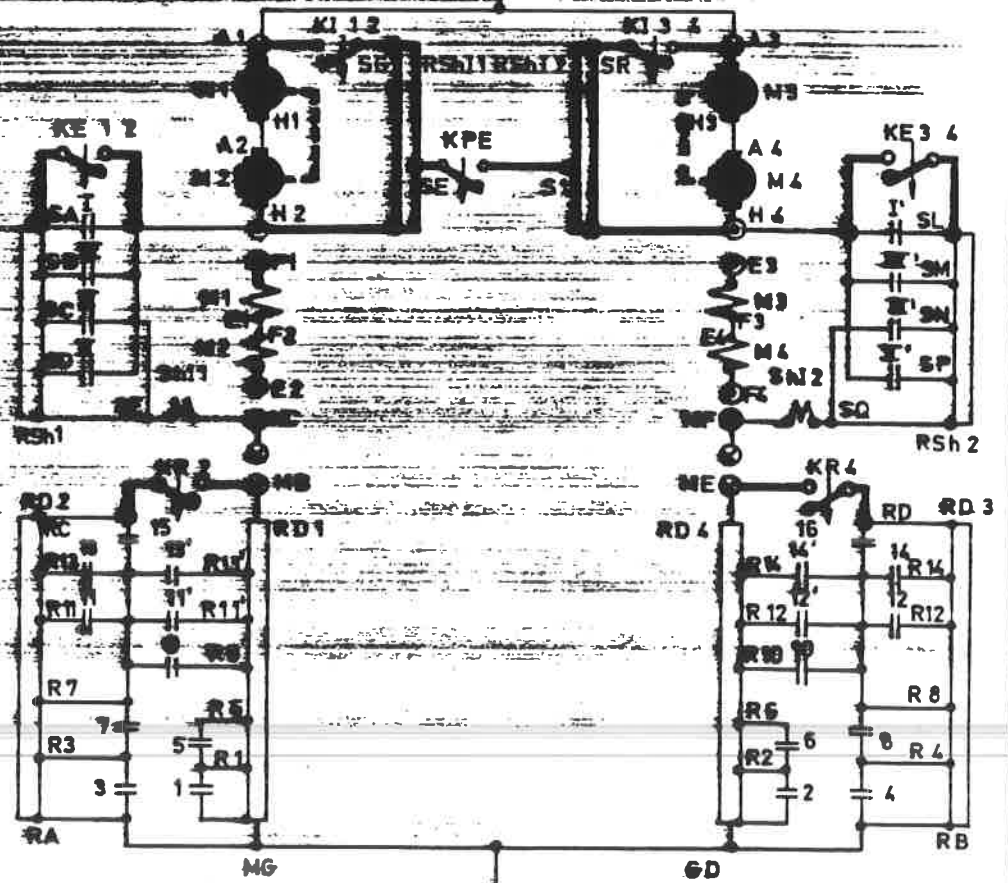


Fig. 29.07

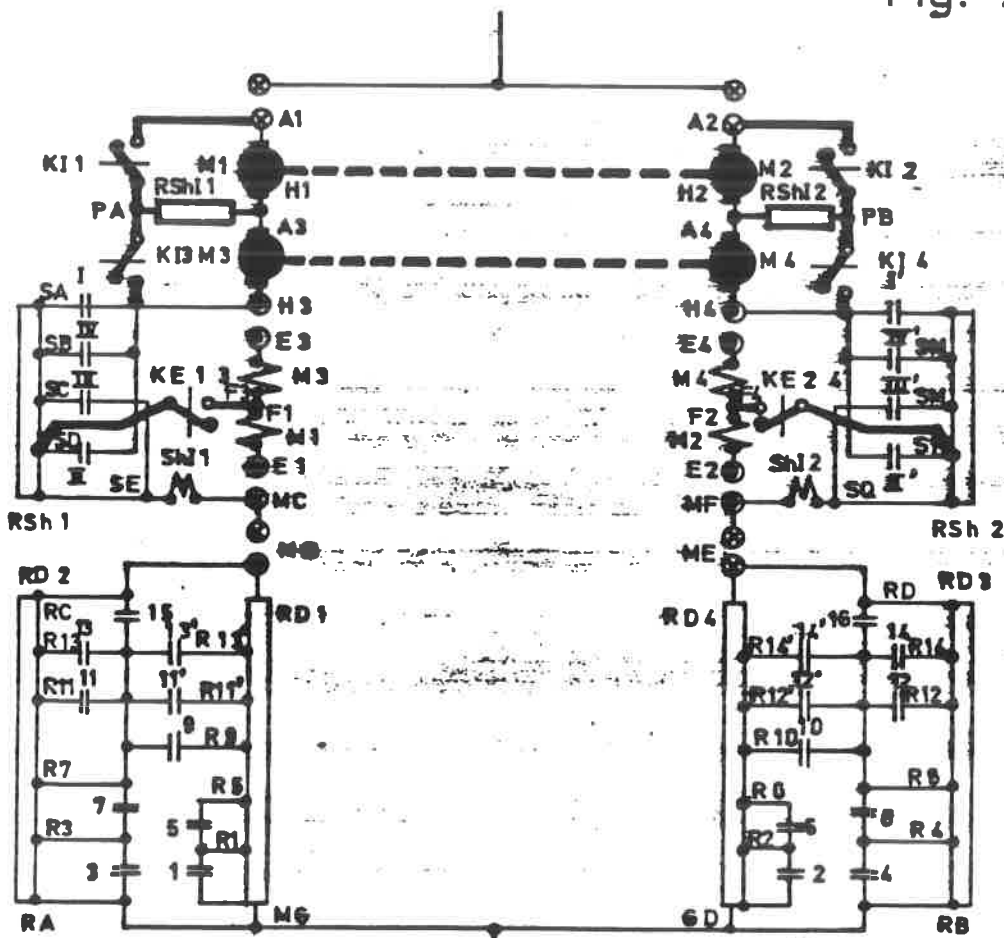


Fig. 29.09

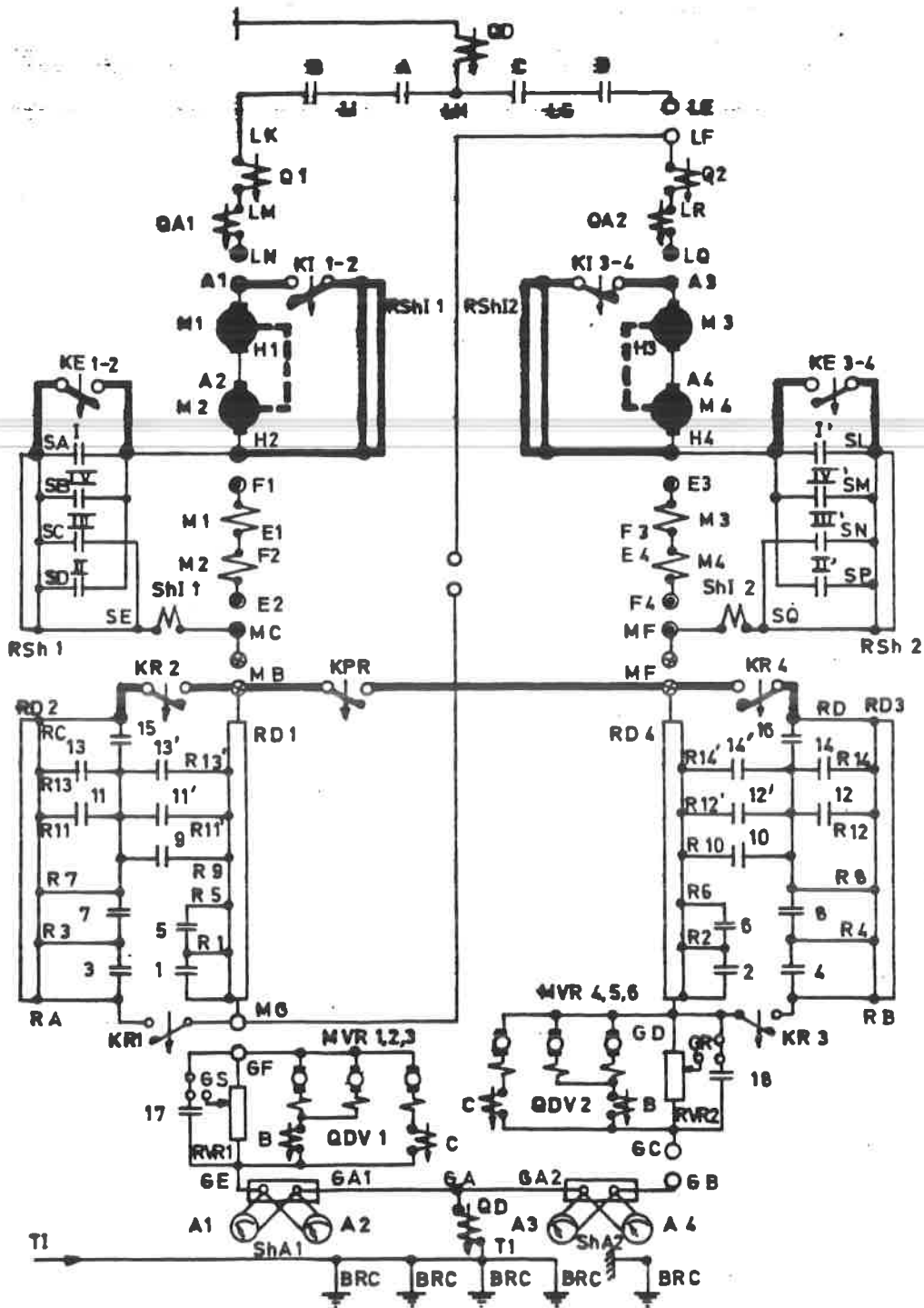


Fig. 29.08

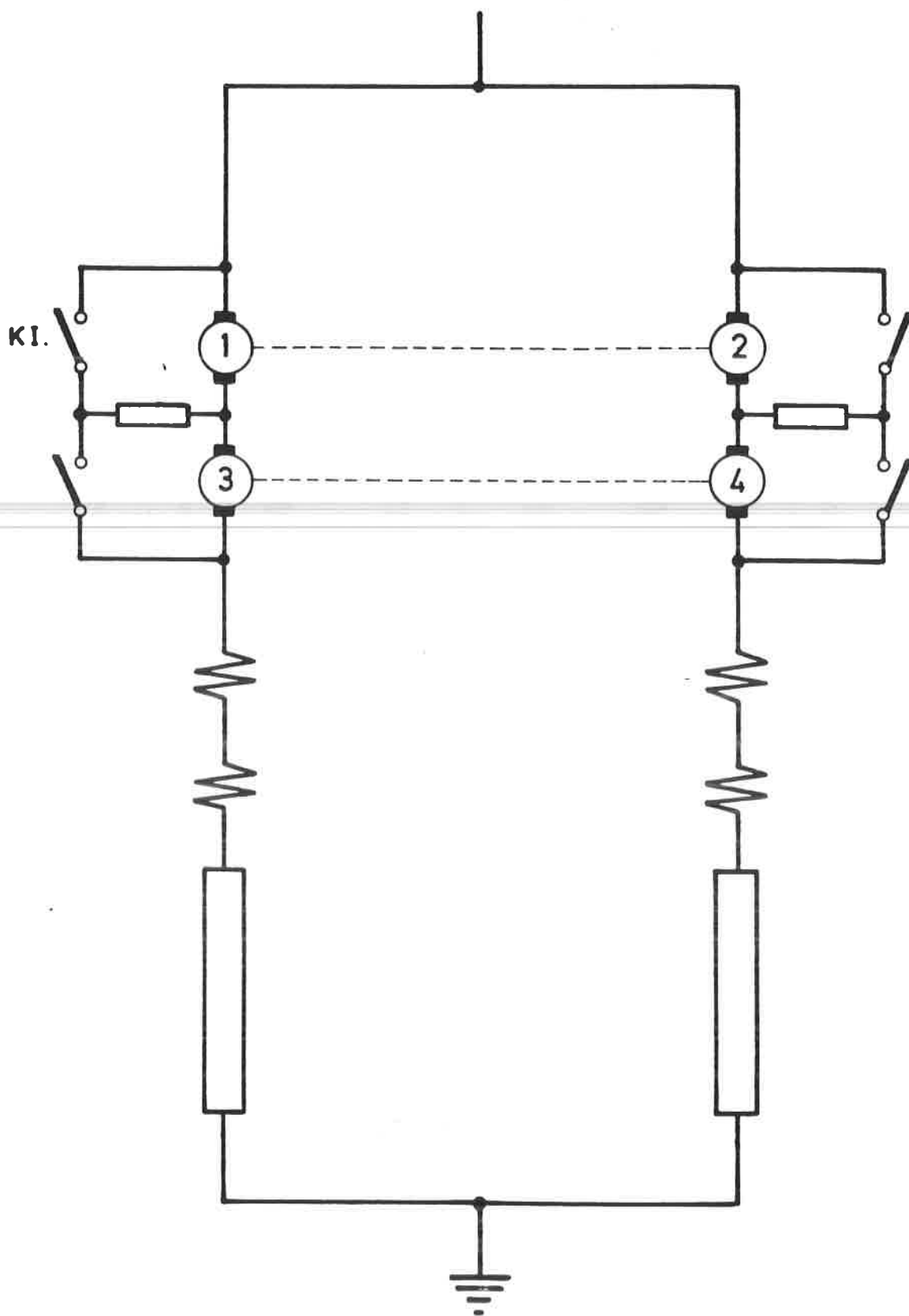


Fig. 29.09

BOGIES3001. Généralités.

Les châssis de bogies sont construits en tôles d'acier soudées AE 242 (A 3750).

La photo fig. 3001 montre un châssis en tôle d'acier soudée d'automotrice types 66 - 70.

Les châssis de bogies des AM 54 - 55 - 56 ainsi que ceux des HLE type 22 sont en acier moulé AM X 50 (fig. 3002). Ils furent les derniers châssis en acier moulé à la SNCB.

3002. Suspension primaire.

L'ensemble de la liaison entre l'essieu et le châssis du bogie constitue la suspension primaire fig. 3003.

L'ancien matériel de traction était équipé de boîtes avec guide permettant le déplacement vertical de la boîte d'essieu. La fig. 3004 représente une boîte d'essieu de locomotive série 29.

Les bogies des AM 54 - 55 - 56 sont munis d'une suspension primaire du type ALSTHOM. La liaison boîte-bogie est réalisée par 2 bielles horizontales munies à chaque extrémité d'une articulation du type Silentbloc fig. 3005.

Depuis 1962 les AM sont munies d'une suspension primaire du type Schlieren. Chaque boîte d'essieu est reliée au châssis du bogie par 2 colonnes de guidage coulissant dans des pots contenant de l'huile et solidaires de la boîte. Le tout permet les déplacements verticaux et l'amortissement est réalisé par le passage forcé de l'huile dans une plaque percée de trous.

Les ressorts sont concentriques aux colonnes.

3003. Liaison entre bogies.

Pour améliorer l'inscription en courbe des bogies et ainsi réduire l'usure des boudins des roues, sur certaines locomotives les châssis des bogies sont reliés entre eux au moyen de triangles comportant un dispositif élastique (fig. 3007).

On doit toujours essayer de concentrer au maximum les masses autour de l'axe de symétrie transversal pour améliorer la stabilité de marche contre les mouvements de lacet du bogie.

2.

3004. Suspension secondaire.

Type Pennsylvania (fig. 30.08).

La caisse munie d'un pivot repose sur la traverse danseuse par une crapaudine centrale qui reprend tout le poids.

De part et d'autre de la crapaudine, 2 patins limitent l'inclinaison de la caisse en courbe.

La traverse danseuse repose par l'intermédiaire de ressorts à lames semi-elliptiques ou de ressorts hélicoïdaux sur 2 sommiers pendus au châssis du bogie par des bielles. Celles-ci permettent les oscillations transversales de la caisse.

Type Schlieren (fig. 30.09 + fig. 30.10).

Cette suspension est appliquée depuis les AM type 54.

La caisse, munie d'un pivot, repose sur la traverse danseuse au moyen de 2 appuis latéraux à bain d'huile. Dans ce cas le pivot ne reprend aucune charge. La traverse repose sur 2 sommiers reliés entre eux et suspendus au châssis du bogie par des anneaux par l'intermédiaire de ressorts hélicoïdaux. Les mouvements verticaux et transversaux sont amortis par des amortisseurs hydrauliques.

Dans le cas du bogie des AM 54 - 55 - 56, l'entraînement du bogie par la caisse se fait au niveau du châssis du bogie. Cette conception est préjudiciable à l'adhérence.

Les AM à partir de 1962 ont une suspension secondaire du type Schlieren où l'entraînement se fait au niveau des essieux ce qui évite le cabrage des bogies.

3005. Locomotives types 22 + 25. (fig. 30.11).

Ces locomotives ont des bogies du type "Winterthur".

L'entraînement de la caisse se fait au niveau des essieux pour améliorer l'adhérence.

La caisse repose sur la traverse n° 6 qui repose par l'intermédiaire de 2 appuis latéraux à bain d'huile sur la traverse n° 8 qui est pendue au châssis du bogie par l'intermédiaire des ressorts n° 11 à des anneaux doubles.

La rotation de la caisse par rapport au bogie se fait par la rotule 7, l'entraînement étant réalisé entre le pivot n° 4 et la traverse n° 6.

C 1270
1980/30

3006. Locomotives série 26.

Les essieux sont reliés au moyen de sommiers en col de cygne. Le châssis du bogie repose sur eux-ci par l'intermédiaire de ressorts hélicoïdaux tandis que les amortisseurs sont du type à friction.

L'entraînement sommiers-châssis se fait par 2 bielles horizontales munies de silentblochs permettant les déplacements verticaux de la suspension primaire.

La suspension transversale secondaire est constituée de blocs caoutchouc interposés entre le châssis du bogie et la caisse. Les oscillations transversales sont amorties par un amortisseur hydraulique. La suspension secondaire n'intervient pas dans les oscillations verticales.

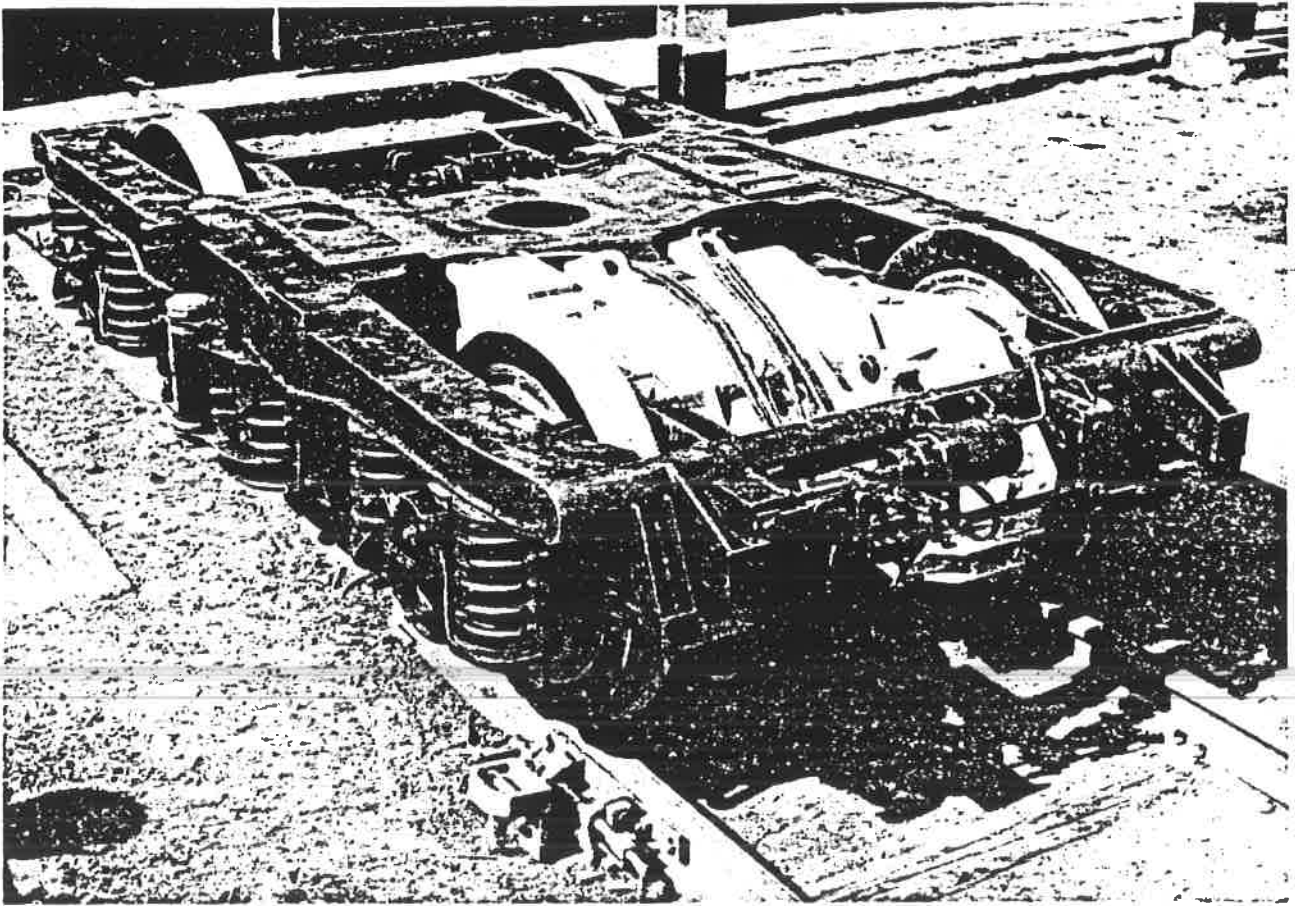


Fig. 30.01.

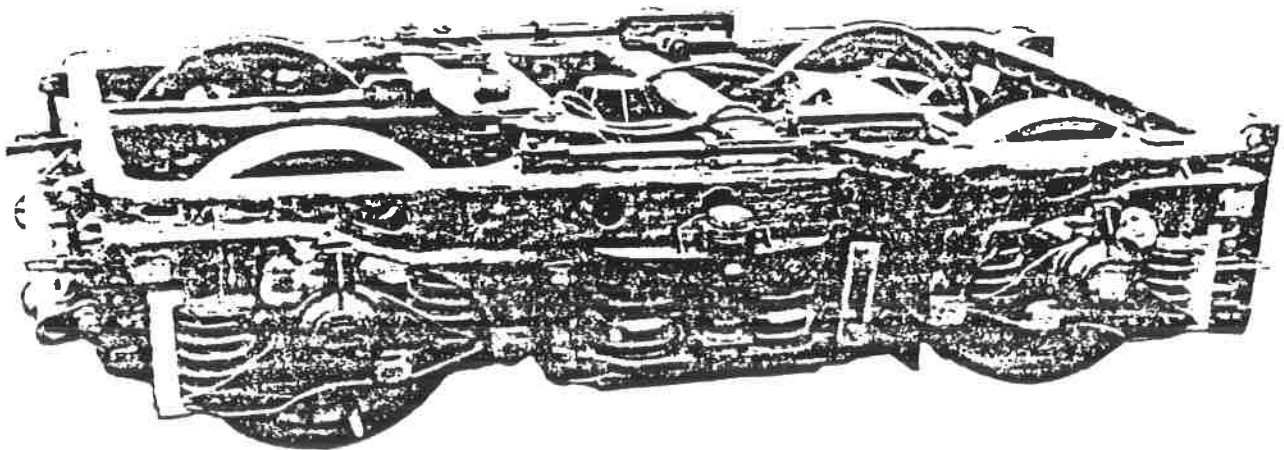


Fig. 30.02.

C 1270 / 30
1980

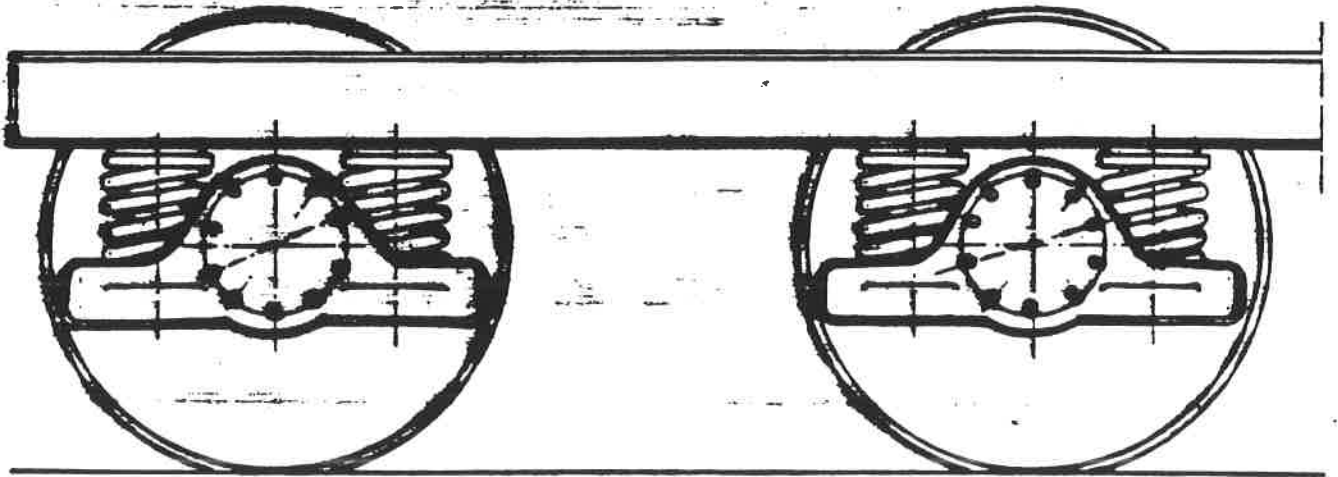


Fig. 3003

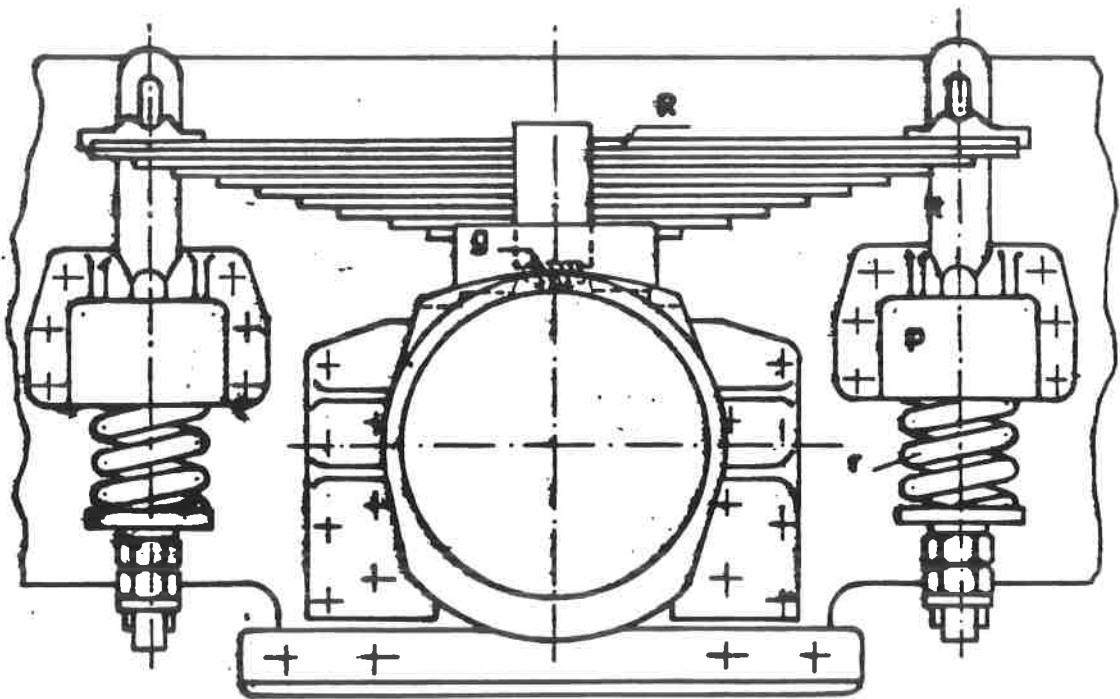


Fig. 3004

C 1270/3
1980

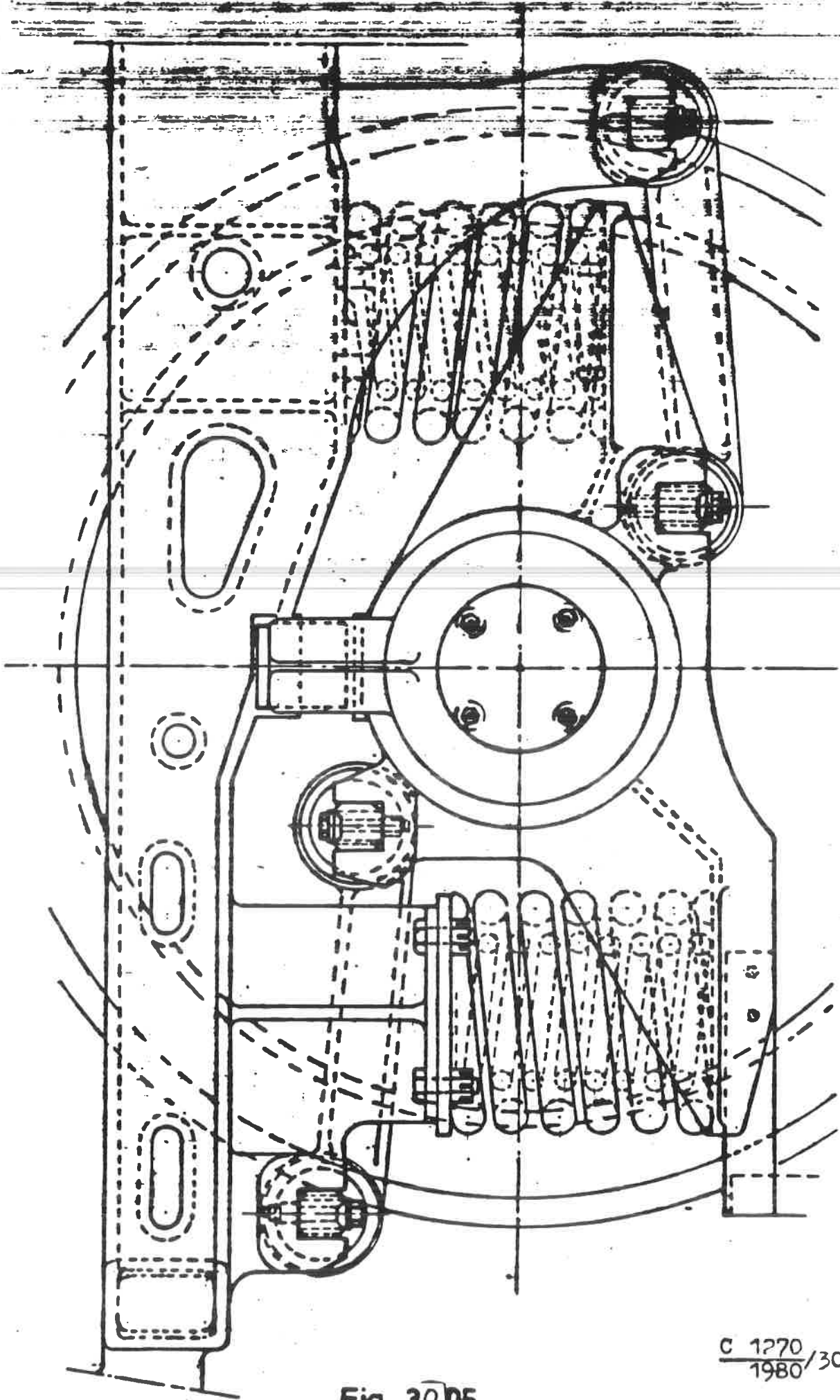


Fig. 30.05

C 1270
1980/30

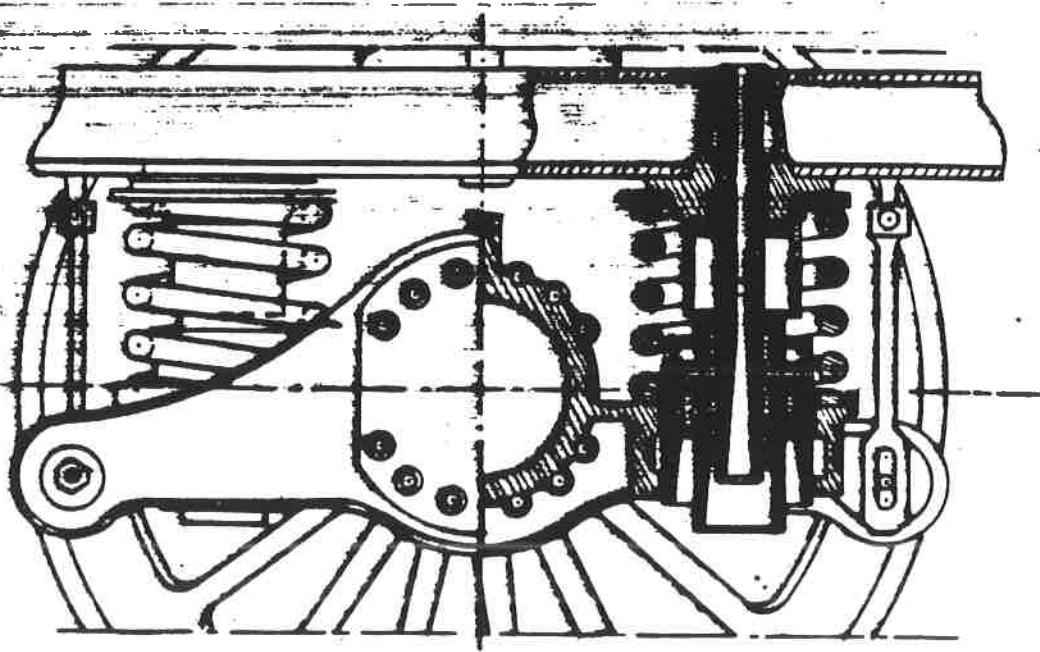
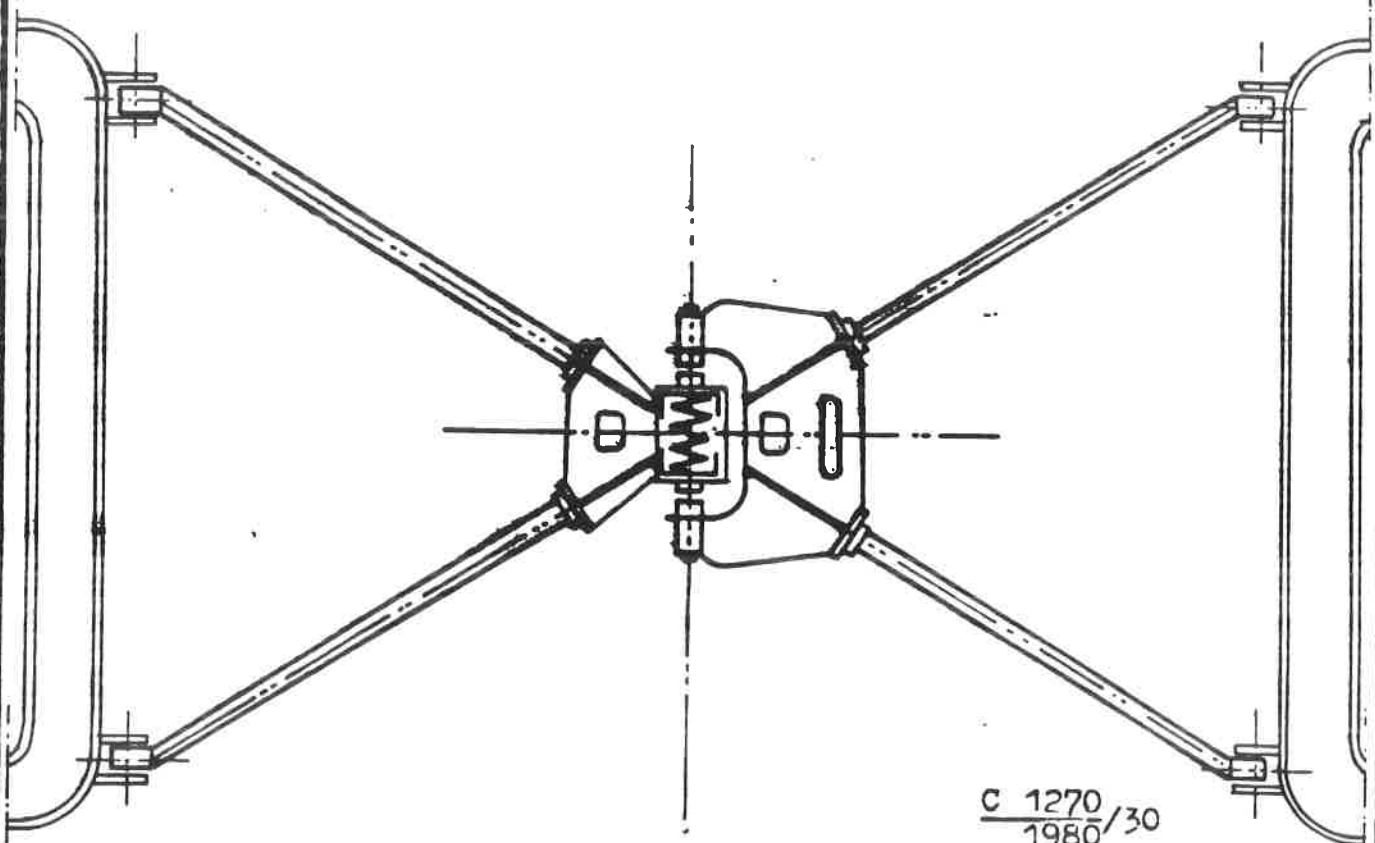


Fig. 30.06

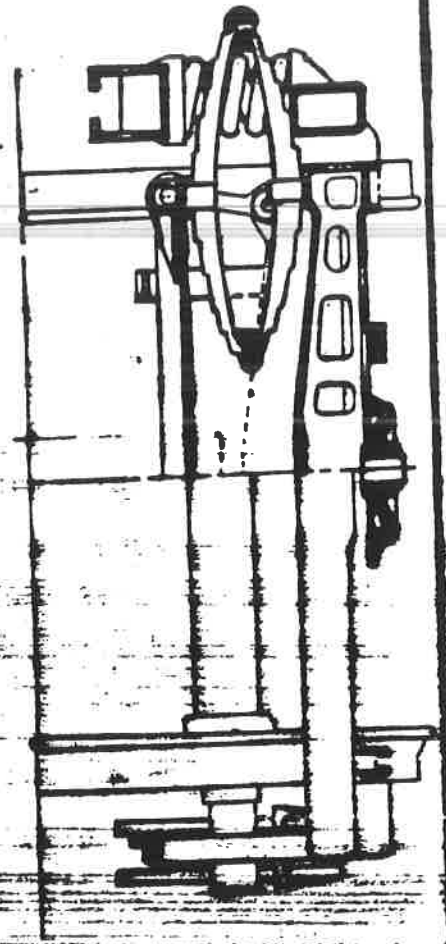
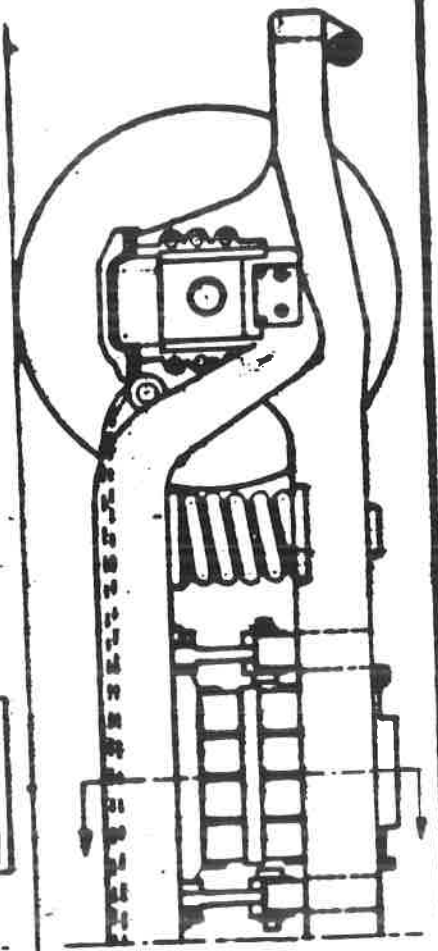
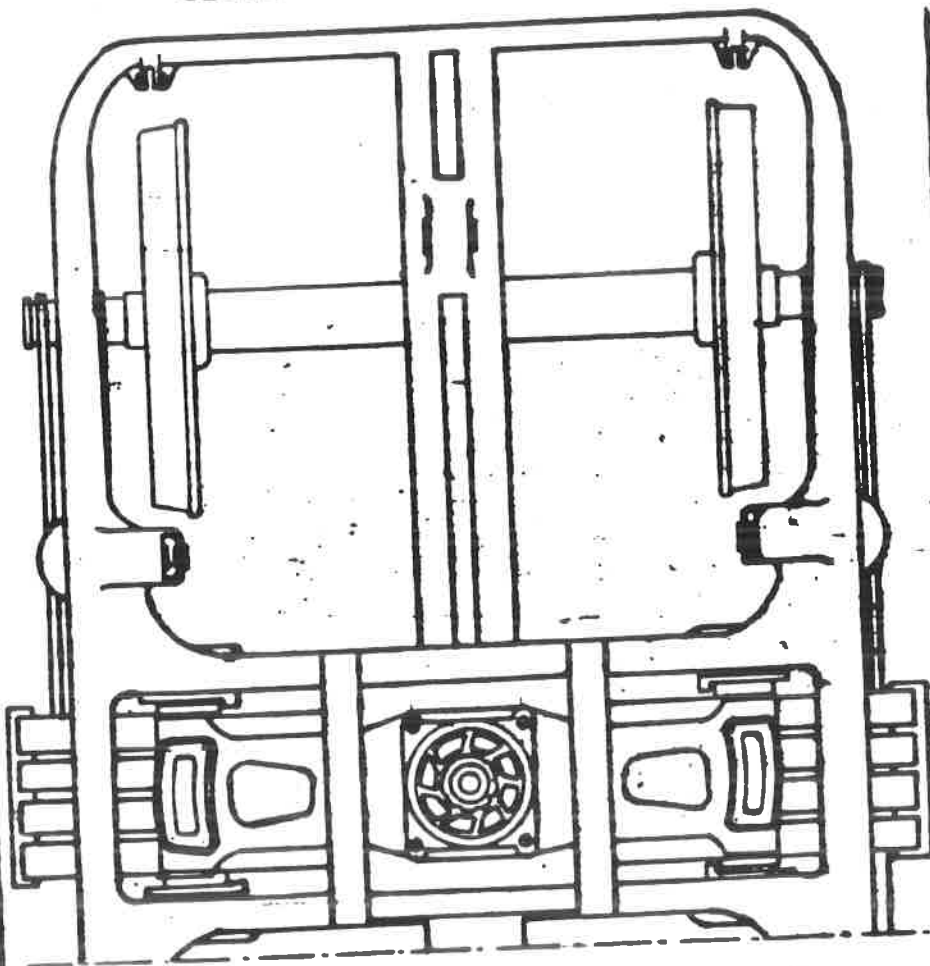


C 1270/30
1980/30

Fig. 30.07

Fig. 30.08

C1270/30
1980



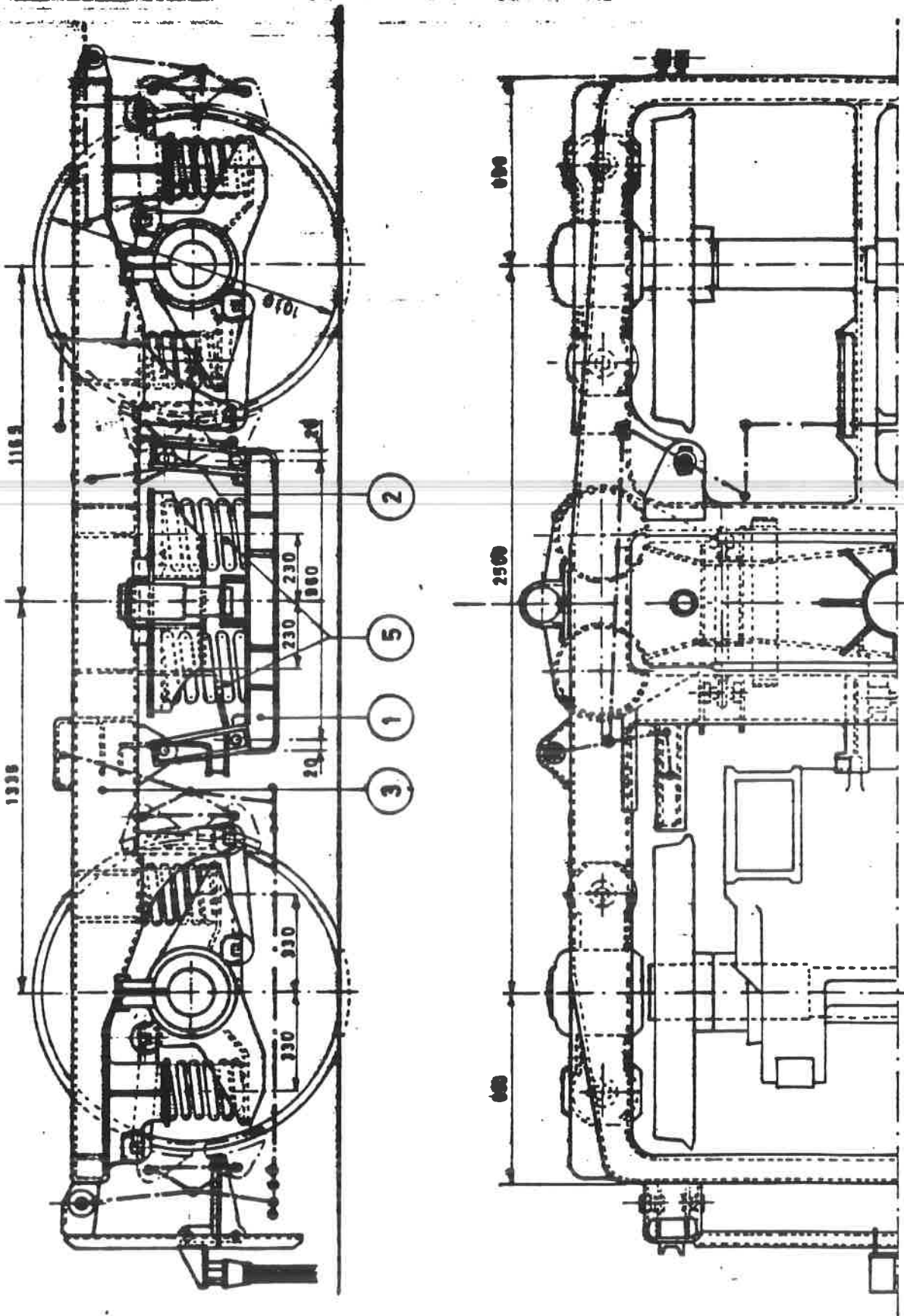


Fig. 30.09

C 1270
1980/30

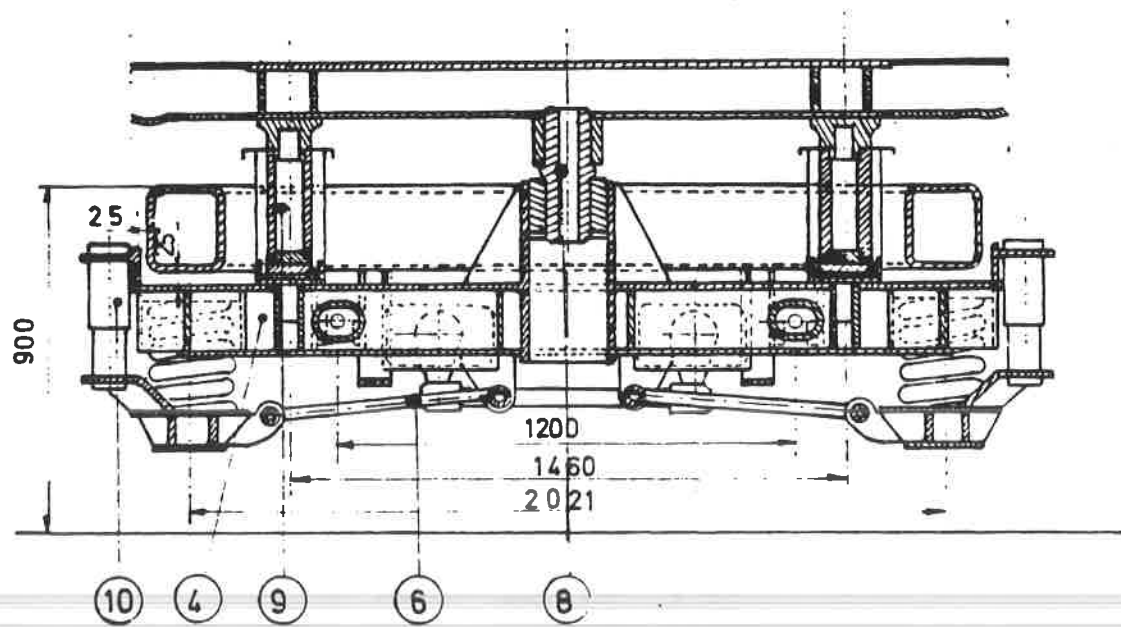


Fig. 30.10

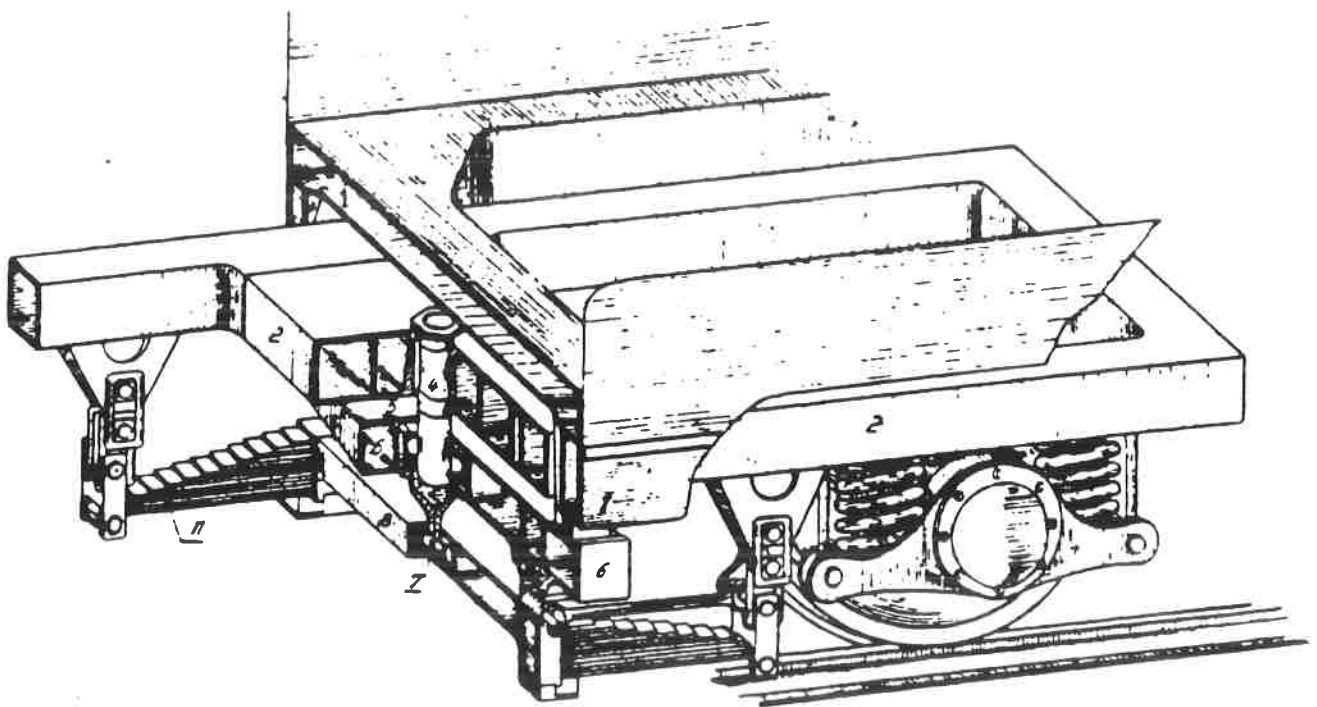


Fig. 30.11

G 1370
1980/30

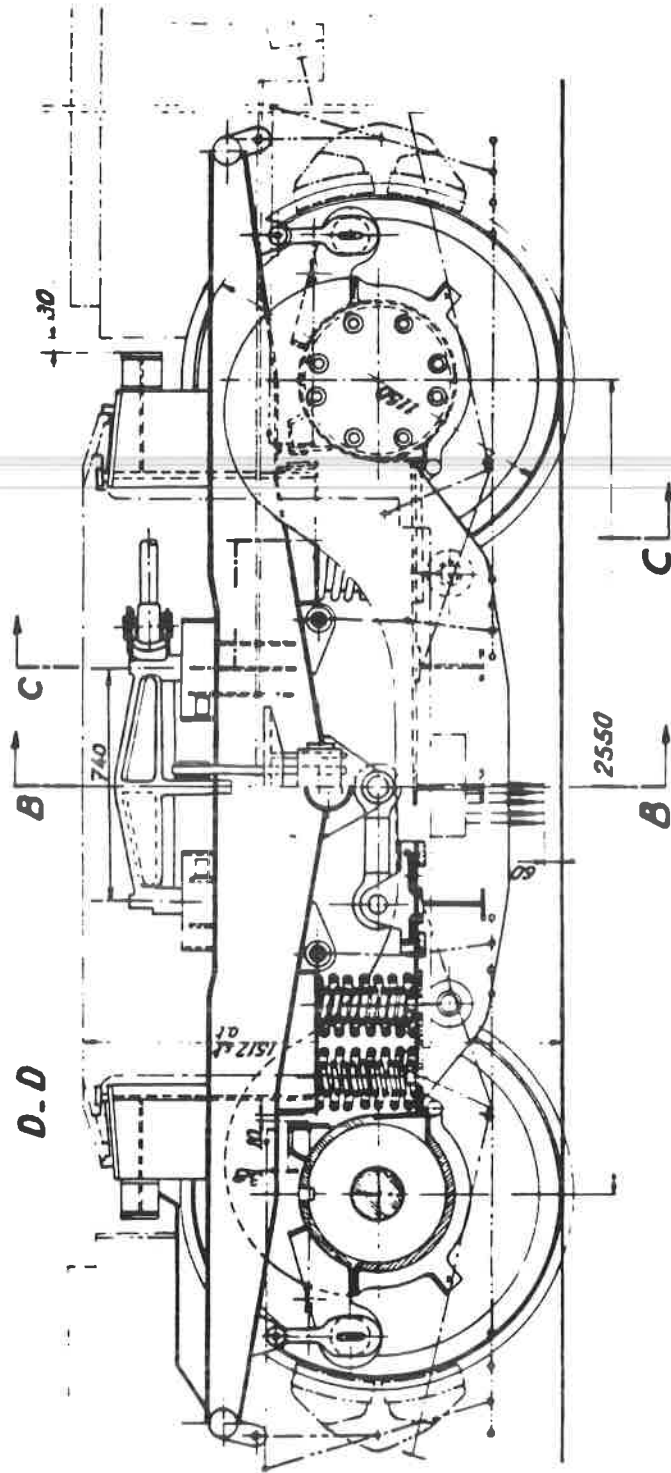


Fig. 30.12

1988/30

Veille automatique.31.1. Généralités.

Le principe de la veille automatique (VA) est simple.

En cas de suppression du contrôle du conducteur, la conduite générale du frein automatique doit être mise à l'échappement. On pense en premier lieu à des cas comme syncope, malaise cardiaque, etc...

C'est pourquoi ce système a été appelé "homme mort" antérieurement (fig. 31.1).

Une pédale devait être constamment enfoncée, sinon un échappement d'air se produit au réservoir de temporisation si bien qu'après 4" la conduite est mise à l'atmosphère.

La valve d'urgence travaille comme suit :

La diminution de pression sur la face supérieure du piston provoque son soulèvement de telle sorte que la conduite du frein automatique est ainsi mise directement à l'atmosphère.

Lorsque l'échappement d'air se produit par inadvertance, le conducteur peut l'arrêter en appuyant sur la pédale ou sur le manipulateur (ou encore en ramenant l'inverseur à 0).

A ce moment, le réservoir de temporisation se remplit à nouveau via un orifice calibré et après quelques secondes, le piston est repoussé vers le bas ce qui interrompt la liaison avec l'atmosphère. La conduite est à nouveau remplie.

Inconvénients de ce système.

L'expérience a montré qu'une personne peut être inconsciente ou morte tout en appuyant son pied sur la pédale.

L'augmentation de la force du ressort serait néfaste pour le conducteur (crampes dans la plante des pieds).

Afin de remédier à cet inconvénient, on a cherché un système où la pédale est pourvue d'un contact électrique et où l'échappement de l'air est commandé par une électrovalve (inverse).

Ce système fut amélioré par la suite par l'introduction d'un relais temporisé de 60" qui oblige le conducteur de lâcher et de réenfoncer la pédale toutes les minutes.

L'augmentation des vitesses permises a conduit aux constatations suivantes :

2.

Si le contrôle du conducteur disparaît juste après un réarmement, un train lancé à 140 km/h parcourt encore plus de 2 km avant que la VA n'entre en action.

A cela il faut encore ajouter 3 ou 4" avant que la conduite ne se vide.

Aussi, il a été décidé d'adopter une pédale à équilibre qui entre immédiatement en action si le conducteur tombe inconscient (3 ou 4" plus tard, la conduite se vide).

31.2. Description système automotrices (fig. 31.2).

La veille automatique comprend :

- une valve pour freinage d'urgence;
- un réservoir de temporisation;
- une valve pilote commandée par la manette d'inversion;
- une pédale à trois positions qui commande :
 - 1) l'excitation de l'électrovalve inverse en position d'équilibre;
 - 2) le relais temporisé 60", RR60, qui est réarmé en position "en bas";
 - 3) la non excitation de l'électrovalve inverse en position "libre";
- un limiteur de temps;
- une électrovalve inverse (normalement ouverte);
- un ronfleur;
- une liaison pneumatique avec le sifflet Télloc qui déclenche le dispositif de veille automatique lors du franchissement d'un signal avertisseur fermé muni d'un crocodile.

Lorsque la manette d'inversion se trouve en position "AVANT" ou "ARRIERE", le réservoir pneumatique est ouvert.

Vu que l'électrovalve n'est pas excitée, elle permet la vidange du réservoir à travers le sifflet ce qui provoque après 4 secondes l'échappement de l'air de la conduite automatique à travers la valve d'urgence.

Afin de neutraliser l'intervention de la veille automatique, le conducteur doit :

- 1) réarmer le relais RR60 en poussant un instant la pédale en position "enfouée";
- 2) exciter l'électrovalve inverse EVI en ramenant et en gardant la pédale dans la position d'équilibre;
- 3) réarmer le relais RR60 toutes les 60".

Si ce réarmement n'a pas lieu, le circuit qui alimente EVI est interrompu et l'air s'échappe à travers le sifflet. A partir de ce moment, le conducteur dispose encore de 4" pour réarmer et ramener la pédale en position d'équilibre.

Si pour l'une ou l'autre raison le conducteur lâche la pédale, celle-ci se place immédiatement en position libre, le courant alimentant l'électrovalve inverse est interrompu.

Quatre secondes plus tard se produit le freinage du train suite à la diminution de pression dans la conduite automatique.

En même temps, le control-switch interrompt la traction par déclenchement des rupteurs de ligne.

L'échappement de l'air hors de la conduite automatique se produit via la valve d'urgence après quelques secondes ($\pm 4''$).

La pression du côté du réservoir de la valve d'urgence devient si grande que le piston de la valve d'urgence est soulevé par l'air de la conduite du frein automatique tout en comprimant le ressort. A partir de ce moment, la conduite se vide par l'ouverture O et les freins s'appliquent (fig. 31.03).

Lors du remplissage de la conduite du frein automatique en supprimant l'échappement de l'air à l'atmosphère (en plaçant la manette d'inversion en position O ou en ramenant la pédale en position d'équilibre après avoir réarmé pour 60"), le piston de la valve d'urgence reste encore soulevé pendant quelques instants par l'air de remplissage. L'air continuera à s'échapper par l'ouverture O.

Vu que l'équilibre des pressions sera rétabli à travers l'ouverture calibrée e, le piston appuiera finalement de nouveau sur son siège de telle sorte que la vidange de la conduite du frein automatique sera arrêtée.

Lors du franchissement d'un signal avertisseur fermé muni d'un crocodile, l'excitation d'une bobine, placée dans le Télloc et commandée par la brosse de contact, provoque l'échappement de l'air de la conduite du frein automatique à travers le sifflet Télloc.

Si le conducteur ne réenfonce pas le bouton-poussoir endéans les 4 secondes, les freins entrèrent en action comme décrit ci-dessus.

31.3. Description système locomotives.

Le relais temporisé de veille automatique comprend :

1. Un relais temporisé pneumatique avec un retard de 60" au déclenchement RR60; un relais temporisé magnétique avec un retard de 4" au déclenchement RHM4 et un relais auxiliaire du relais RHM4: RAHM.

- 4.
2. Une pédale devant être maintenue en position d'équilibre par le conducteur et qui doit être enfoncée un court instant toutes les 60 secondes pour réarmer le dispositif (le conducteur en est prévenu par un ronfleur).

Lorsque la pédale est maintenue plus de 4" en dehors de la position d'équilibre, le dispositif entre en action.

La pédale est pourvue de 3 contacts électriques :

- contact A : ce contact, fermé en position d'équilibre, est placé dans le circuit de RHM4, via les contacts fermés de RR60. Lorsque RHM4 est excité, RAHM l'est également de telle sorte que le DUR peut être fermé d'une part et que les 2 électrovalves inverses sont alimentées d'autre part;
- contact B : ce contact permet, dans la position d'équilibre, d'alimenter le ronfleur lors du déclenchement du RR60;
- contact C : ~~fermé en position "enfoncée" afin de permettre le réarmement du RR60.~~

La position d'équilibre est signalée mécaniquement par un léger cran.

3. Une valve-pilote, commandée par la manette d'inversion du manipulateur.
4. Un réservoir de temporisation.
5. Une valve d'urgence.
6. Une électrovalve inverse qui lorsqu'elle n'est pas excitée, vidange le réservoir de temporisation de telle sorte que via la valve d'urgence, la conduite automatique est mise à l'atmosphère.
7. Un robinet d'élimination plombé (en position ouverte).
8. Un interrupteur d'élimination I5 ainsi qu'un fusible de protection fDHM.

Fonctionnement.

Lorsque la manette d'inversion est placée en position de marche, la valve-pilote laisse échapper l'air hors du réservoir de temporisation via l'électrovalve inverse.

Afin d'empêcher cela ainsi que le déclenchement du DUR, le conducteur doit brièvement enfoncer complètement la pédale (endéans les 4"), puis la maintenir en position d'équilibre.

Ainsi, le relais RR60 est fermé pour 60". Lorsqu'après 60" le ronfleur va fonctionner, le conducteur doit à nouveau enfoncer la pédale sinon après 4", RHM4" déclenche et interrompt l'alimentation de RAHM.

Le DUR déclenchera, EVHM 1-2 ne seront plus excitées et la conduite de frein se vidangera.

La même chose se produira si la pédale reste en position enfoncée au lieu d'être ramenée en position d'équilibre.

Pour éliminer le dispositif, il faut tourner l'interrupteur I6 et fermer le robinet d'élimination.

Le système de veille automatique est complété par les dispositifs suivants :

1. Lors du non réarmement du sifflet de l'appareil de vitesse lors du franchissement d'un signal avertisseur fermé, la conduite du frein automatique sera vidangée.
2. Si le conducteur oublie d'ouvrir le robinet d'élimination dans le poste de conduite occupé, le dispositif de veille automatique vidangera la conduite de frein sitôt que la manette d'inversion sera placée en position de marche.

31.4. Arrêt automatique.

Afin d'augmenter encore la sécurité du trafic, le dispositif de veille automatique fut complété à peu de frais par un système de "stop-autom." qui vidange la conduite de frein lors du franchissement non perçu d'un signal avertisseur (impulsion positive sur crocodile).

Ceci est simplement réalisé (fig. 31.2) en plaçant le sifflet du Télloc en parallèle sur l'électrovalve de la V.A.

Dans une autre exécution, la partie pneumatique est remplacée par un contact placé dans la V.A.

L'échappement de l'air sert encore seulement à avertir le conducteur (cas du crocodile de contre-voie).

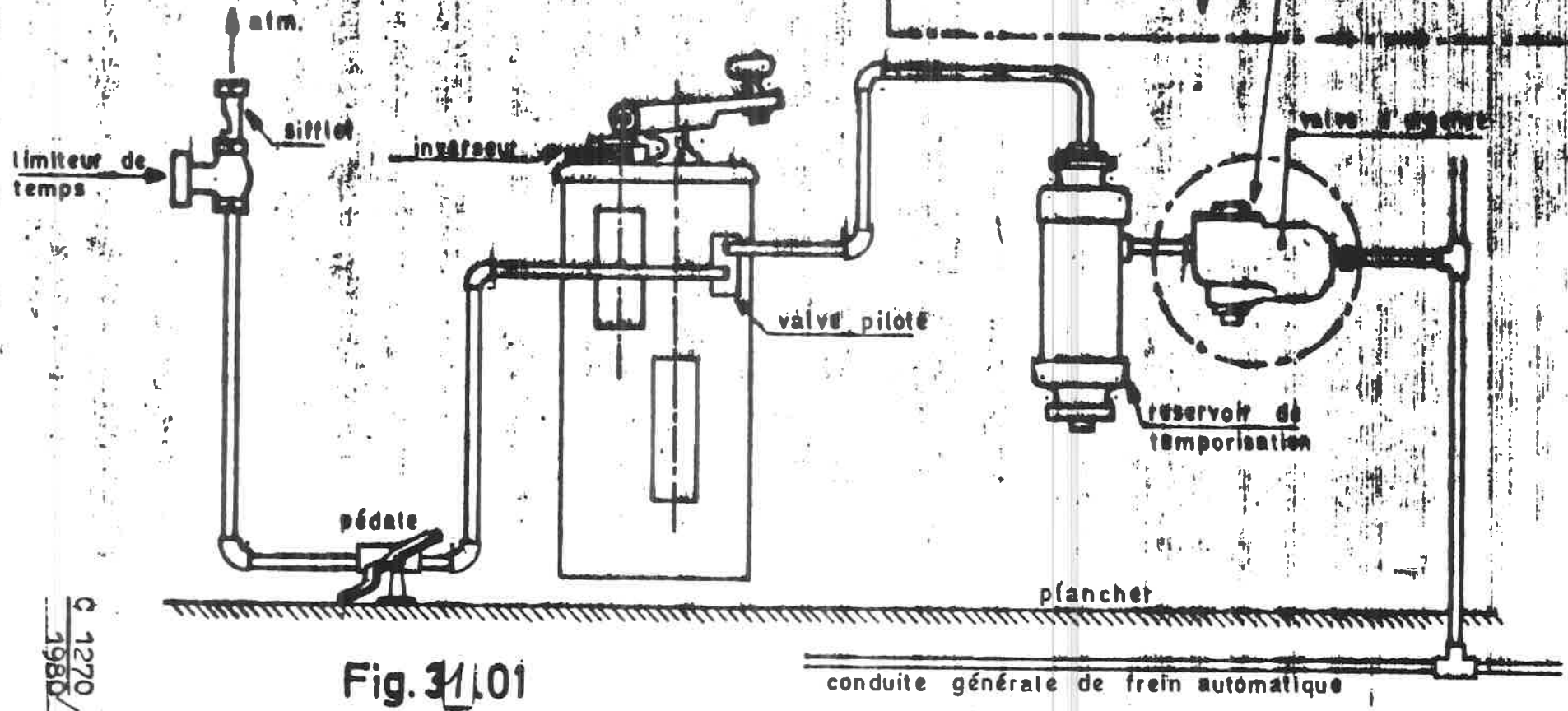
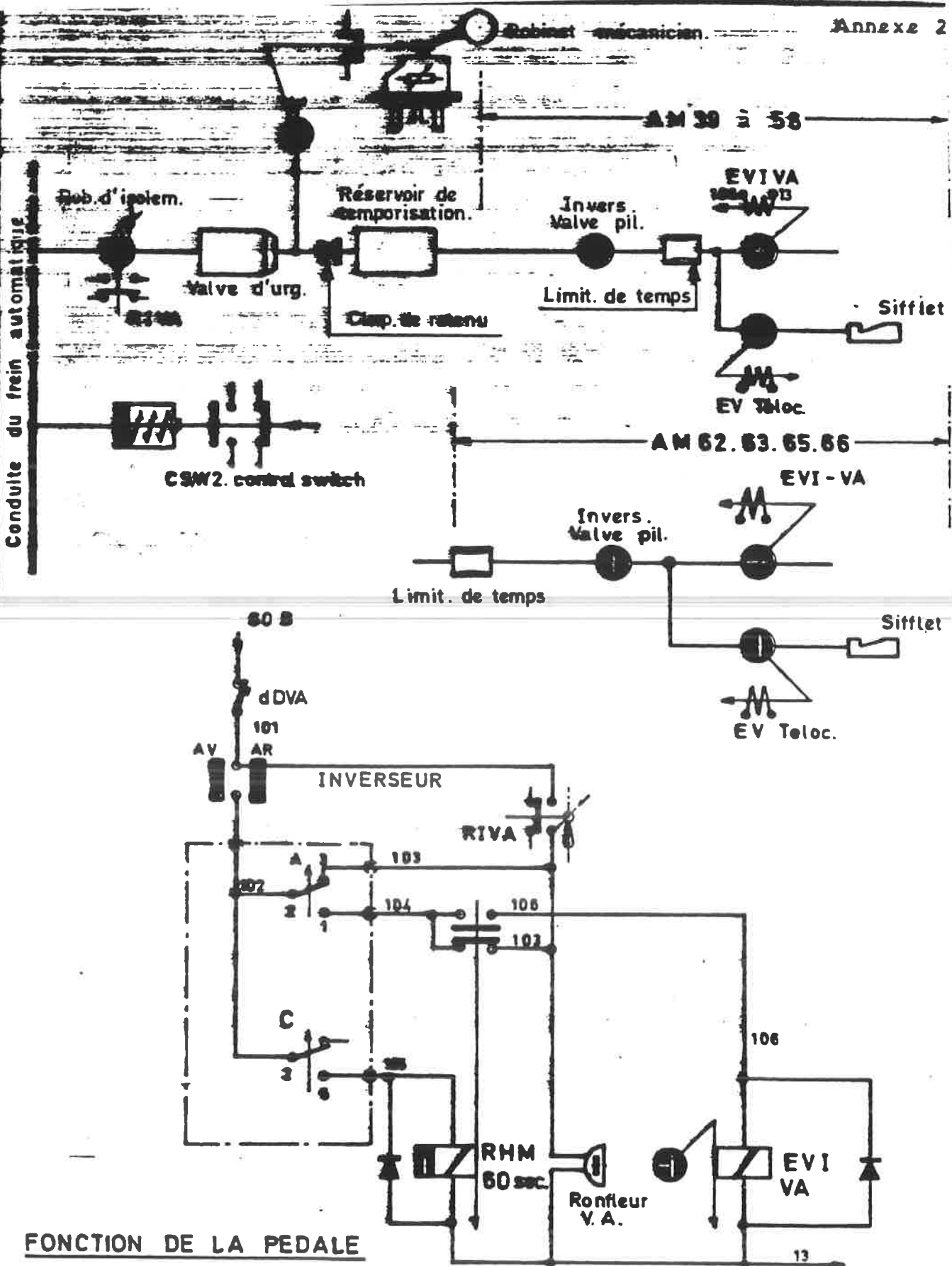


Fig. 31.02

Fig. 31.01

C 1270
1980/31

Conduite du frein automatique



FONCTION DE LA PEDALE

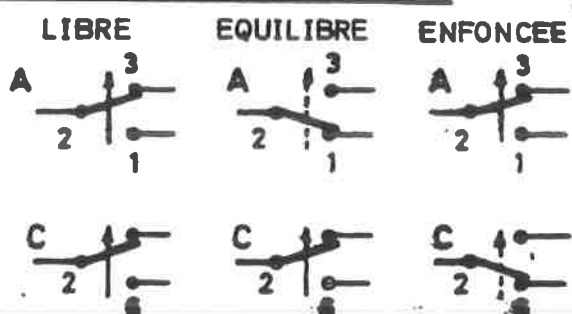
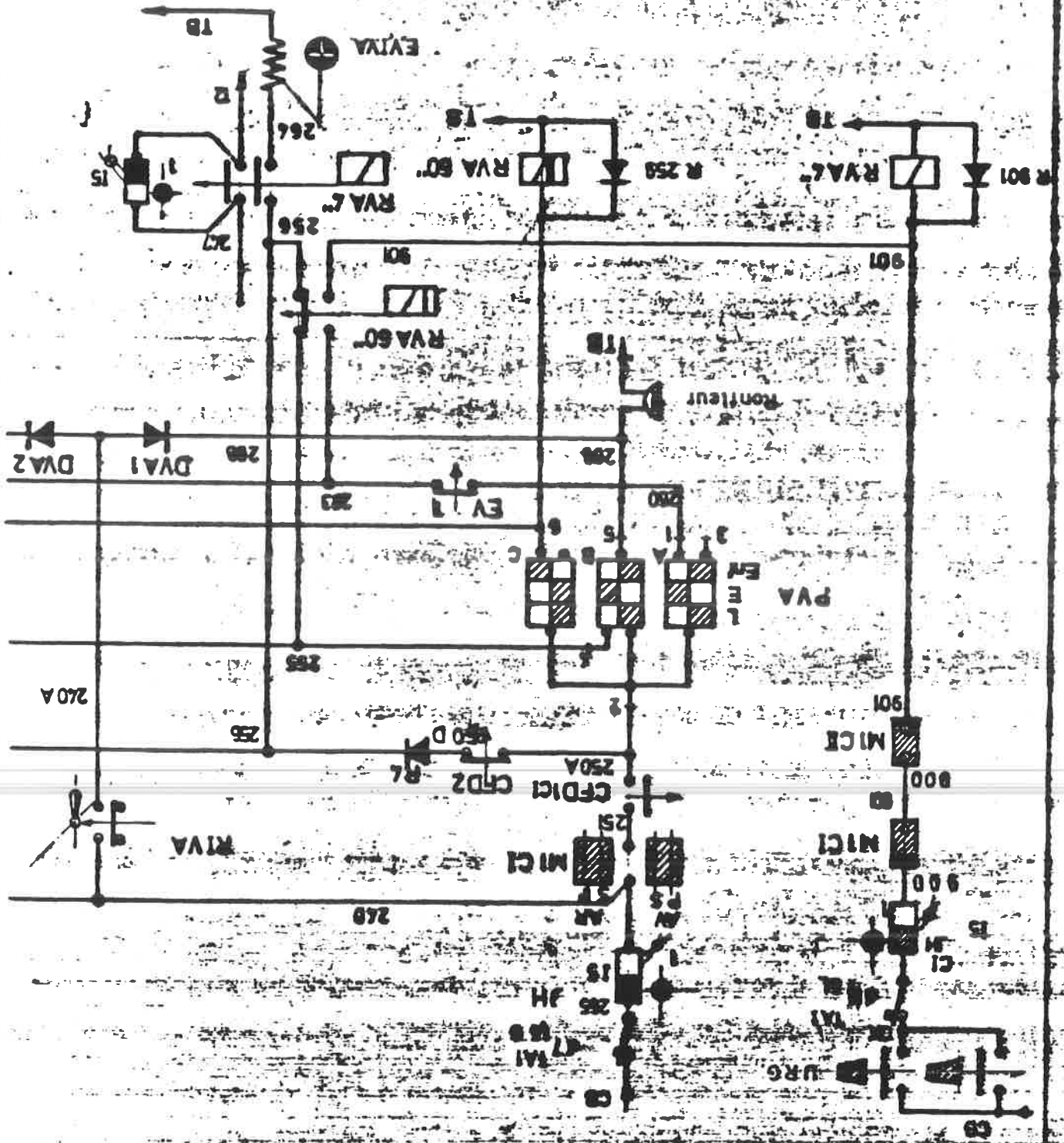


Fig. 31.03

C1270
1980/35



PORTES AUTOMATIQUES32.1. Généralités.

La commande électropneumatique des portes aussi bien à l'ouverture qu'à la fermeture a un double but :

- a) augmenter la sécurité des voyageurs
- b) diminuer les temps d'arrêt par une simplification du travail du personnel de train.

Sur les anciennes automotrices (35-39) ainsi que sur les automotrices Bénélux, les portes sont du type "coulissantes " (fig. 3201).

Vu les difficultés constatées en service, les automotrices doubles furent équipées à partir de 1950 du même type de portes "pliantes" (fig. 3202).

Le seul inconvénient de ce système est de ne pouvoir rouler avec une porte ouverte sans danger, le gabarit étant engagé.

Les avantages de la porte coulissante et de la porte pliante ont été réunis dans la porte "louvoyante - coulissante" équipant les automotrices quadruples (fig. 3203).

Ces portes, de la marque "Kicker", se distinguent encore du groupe précédent de type "Jaspar", par le fait qu'il n'est plus fait appel à un mécanisme de distribution pneumatique mais à des relais auxiliaires.

32.02. Schéma électrique.

Du fait que les différents types d'automotrices doivent être accouplables entre eux, le schéma de commande des portes découle d'un même principe général. (fig. 3204).

- ouverture : par le conducteur à l'aide du bouton-poussoir G ou D pour l'alimentation du fil-train 40 ou 41 par le positif-batterie de l'automotrice de tête.
- fermeture : par le chef-garde, à condition que l'inverseur (de l'automotrice de tête par exemple) soit placé sur une position de marche. Cette opération met sous tension le fil-train 43 (positif général - portes).

Par la rotation de l'interrupteur "fermeture portes" (à l'aide de la clé à trois branches), le fil train 44 est mis sous tension (fermeture G + D) ce qui provoque la fermeture de toutes les portes à l'exception de celle où la fermeture est commandée, ce qui permet un contrôle final.

2.

- signalisation : Lorsque toutes les portes sont fermées, un relais (signalisation portes) est alimenté par voiture, par les interrupteurs fin de course de chaque porte. Ce relais met, à son tour, le fil de train 42 sous tension.

Ce fil fera brûler la lampe "portes" dans le poste de conduite à condition que les couvercles des boîtes de repos et d'accouplement soient fermés.

32.03. Commande électropneumatique "Jaspar".

Ce système est d'application sur toutes les automotrices doubles bien que, sur les types d'automotrices pour quais haut et bas, le marchepied mobile soit supprimé.

Fermeture portes (fig. 3205).

Le mécanisme de la porte est desservi par un moteur différentiel (1).

L'air comprimé de la canalisation d'"air primaire" maintient la porte en position fermée tant qu'il n'y a pas d'"air secondaire" envoyé sur l'autre face du piston.

En position "fermeture", cet "air secondaire" est maintenu à l'atmosphère via la valve de secours (8), la valve (6) et le distributeur (2).

La position "fermeture" du distributeur est obtenue par l'excitation de l'électrovalve fermeture (4).

Ouverture portes.

L'ouverture -gauche ou droite - s'obtient par l'excitation de l'électrovalve "ouverture" - fil de train 41 ou 40.

Ceci a pour effet que l'air primaire pousse le piston de distribution vers la droite si bien que l'air secondaire est admis jusqu'à la valve (6).

Lors du déverrouillage de la porte par la clenche (7), l'air secondaire poussera le piston (1) vers le bas (sur la figure) de telle sorte que la porte s'ouvre.

Le cylindre 12 du marchepied (seulement sur les automotrices 50-53) est alimenté juste avant que la porte ne s'ouvre.

Valve de fermeture.

Cette valve est commandée par la clé à 3 branches qui ne peut être retirée que lorsque la valve a repris sa position d'origine.

Une rotation de 45° dans le sens horlogique provoque la fermeture des portes sauf celle d'où la commande est effectuée (l'air primaire est en communication avec l'air secondaire).

Ce n'est qu'après contrôle de la fermeture effective de toutes les portes que cette valve est à nouveau tournée libérant la clé et provoquant la fermeture de la porte.

La valve 8 est la valve de secours qui permet d'alimenter directement la canalisation d'air secondaire indépendamment du fait que l'électrovalve de fermeture soit excitée ou non.

32.04. Portes électropneumatiques "Kicker" (fig. 3206).

Dans ce système appliqué sur les automotrices quadruples, le distributeur pneumatique est remplacé par un certain nombre de relais devant remplir les mêmes fonctions.

Il reste bien une électrovalve ouverture (EO) et une électrovalve fermeture (EF) sur chaque porte.

De plus, nous trouvons encore, par porte, deux relais auxiliaires supplémentaires (RO et RP) et, par voiture, trois relais :
RF (fermeture), RG et RD (ouverture gauche et droite).

Enfin, nous avons encore un relais de pression AH par voiture.

Fermeture.

Nous savons que le fil train 44 doit être mis sous tension.

Cela s'obtient à l'aide de la clé à trois branches qui ferme l'interrupteur IF (fil train 43 = positif portes via l'inverseur de l'automotrice de tête).

L'électrovalve "fermeture" de la porte d'où l'on commande la fermeture est neutralisée.

Le relais de fermeture RF est maintenant alimenté sur toutes les voitures ce qui annule l'alimentation de RP (ouverture de rF) et RO (ouverture rP2).

Les contacts de repos rP3 et rO3 sont maintenant fermés et EF (électrovalve de fermeture) est alimentée sur toutes les portes sauf sur celle-d'où l'on commande la fermeture (via fil 41 et interrupteur de secours OS).

La dernière porte se fermera lorsque l'interrupteur IF sera remplacé dans sa position de repos.

Ouverture.

Le schéma montre seulement l'ouverture "droite". Le conducteur alimente le fil 41.

Le relais RD ferme sur chaque voiture et alimente le relais RP sur chaque porte "droite" (via rD).

4.

RP s'automaintient par rP, via le positif d 4 (de chaque voiture).

RO fermera également, aussitôt qu'une clenche sera manoeuvrée (PPA ou PPB) ce qui entraîne l'excitation de l'électrovalve ouverture EO (via r 02).

RO se maintient via r0, aussi longtemps que la porte n'est pas complètement ouverte. Ensuite, le contact DOB sur DOA s'ouvre (reedrelais) et EO est désexcité.

La porte peut maintenant être fermée à la main.

RO reste désexcité tant que la clenche n'est pas manoeuvrée à nouveau (PPA-PPB) ce qui provoque une nouvelle ouverture électrique.

Bord sensible.

Les contacts GBA - GBB du bord sensible ont pour mission d'alimenter directement le relais RO (et donc d'ouvrir la porte) lorsque la porte rencontre un obstacle dans son mouvement de fermeture.

Ce dispositif est sans effet lorsque la porte est fermée à 90 % (contacts de fin de course DVA - DVB sont alors ouverts ainsi que les contacts de porte DTA - DTB).

Ouverture de secours.

L'ouverture de secours s'effectue à l'aide de l'interrupteur OS qui alimente directement EO.

Celle-ci est combinée à un robinet d'arrêt si bien qu'en cas de manque de tension ou d'air comprimé, la porte peut encore être ouverte à la main.

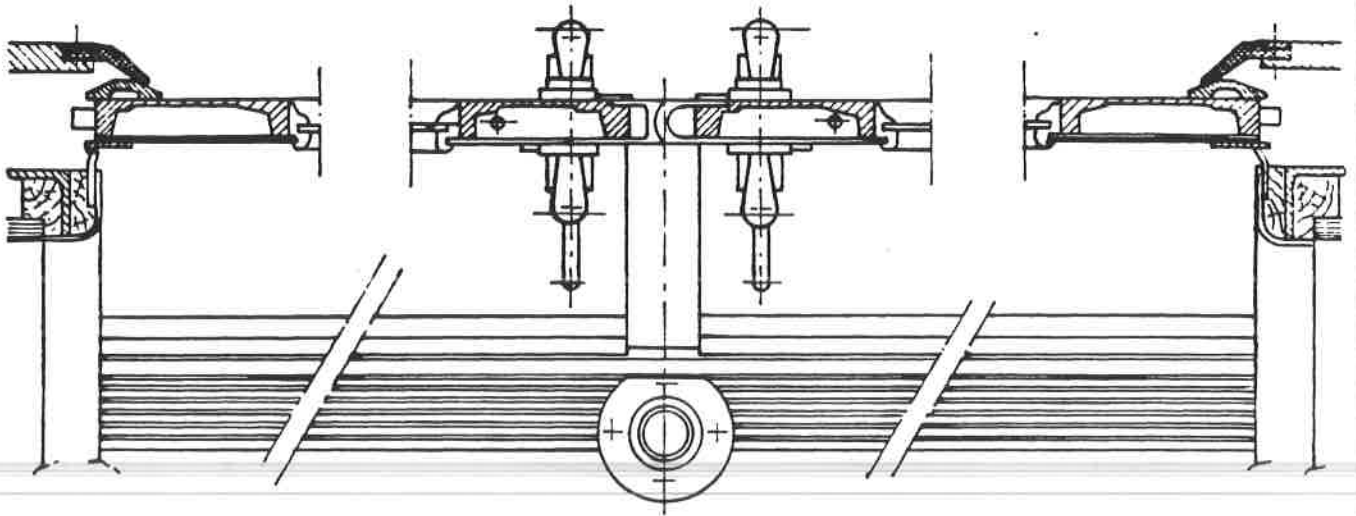


Fig. 32.01

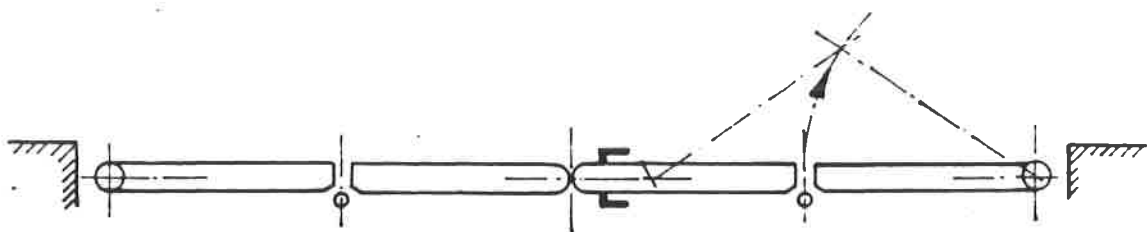


Fig. 32.02

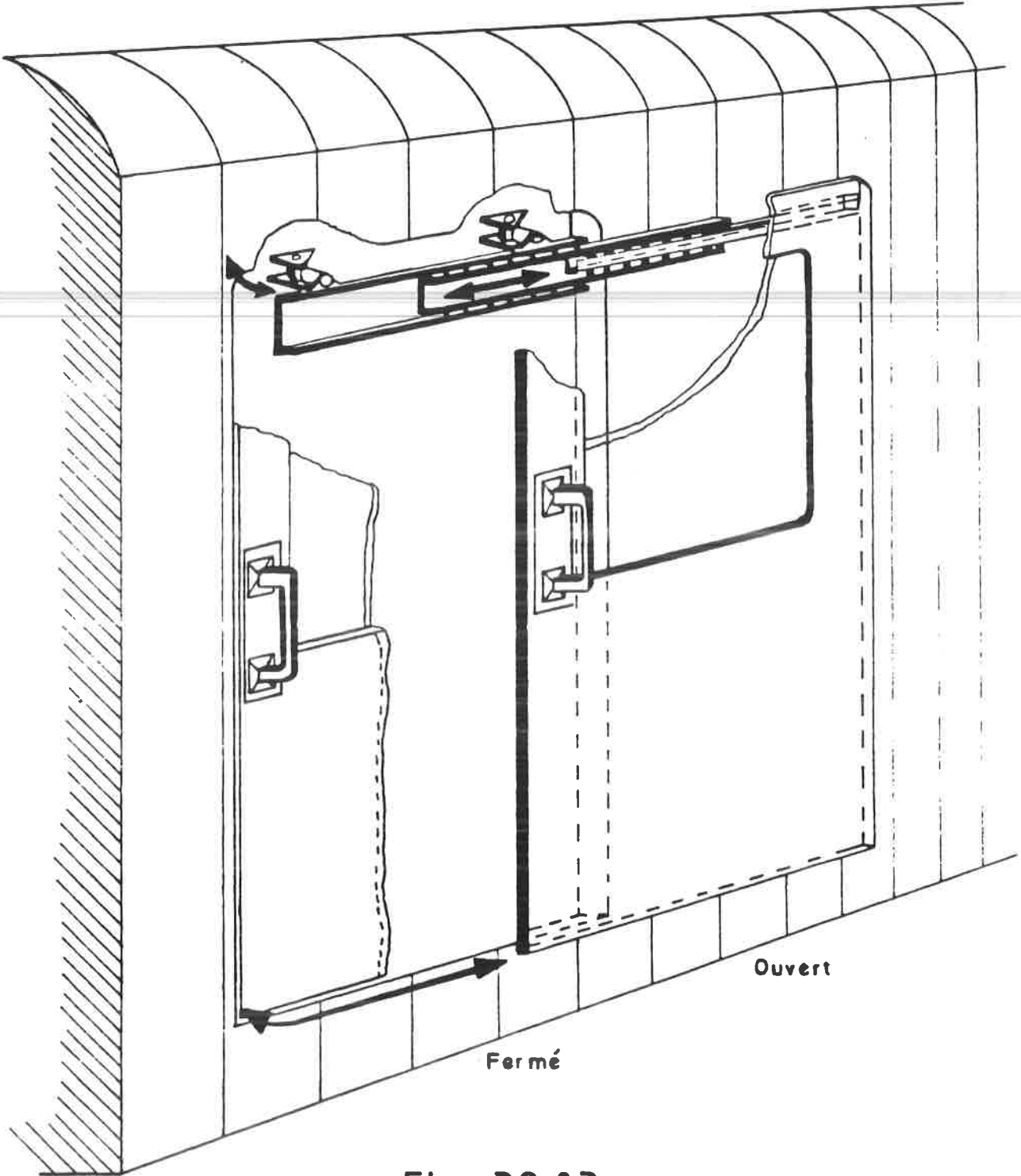


Fig. 32.03

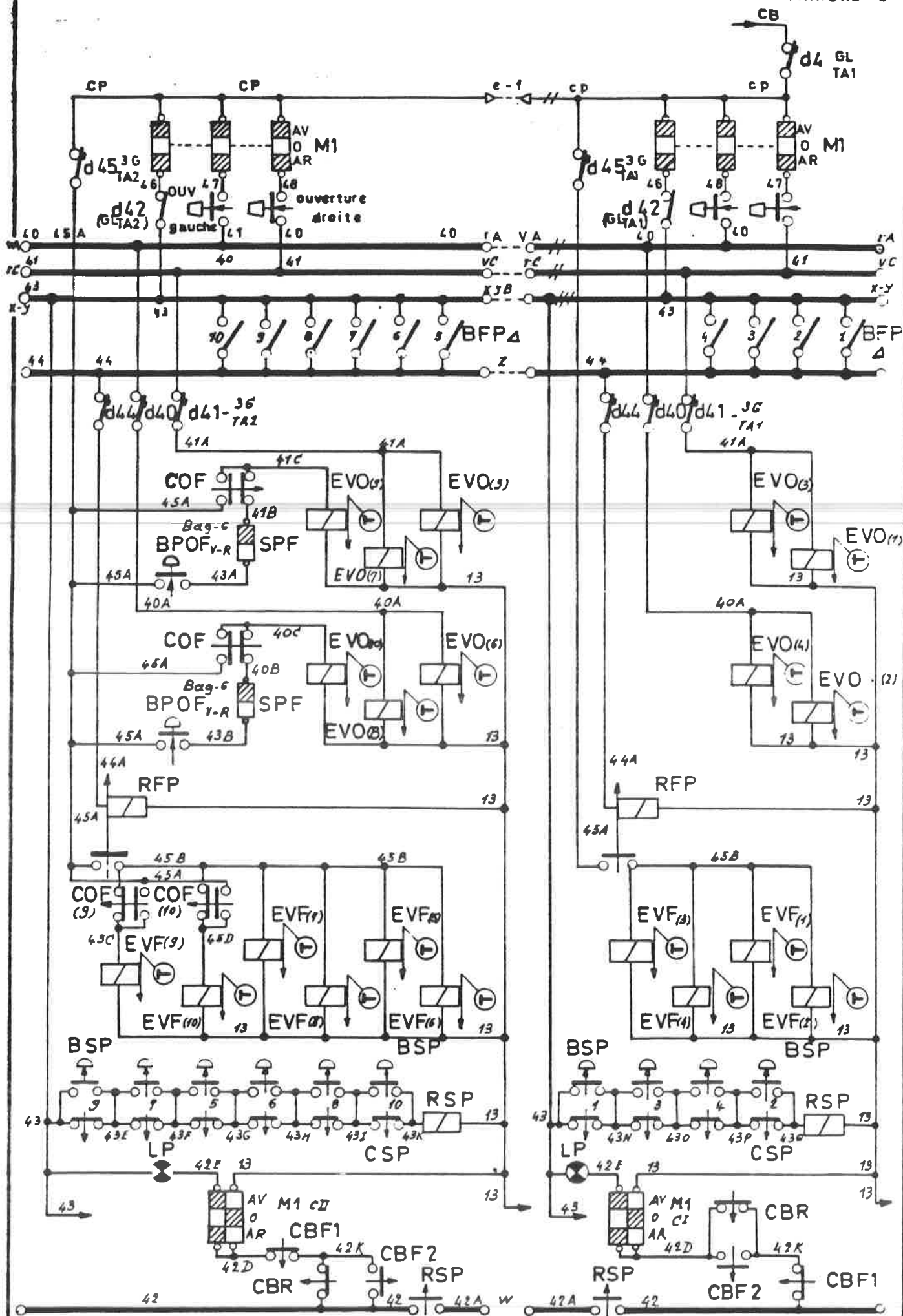


Fig. 32.04

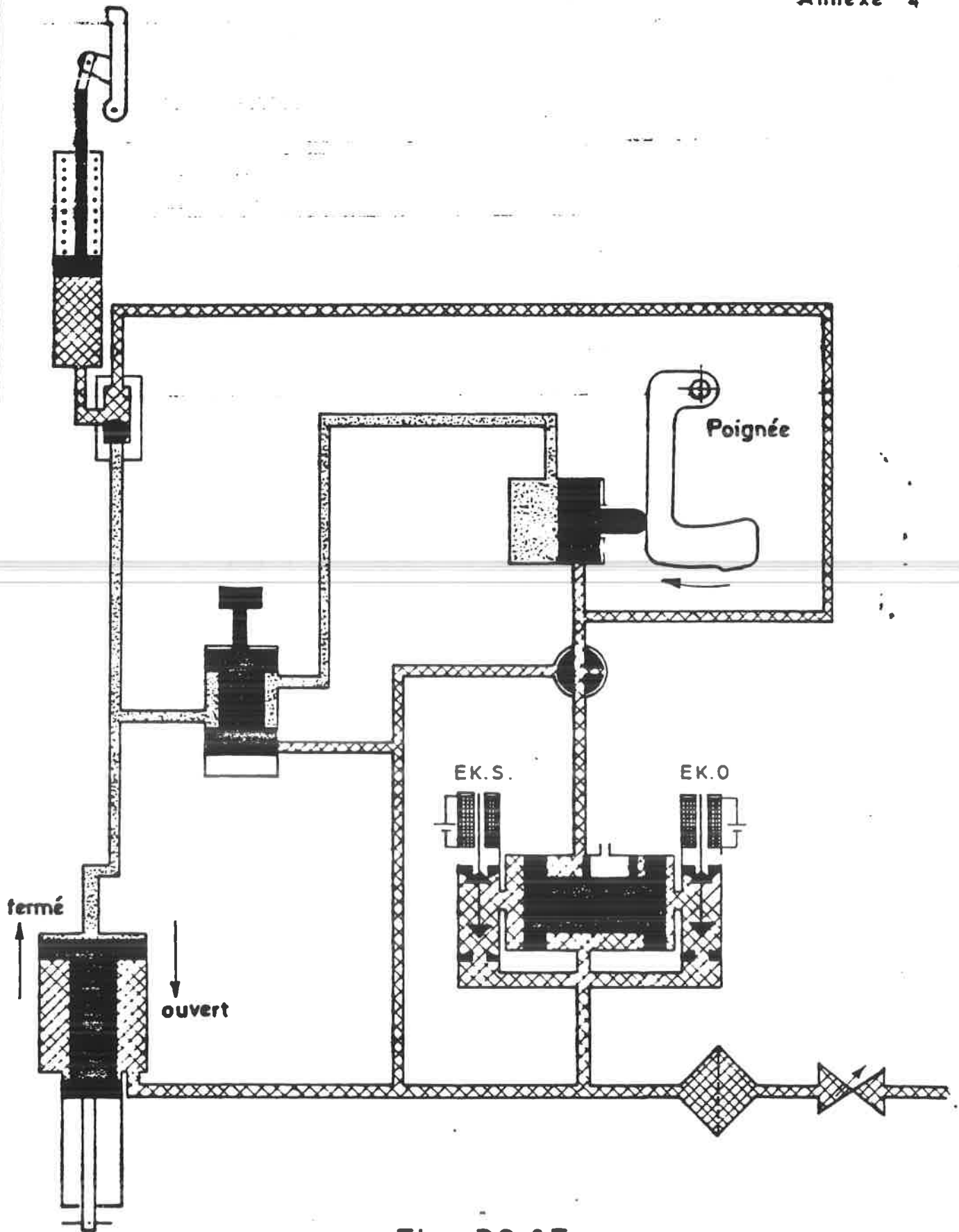


Fig. 32.05

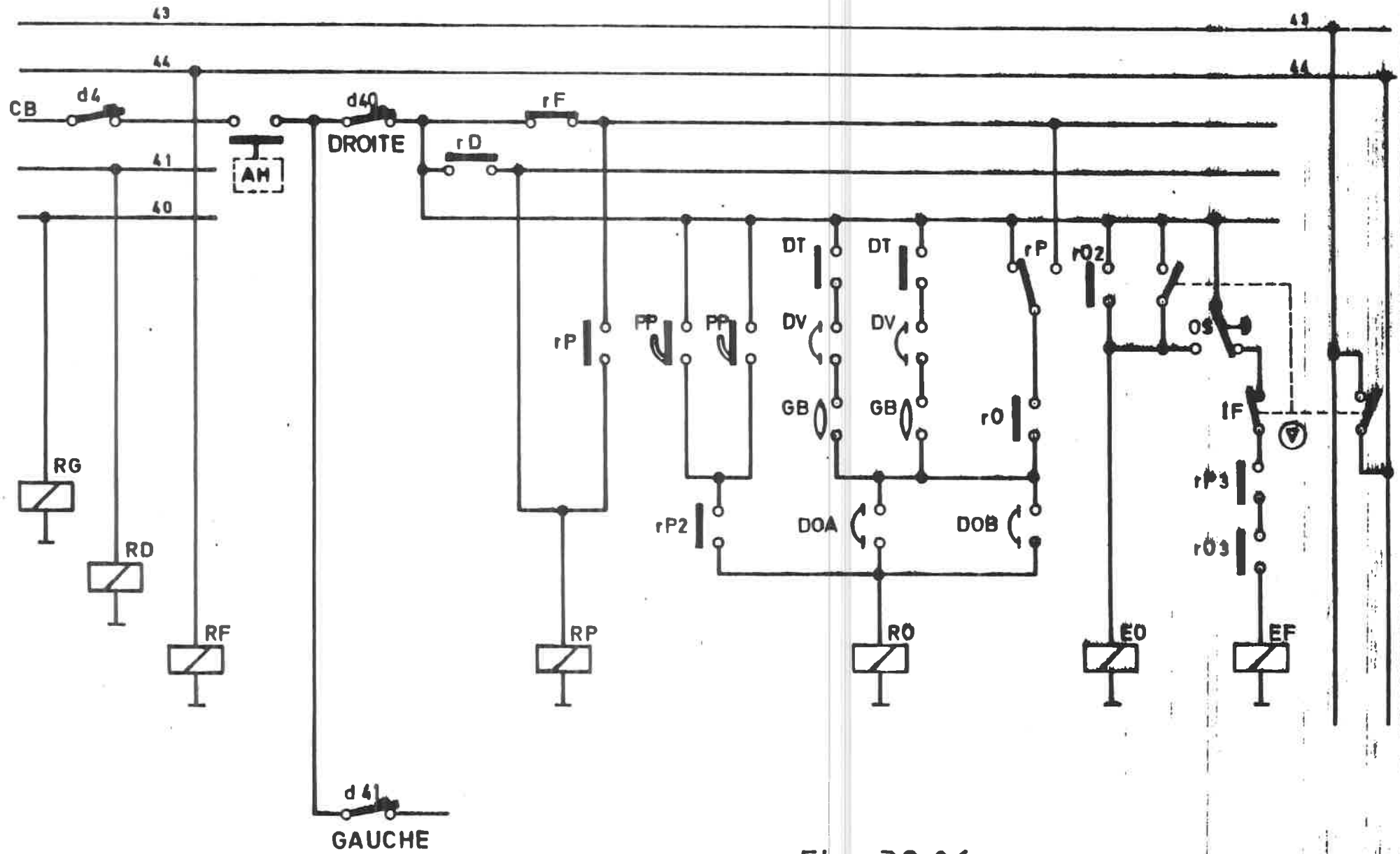


Fig. 32.06

Schéma logique.

Portes fermées à la préparation.	Régulateur de pression	Relais ouverture portes	Relais asservissem. portes	Poignées de portes	Contact de porte Porte fermée	Contact de porte Porte fermée	Bords sensibl.	Contact de porte Porte ouverte	Relais ouverture portes	Relais fermeture portes	E.V. fermeture portes	E.V. ouverture portes
	AH	RG _{ou} RD	RP	PP	DT	DV	GB	DO	RO	RF	EF	EO
Conduite d'aliment. (4 bar	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Conduite d'aliment.) 4 bar	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
I.C. "ouverture,, enfoncé	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0
I.C. "ouverture,, lâché	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0
Commande poignée porte	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1
Porte ouvert	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Commande fermeture	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0
Fonctionnement des bords sensibles	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1
Porte ouvert	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
Porte fermées	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0

Fig. 32.07

FREINAGE ELECTRIQUE.

3301. Principe.

Un moteur de traction peut fonctionner comme générateur si l'on inverse les pôles tout en fermant le circuit.

La fig. 3301 représente ce circuit de principe :

En traction le couple moteur positif dans le sens des aiguilles : $C = k I \phi$ parce que I (vers le bas) et ϕ (vers le bas) sont également considérés comme positifs.

Si l'on interrompt l'alimentation U (fig. 3302) sans changer le couplage le couple sera évidemment 0 puisque $I = 0$.

Mais ϕ est égal au magnétisme rémanent (ϕ_r) ce qui donnerait une tension de quelque dizaines de volt aux bornes du moteur, suivant la vitesse.

La tension ne peut croître au delà de cette valeur tant que le circuit n'est pas fermé puisqu'il s'agit d'une excitation série avec $I = 0$.

Le fait de changer la polarité n'y changerait rien si le circuit reste ouvert. Fermons le circuit sur une résistance R (fig 33.03); il s'établira un courant qui croîtra en quelques secondes jusqu'à la valeur : $I = \frac{E}{R + r}$

Il y a auto excitation car e et ϕ ne sont plus en discordance : il y a auto excitation.

Le couple moteur devient un couple de freinage :

$C = -kI\phi$ et est donc contraire au sens de rotation.

Lorsque le circuit se ferme sur des résistances il s'agit d'un freinage rhéostatique.

L'énergie cinétique est transformée en chaleur.

Il y a aussi possibilité d'envoyer l'énergie en ligne vers un autre consommateur c. à d. un autre train.

Cette solution peut paraître intéressante à première vue. Il y a lieu de noter cependant qu'elle n'est pas possible s'il n'y a pas de consommateur en ligne (dans la même section) ou si la tension de la S-station est plus élevée que celle de la locomotive.

2.

Afin de pallier le premier inconvénient certains pays ont utilisé des mutateurs, qui à défaut de consommateurs convertissent le courant récupéré en courant alternatif lequel est renvoyé dans le réseau.

3302. Force et puissance de freinage.

Nous savons que l'effort de freinage pneumatique est considérable.

Considérons un train de voyageurs de 520 t remorqué par une locomotive de 80 t.

Pour obtenir une distance de freinage convenable il faut une décélération de 1 m/s² par exemple.

La force de freinage sera donc :

$$\begin{aligned} P &= m.a \\ &= (520 + 80) \times 1 = 600 \text{ kN} \\ &= 60\,000 \text{ daN (60 tonnes !)} \end{aligned}$$

Même si nous retirons la résistance au roulement à 120 km/h :

$$\begin{aligned} r &= 10 \text{ da M/t} \\ R &= 600 \times 10 = 6000 \text{ daN} \end{aligned}$$

L'effort de freinage est :

$$P' = 60\,000 - 6\,000 = 54\,000 \text{ da N.}$$

La locomotive ne peut développer un aussi grand effort, ni en traction, ni en freinage et ce pour 2 raisons :

(maximum 20 000 daN à 50 km/h.)

1° la puissance est limitée;

2° l'adhérence sera dépassée.

On devra donc limiter fortement l'effort de freinage afin de protéger les moteurs de traction.

Nous constatons que le freinage électrique peut tout au plus servir pour freiner la masse propre de la locomotive :

par exemple 80 t à 120 km/h.

$$80\,000 \times 1 = 80\,000 \text{ N ou } 8\,000 \text{ da N}$$

(où il y a encore lieu de retirer 800 da N pour la résistance au roulement).

La puissance électrique à développer est alors de.:

$$N = \frac{80\ 000 \times 120}{3,6} = 2\ 660\ \text{kw}$$

L'effort de freinage pourrait servir par exemple pour le maintien de la vitesse sur une longue pente.

Calculons sur quelle pente un train de 520 t pourrait évoluer à 120 km/h (résistance à l'avancement = 10 da N/t

$$8\ \text{kN} = (520 + 80) (10 - i)$$

$$\text{d'où } i = 23\ \text{daN/t}$$

Ceci correspond à une pente de 23 mm/m

3303. Avantages du freinage électrique.

Outre les possibilités d'économie d'énergie par la récupération le freinage électrique présente les avantages suivants :

1° Accroissement de la sécurité puisque ce frein est indépendant de la timonerie du frein classique.

Ceci est particulièrement important pour les locomotives circulant à vide - en cas d'avarie ou même en cas de neige.

2° Réduction considérable de l'usure des blocs de frein et des bandages de la machine d'où il résulte non seulement une économie mais une réduction du temps d'immobilisation et par conséquent une meilleure utilisation de l'engin.

3° Une facilité pour le conducteur de maintenir le train en équilibre à vitesse constante sur une longue pente.

3304. Connexion des moteurs.

Le système le plus simple consiste à placer les moteurs en série avec auto-excitation.

A grande vitesse l'on peut utiliser la disposition S-P.

La mise en parallèle de dynamos présente cependant un problème de courant de circulation (fig. 3304).

Normalement les courants I_1 et I_2 devraient être identiques. Une minime différence de caractéristiques ou de diamètre des roues donne naissance à un courant de circulation i qui renforce E et donc I_1 , ce qui fait diminuer I_2 .

4.

Si $i \gg \frac{I}{2}$ le courant I_2 s'inverse et il y a court circuit.

Dans certains cas on établit une connexion A 1 - A 2 qui sans éviter le courant de circulation assure une excitation normale.

Un autre moyen plus efficace, utilisé sur les locomotives série 18, consiste à croiser les connexions des inducteurs de façon à ce qu'une augmentation de I_1 provoque une augmentation de E_2 afin de rétablir l'équilibre. (fig. 3305)

La fig. 3306 montre la connexion des moteurs de traction en 1,5 kV de la locomotive série 18 tandis qu'à la fig. 3307 est donné la connexion des mêmes moteurs en freinage rhéostatique débitant dans une résistance (il s'agit d'un moteur double par bogie).

Le freinage électrique peut se commander soit par une position du manipulateur, soit automatiquement en combinaison avec le frein pneumatique.

Dans ce dernier cas on freine toujours au maximum en rhéostatique afin d'économiser les blocs et les bandages.

Lorsque le circuit électrique de freinage est fermé il se passera un temps de plusieurs secondes avant que l'auto-excitation soit arrivé à son maximum (c'est l'inconvénient de ce système).

Une fois amorcé les résistances seront automatiquement éliminées par un JH sous contrôle d'un relais de courant.

Ce freinage reste efficace jusqu'à environs 15 km/h après quoi le frein pneumatique reprend entièrement l'action.

TRACTION

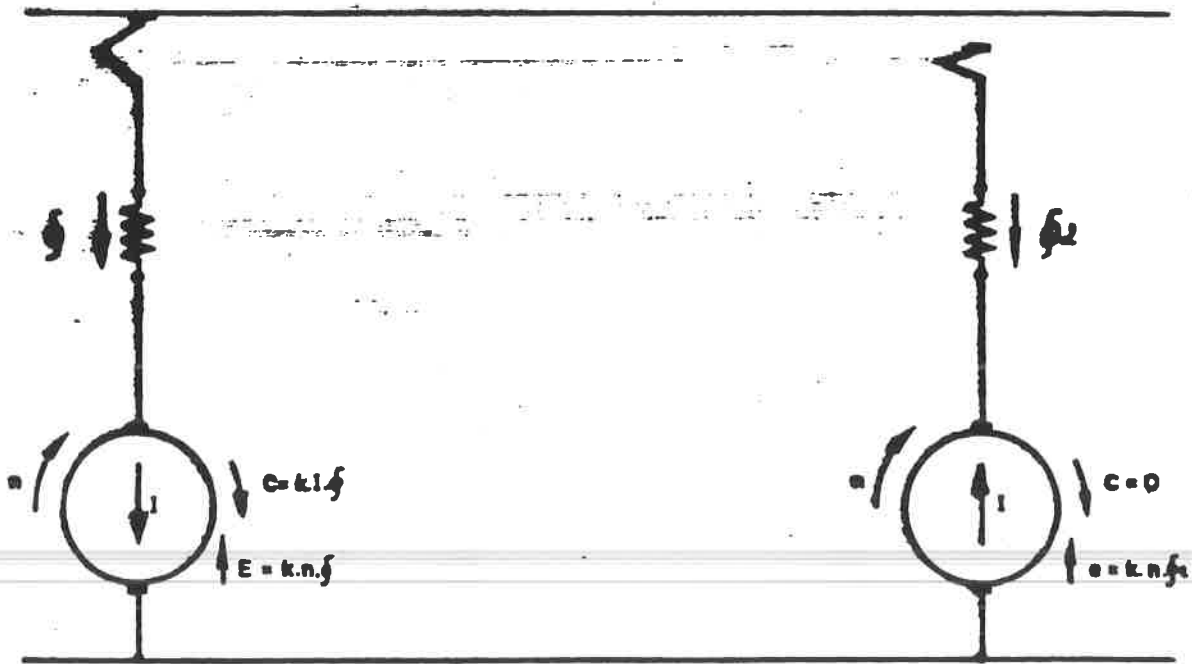


Fig. 33.01

Fig. 33.02

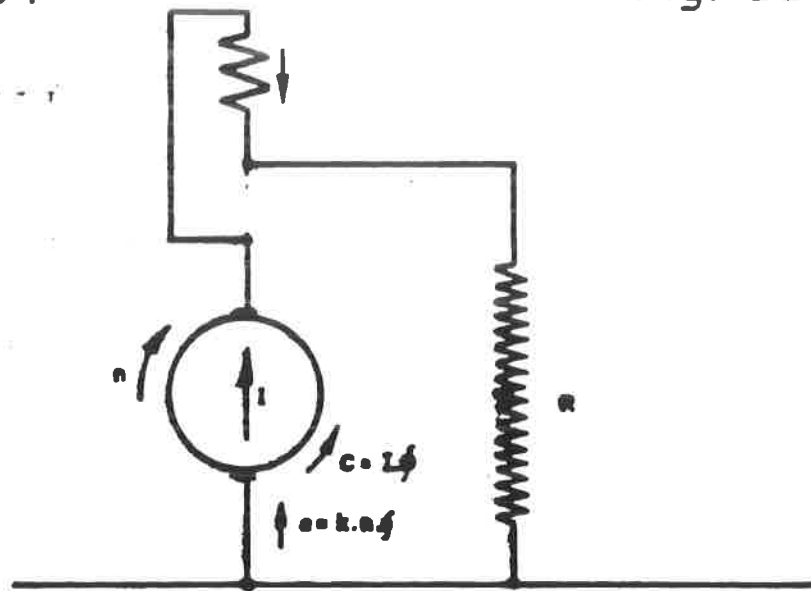


Fig. 33.03

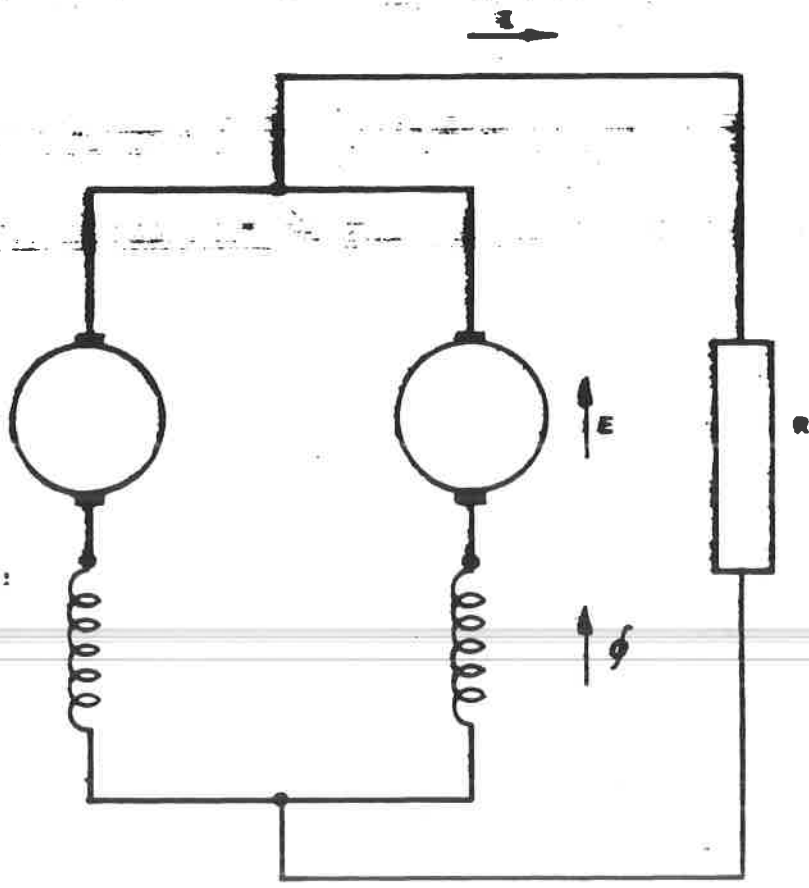


Fig. 33.04

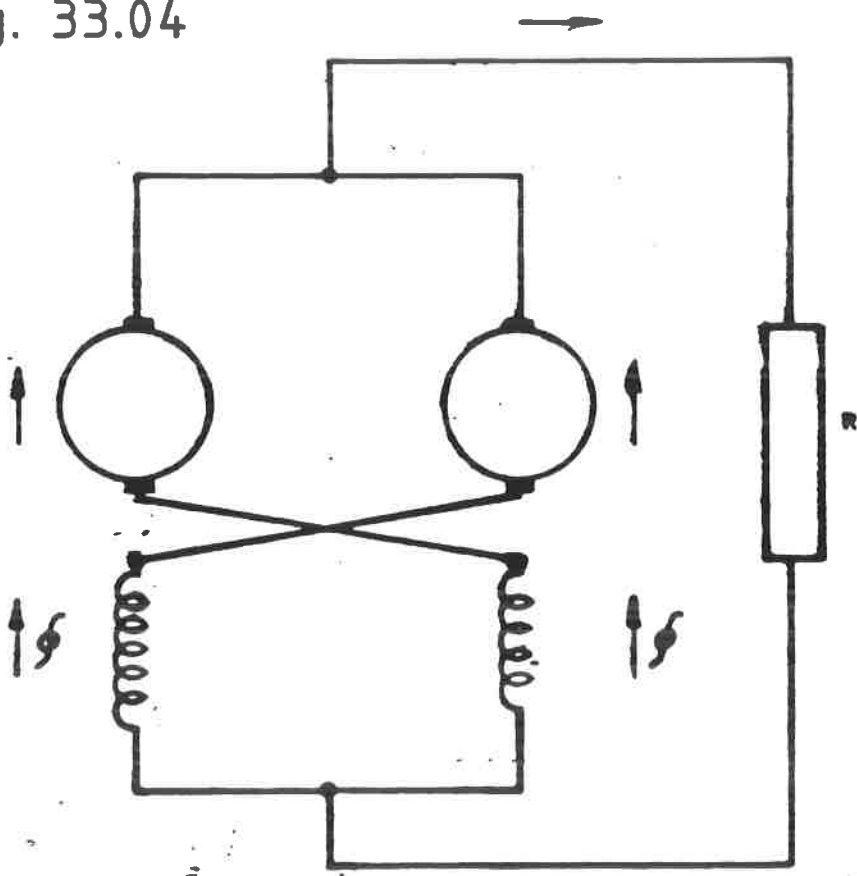


Fig. 33.05

TRACTION 1,5 KV.

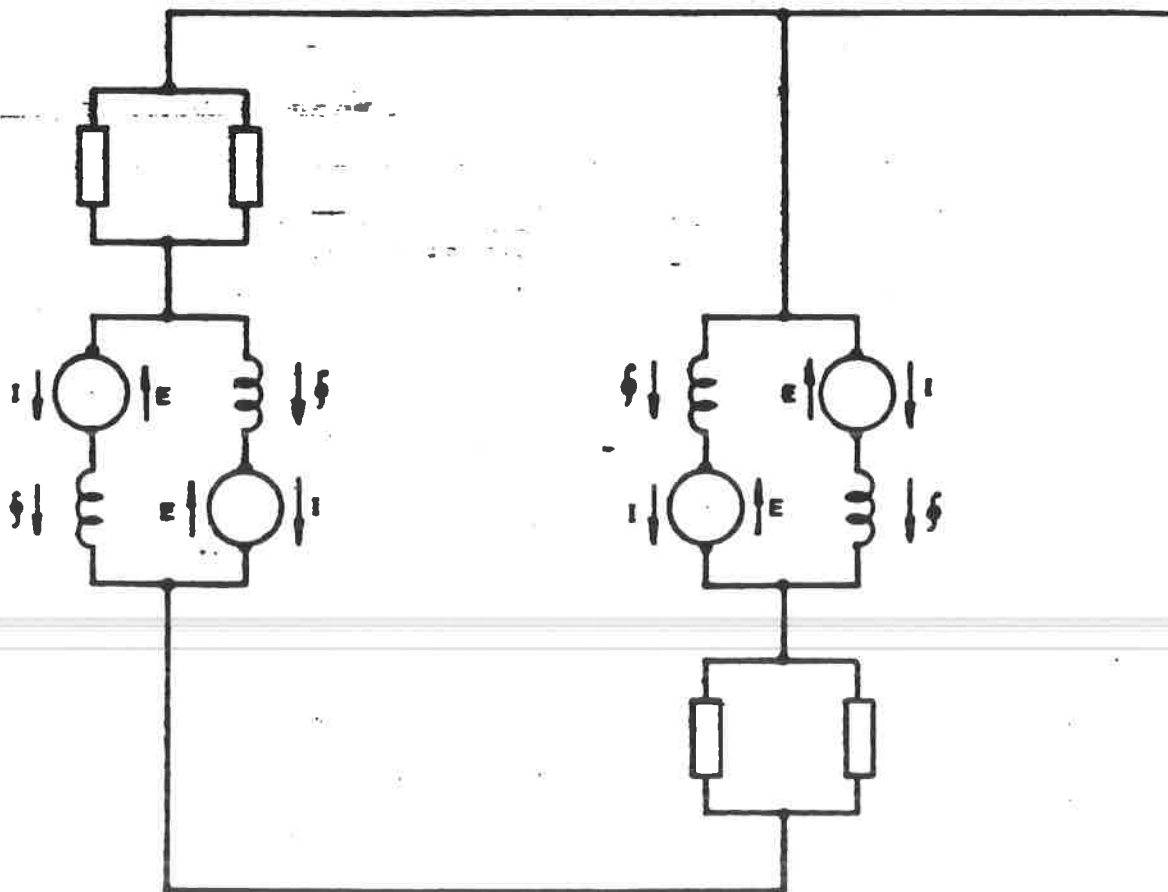


Fig. 33.06

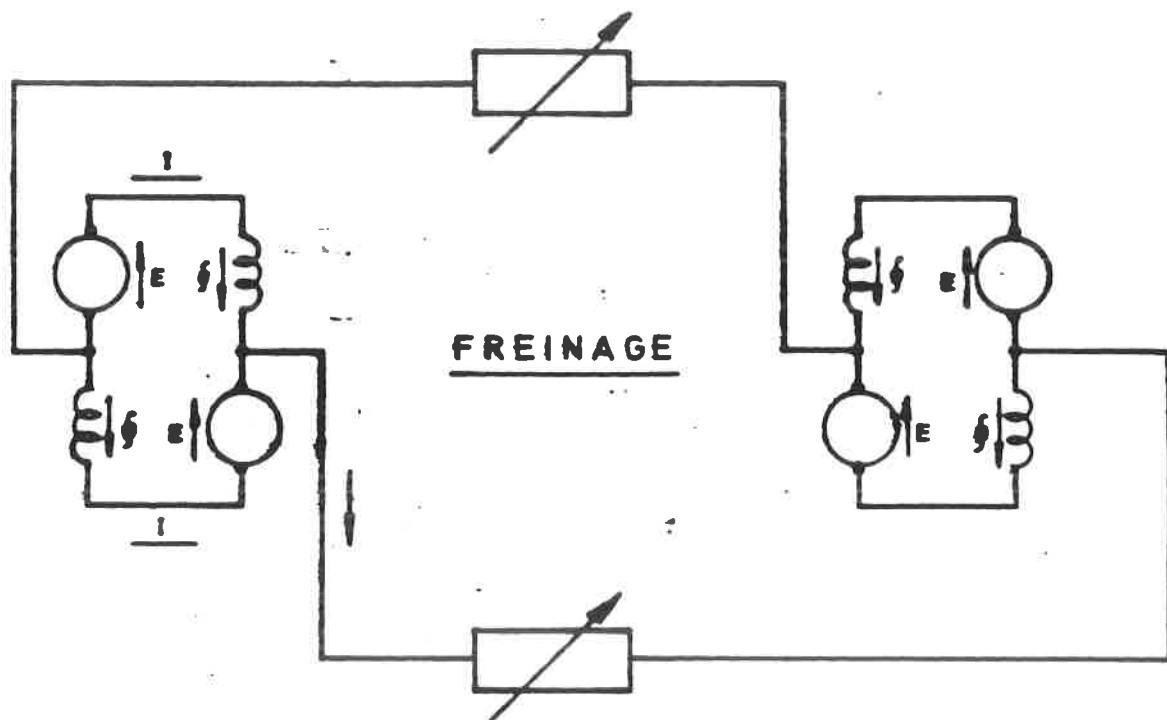


Fig. 33.07

Courbes de freinage.3401 - Excitation série.

La courbe de magnétisation du moteur de traction est connue (fig. 3401).

Elle donne la relation $E = f(I)$ pour une vitesse de rotation donnée, dans ce cas 500 tr/min.

Déterminons la courbe N/I par calcul (fig. 3402) pour une résistance totale $R + r = 10$ ohm, par exemple.

Puisque $E_1 = I_1 (R + r)$
et $N_1 = \frac{N}{E} E_1$

nous calculons N_1, N_2 etc... pour 400 A, 300 A etc...

$$N_1 = \frac{500}{1200} \cdot 400 \cdot 10 = 1\ 650 \text{ tr/min}$$

$$N_2 = \frac{500}{1150} \cdot 300 \cdot 10 = 1\ 300 \text{ tr/min}$$

$$N_3 = \frac{500}{950} \cdot 200 \cdot 10 = 1\ 050 \text{ tr/min}$$

$$N_4 = \frac{500}{600} \cdot 100 \cdot 10 = 840 \text{ tr/min.}$$

$$N_5 = \frac{500}{360} \cdot 50 \cdot 10 = 700 \text{ tr/min.}$$

Nous calculons les autres courbes I/N de la même façon pour une autre valeur de $R + r$.

Cela a été fait sur la fig. 3402 pour 5, - 2,5 - 1,5 et 0,75 ohm.

Nous constatons que les courbes devraient se rapprocher bien plus; pour éviter les pointes de courant. (Il faudrait une vingtaine de crans).

Si nous voulons avoir le couple en ordonnée au lieu du courant I nous voyons que la courbe devient partiellement hyperbolique

$$C = k I \phi$$

$$\text{où } \phi = f(I) \text{ donc } C = f(I^2)$$

A une constante près nous pouvons aussi écrire que : $F = f(v)$

2.

Nous constatons sur la fig. 3403 que l'effort de freinage n'est jamais égal à 0 même si $I = 0$ (pertes).

La partie incurvée de la courbe n'est pas importante car très vite il y a saturation et l'on obtient une droite.

Nous constatons également que la courbe (R 1) devient plus "plate" à mesure que la résistance incorporée augmente.

La figure 3404 montre les courbes de freinage de la locomotive série 18.

L'effort de freinage est de 12 t à 160 km/h. Le JH se trouve alors en position 10.

Les autres crans 6, 7, 8 et 9 servent à la préparation de l'excitation c.-à-d. à l'amorçage.

Ensuite les résistances seront éliminées progressivement (par un relais de courant) jusqu'à environ 25 km/h.

La "pente" de ces courbes de freinage est assez grande; c'est pourquoi il faut de nombreux crans afin de maintenir l'effort le plus constant possible.

Cette pente augmente encore à mesure que l'on élimine des résistances.

Afin d'éviter cet inconvénient on utilise parfois une "pré-excitation" (fig. 3405).

L'inducteur du moteur de traction reçoit une alimentation supplémentaire par un groupe M-G via une résistance R 1.

Les courbes de freinage deviennent ainsi plus plates comme l'indiquent les pointillés sur la fig. 3403 : l'effort de freinage est plus grand pour une même vitesse, cependant les deux courbes se rejoignent dans la partie saturée.

3402. - Excitation indépendante.

L'excitation indépendante du moteur série fonctionnant comme génératrice permet de réaliser une courbe F/V plus plate tout en simplifiant le réglage.

Le schéma de fonctionnement est représenté à la fig. 3406. Le moteur débite dans une résistance fixe.

Un groupe moteur-générateur débite le courant d'excitation.

Le réglage s'effectue par l'excitation indépendante de la génératrice, alimentée par batterie via une résistance réglable.

Nous pouvons ainsi tracer la courbe F/V pour différentes valeurs du courant d'excitation par exemple : $j = 100 \text{ A}$, $j = 200 \text{ A}$ etc... (fig. 3407).

Les courbes en pointillé représentent les hyperboles de puissance constante pour différentes valeurs du courant d'induit de 100 à 400 A.

Un exemple typique de freinage réostatique à excitation indépendante est celui des locomotives S. 52 - 53 - 55. (Diesel électriques).

La fig. 3408 montre la connexion des moteurs de traction en traction et en freinage :

En freinage les moteurs débitent 2 par 2 dans une résistance fixe auto ventilée.

La génératrice fournit un courant dans les 6 inducteurs placés en série.

Sur la courbe de freinage de la fig. 3409 nous voyons qu'avec un courant d'excitation maximum de 300 A le freinage est maximum à 30 km/h : 120 kN (12 t).

Au-dessus de ce point critique le régulateur devra diminuer l'excitation de façon à limiter le courant débité à 300 A. Nous obtenons donc une hyperbole.

Un autre exemple de régulation de l'effort est donné à la fig. 3410.

Il s'agit du schéma appliqué aux automotrices "Alstom" de la S.N.C.F.

L'effort de freinage est maintenu quasi constant grâce au schéma anti compound de l'excitation; une augmentation du courant de freinage réduit automatiquement l'excitation de la génératrice.

3403. - Application sur la locomotive série 20.

La fig. 3411 montre le schéma de traction de la locomotive s. 20.

En traction, deux groupes de 3 moteurs sont alimentés en série par un hacheur de puissance cependant que l'excitation indépendante s'effectue par un deuxième hacheur 60 Hz - 380 V.

Un réglage électronique assure la proportionnalité de $i_{excitation}$ et I_{ce} qui donne une caractéristique série.

4.

En freinage électrique l'on interrompt le hacheur principal et l'on ferme le circuit des induits sur une résistance, autoventilée.

Le freinage électrique est combiné avec le frein pneumatique de façon à ce que chaque diminution de la pression dans la conduite automatique commande un freinage électrique correspondant au même effort qu'aurait fourni le frein pneumatique.

La fig. 34.12 donne la courbe F/V.

Les valeurs extrêmes sont limitées d'une part par le courant d'excitation de 200 A maximum jusqu'à 45 km/h et ensuite par le courant maximum d'induit de 520 A.

On diminue ensuite l'excitation à mesure que la vitesse augmente et que le courant d'induit monte à 935 A - L'effort de freinage reste constant à 170 kN.

Ce courant d'induit maximum est maintenu constant jusqu'à 160 km/h. par une diminution progressive de l'excitation.

Un autre réglage de l'effort de freinage par exemple à 120 kN aurait comme conséquence de tenir cet effort constant entre deux nouvelles vitesses (30 et 130 km/h) c.-à-d. entre les limitations de l'excitation i_{max} et le courant d'induit I_{max} .

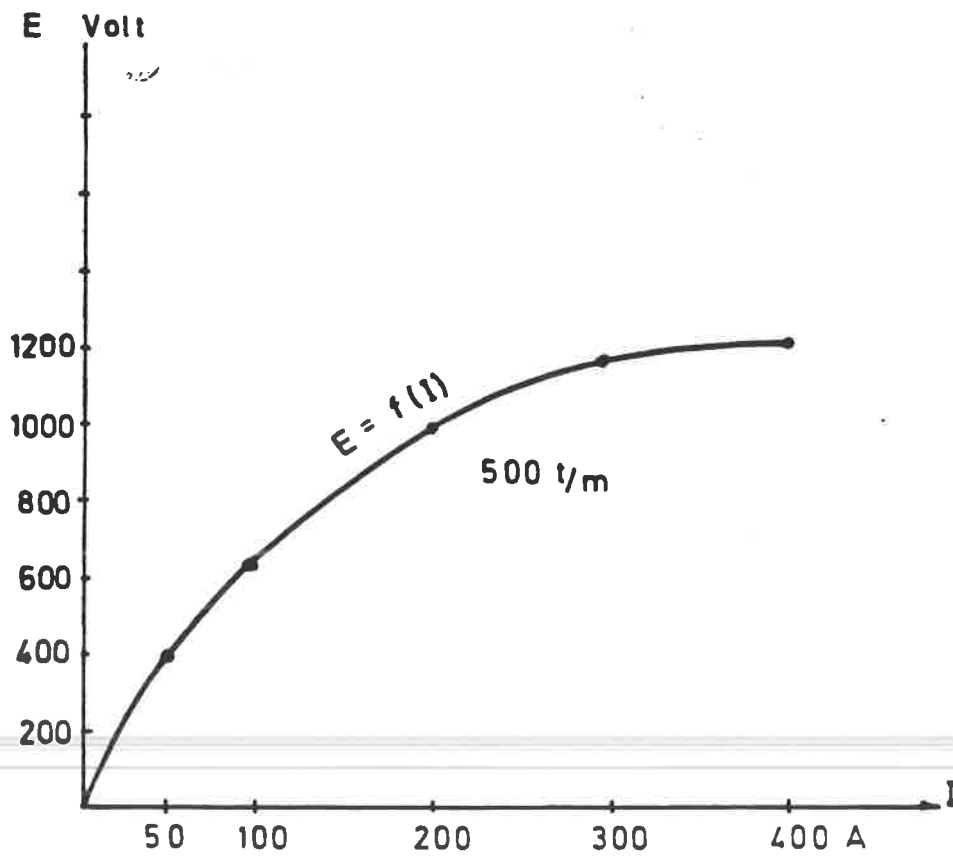


Fig. 34.01

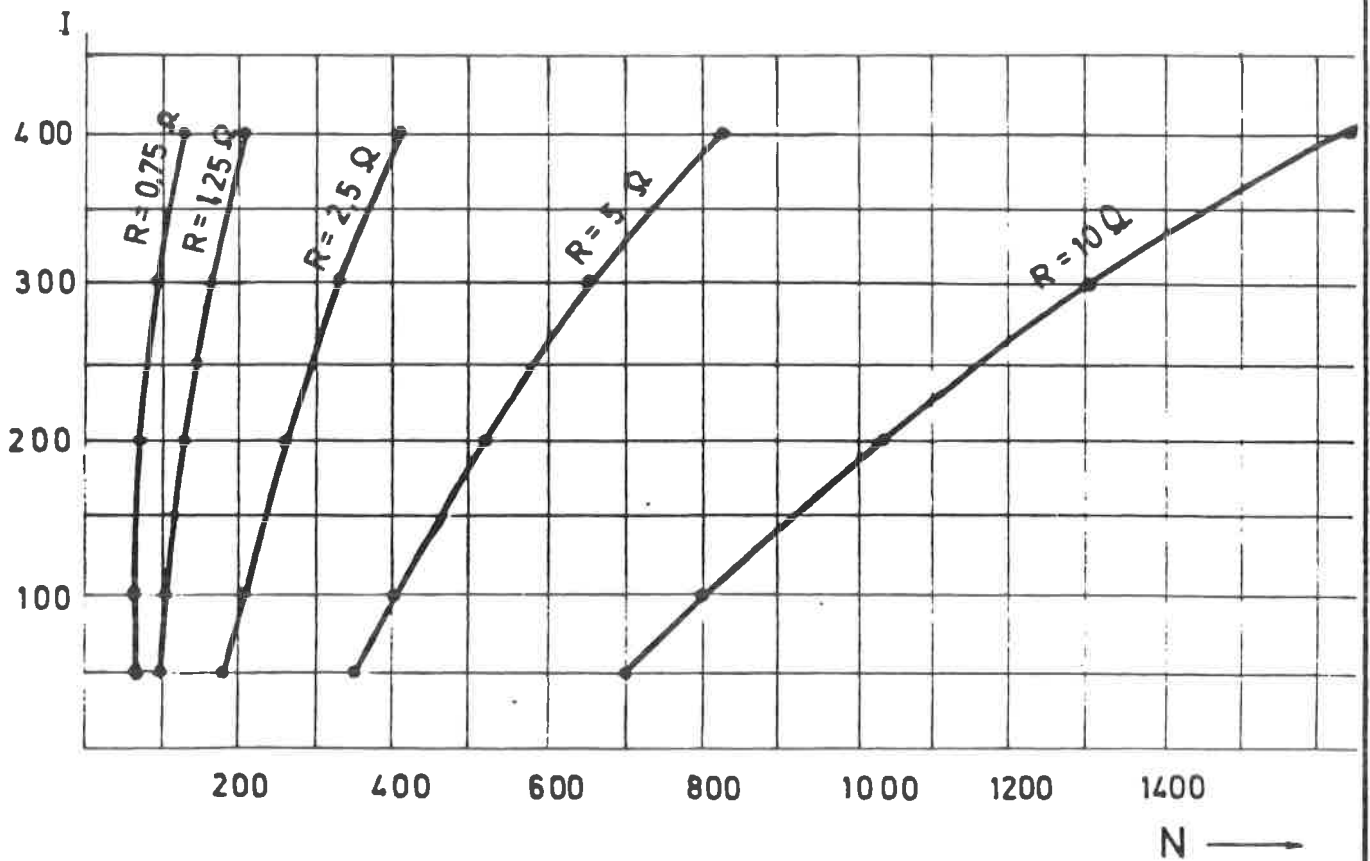


Fig. 34.02

Fig. 34.07

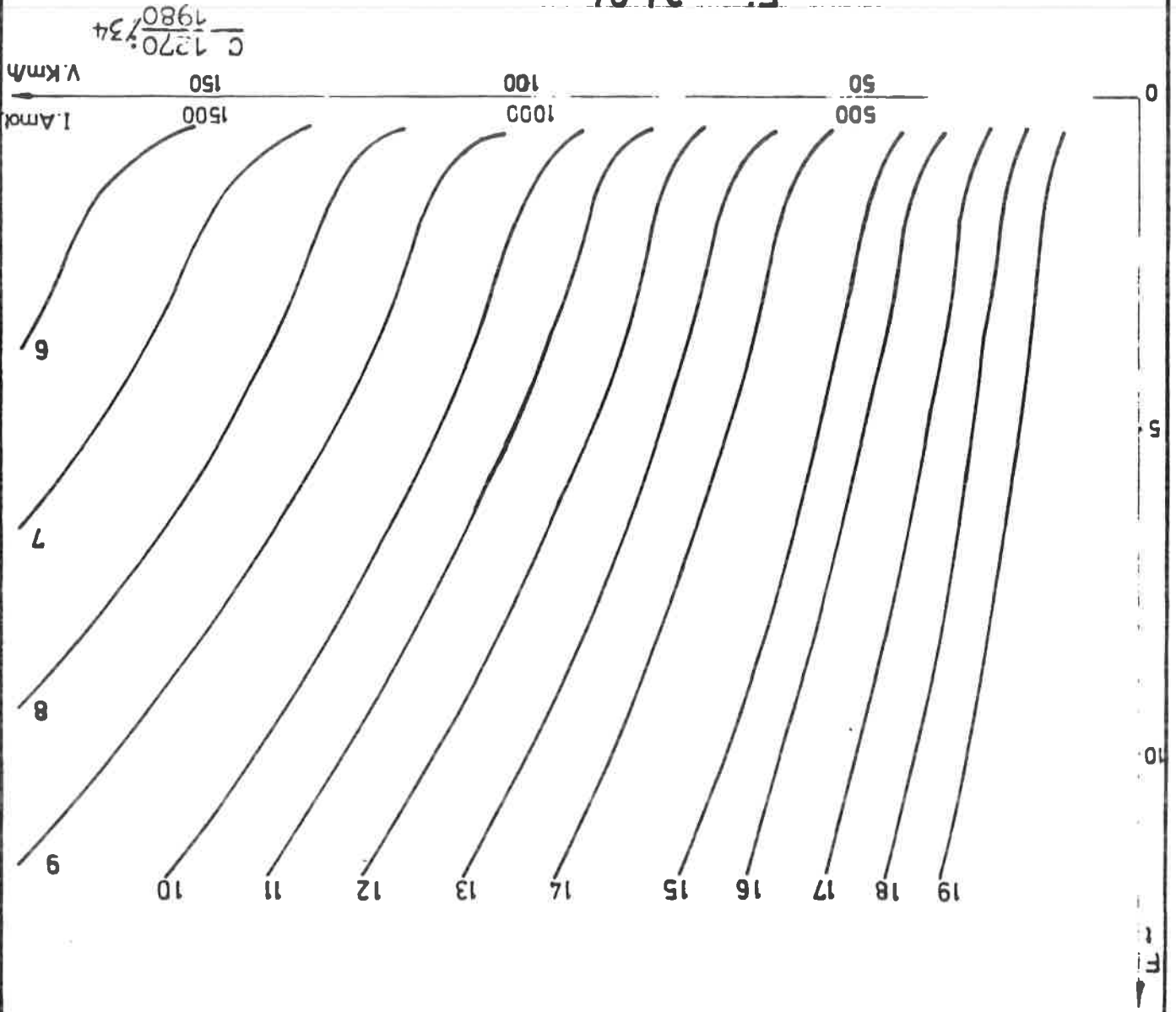
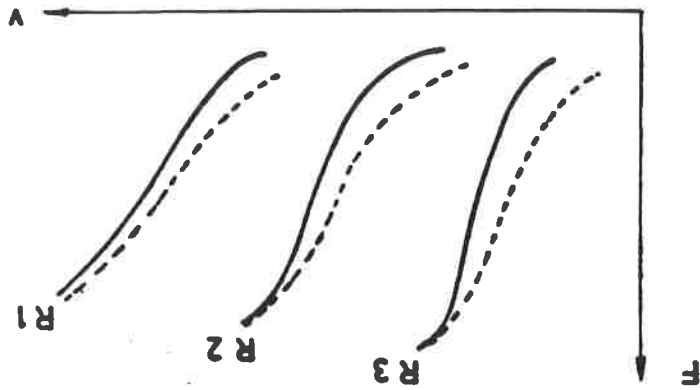


Fig. 34.03



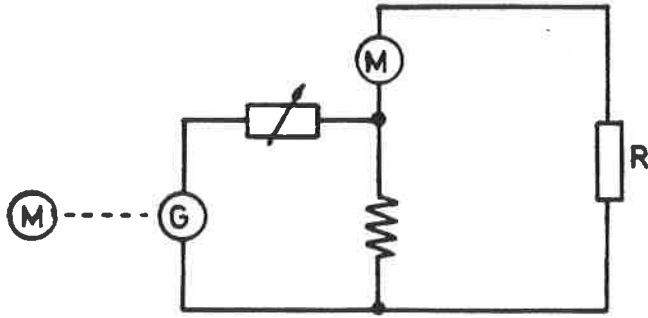


Fig. 34.05

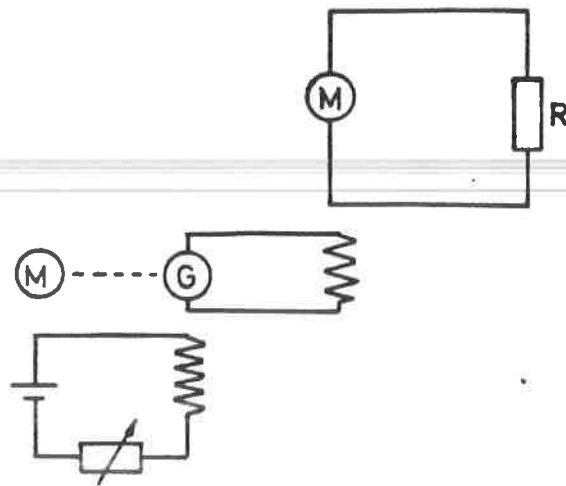
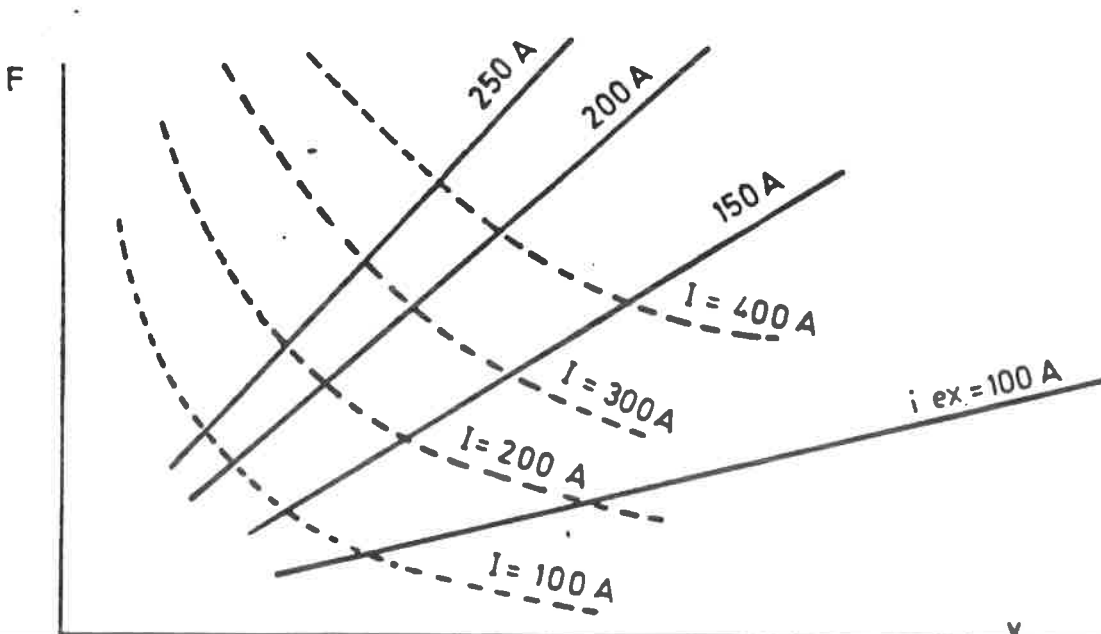


Fig. 34.06



C 1270
1980/34

Fig. 34.07

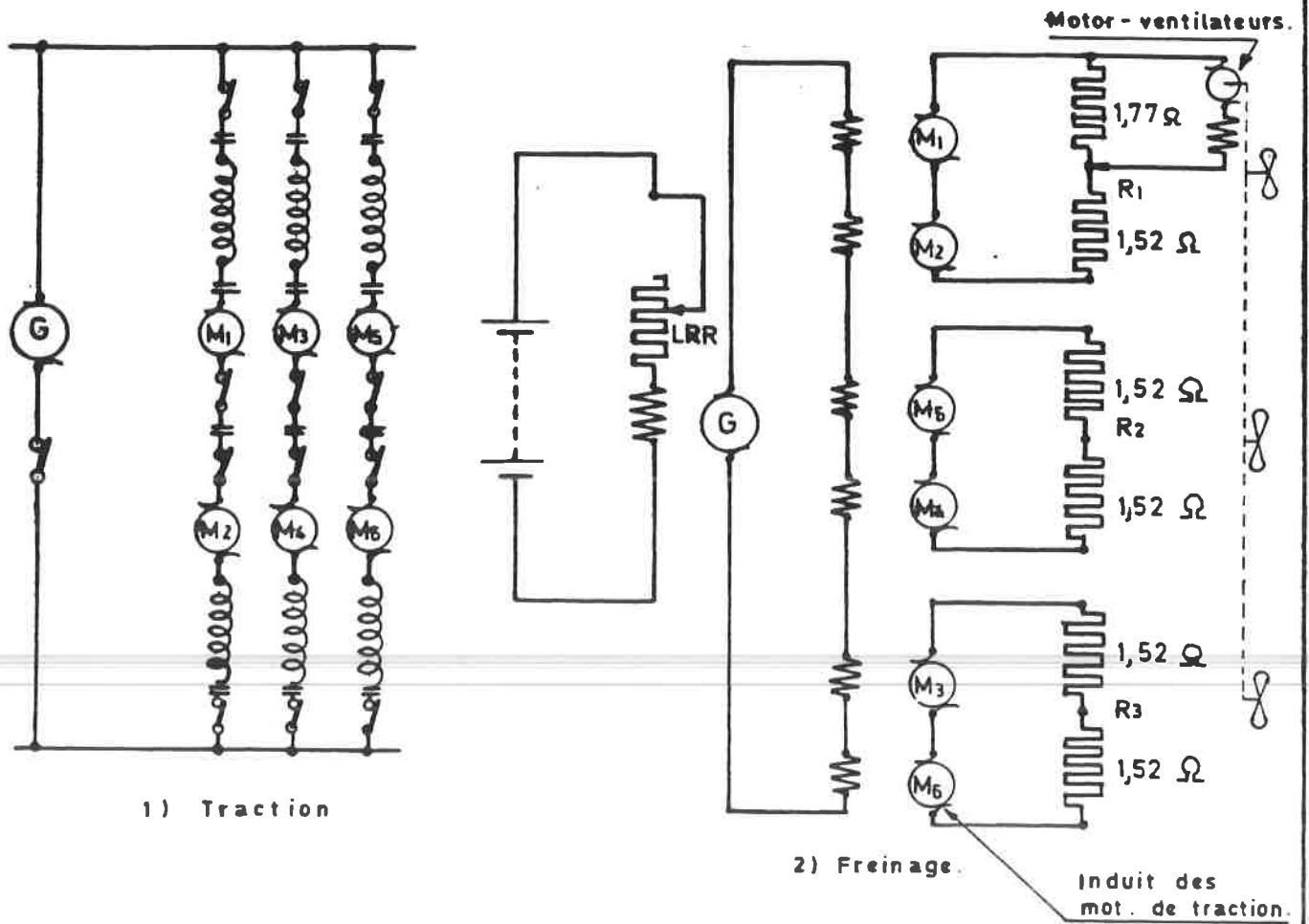


Fig 34.08

Effort de freinage en fonction de la vitesse.

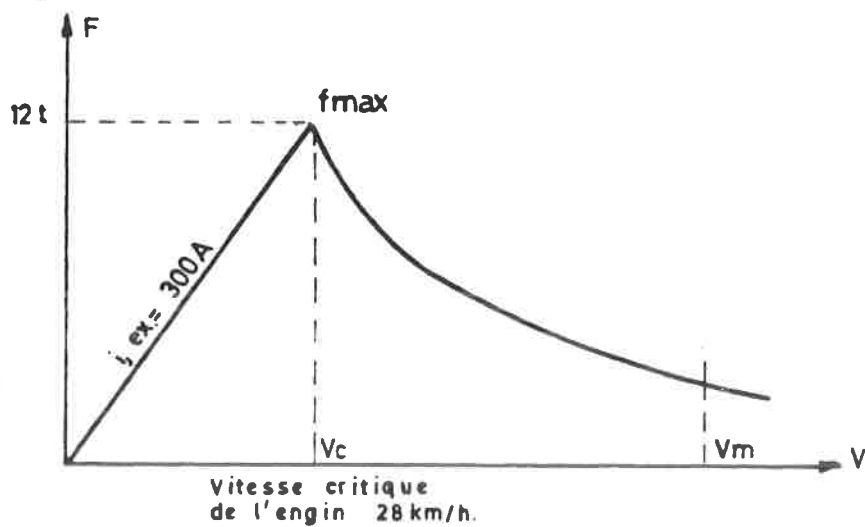


Fig. 34.09

Fig. 34.11

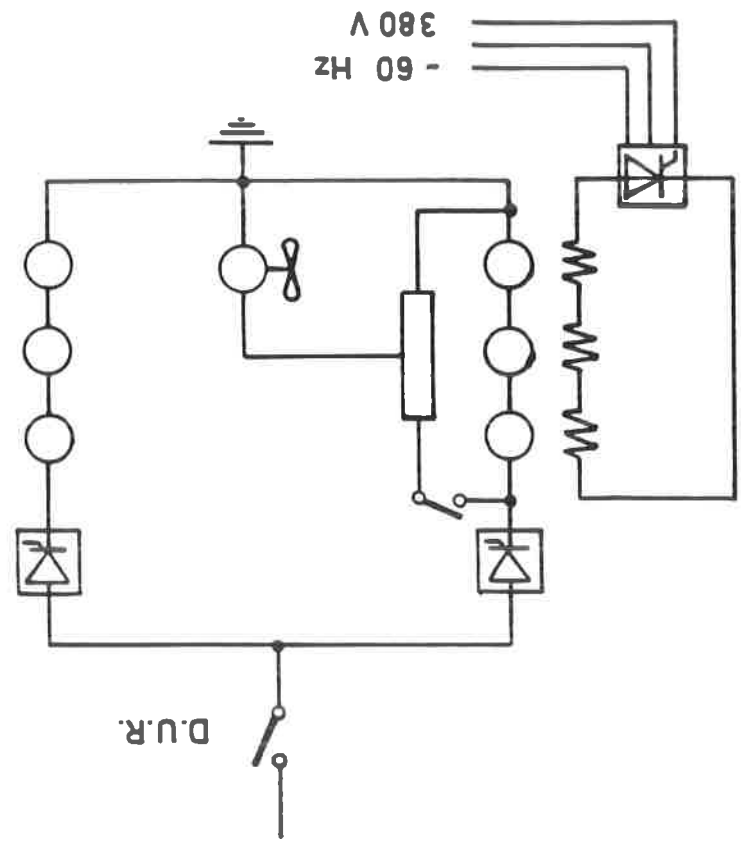
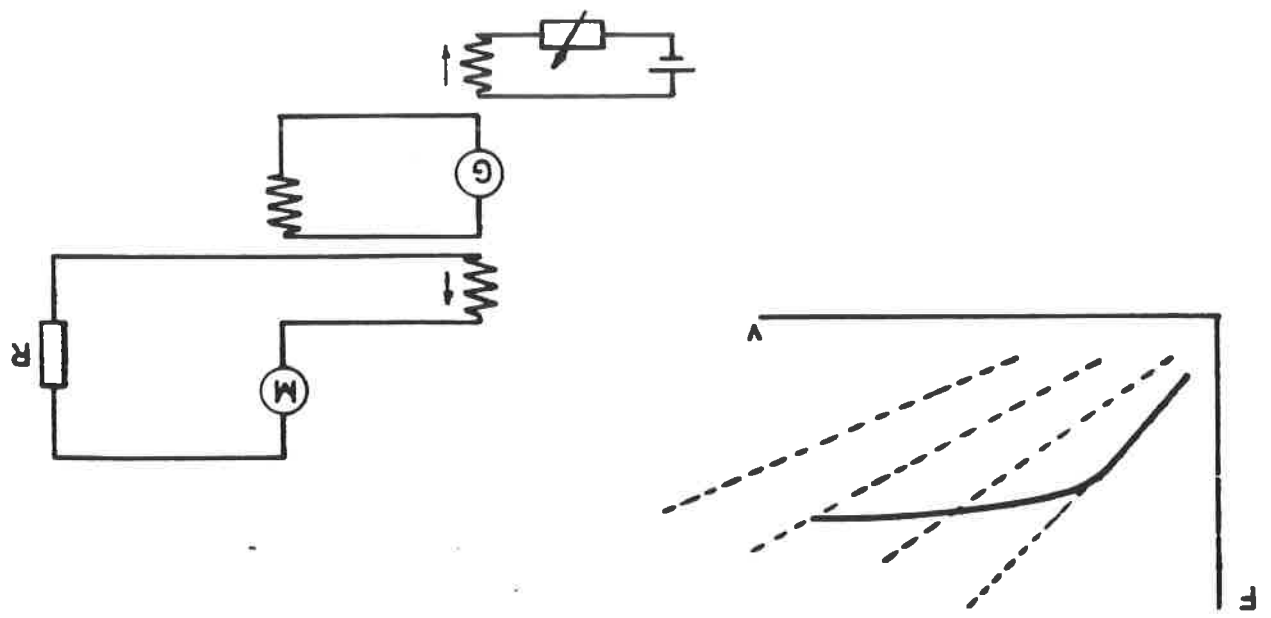


Fig. 34.10



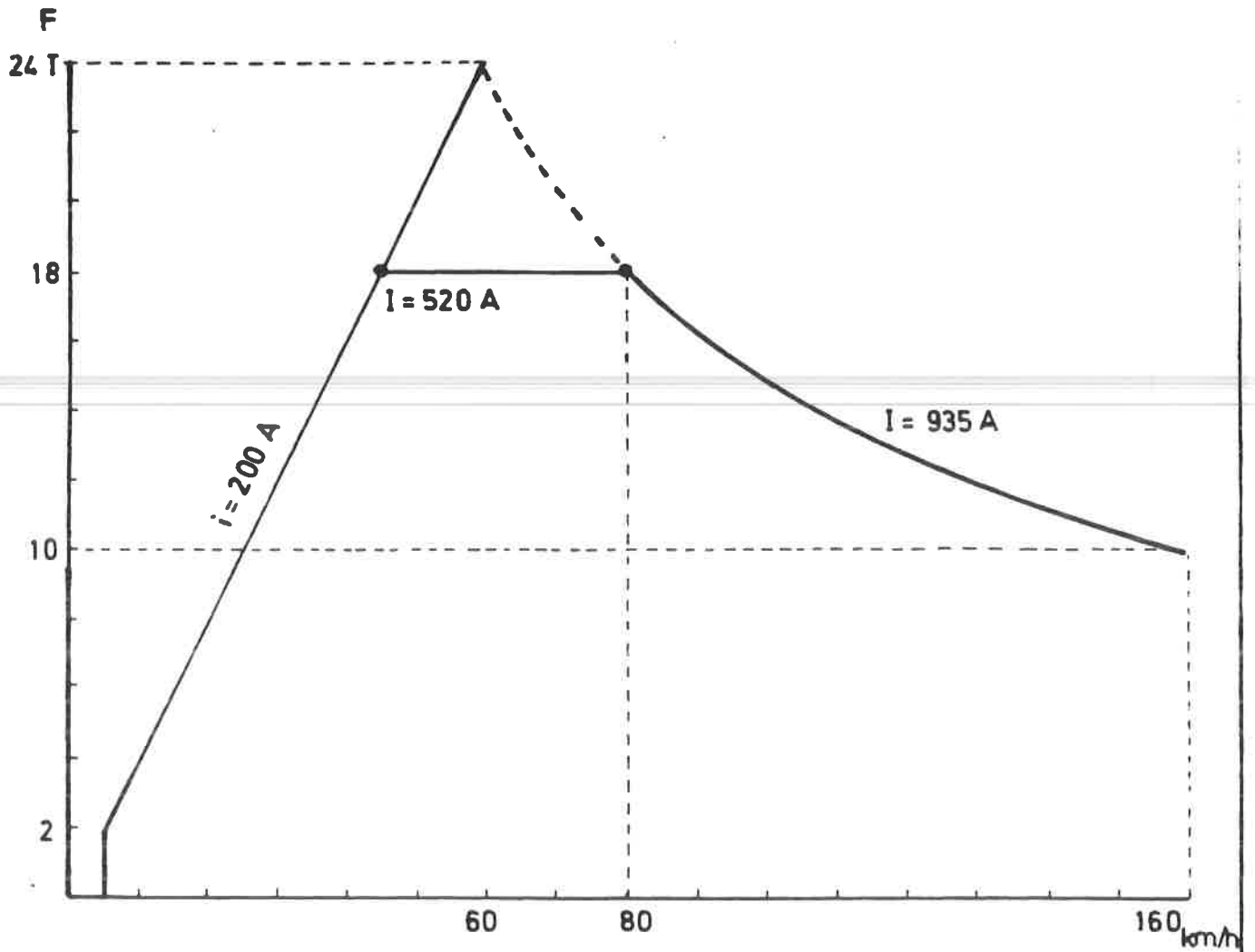


Fig. 34.12

Le freinage par récupération.

35.01. Principe.

Le principe du freinage par récupération est totalement différent de celui du freinage rhéostatique.

Les moteurs doivent, en tant que génératrices, débiter du courant dans un réseau à tension variable U (fig. 35.01).

Le courant de freinage, et par suite l'effort de retenue, n'est plus déterminé que par E, mais par la différence E - U

$$I = \frac{E - U}{R + r}$$

a) Une petite diminution de U (par suite de l'accroissement de la consommation délivrée par la ligne, par exemple, provoquera non seulement une augmentation de I, mais aussi dans une excitation série, une augmentation de E.
L'effort de freinage deviendra si important que les relais à maxima vont fonctionner.

b) Que se passe-t-il lorsque, dans le cas d'une dynamo-série,
 $U > E$?
(augmentation brusque de la tension de ligne).
Ceci est représenté à la fig. 35.02. Le courant va s'inverser aussi bien dans l'inducteur que dans l'induit.

I devient négatif et le flux aussi :

$$C = K (-I) (-\phi).$$

Le couple reste toujours un couple de freinage, mais la f_{cem} a changé de sens

$$E = k N (-\phi) \text{ et est donc négative.}$$

Le courant prendra rapidement une valeur énorme

$$I = \frac{-E - V}{R + r}$$

si bien que les protections de la machine vont entrer en jeu.
Ce freinage vigoureux n'est pas de la récupération puisque du courant est pris à la caténaire.

Conclusion.

La récupération est seulement possible en faisant travailler les moteurs comme dynamos à excitation indépendante.

2.

35.02. Courbes de freinage.

Si nous supposons que U reste constant et qu'il y a un consommateur en ligne, nous pouvons tracer une courbe donnant l'effort de freinage en fonction de la vitesse, comme pour le freinage rhéostatique.

Ceci a été fait, à la fig. 35.03, pour une locomotive série 23 (en freinage SP). Les courbes i donnent d'une part la valeur maximum de l'effort de retenue pour un courant d'excitation constant allant de 100 à 225 A (valeur maximum). Ceci correspond évidemment chaque fois avec un courant d'induit I déterminé.

Les courbes à courant d'induit constant sont en-deça de celles représentées sur la figure pour 100, 200 et 310 A (valeurs maximum).

Nous voyons par exemple qu'à 35 km/h, avec un $i = 225$ A, il passe un courant de 100 A dans l'induit. L'effort de retenue est alors de 45 kN (= 4,5 t). Une petite augmentation de la vitesse jusque 38 km/h entraînerait une augmentation du courant récupéré jusqu'à 310 A. L'effort de retenue vaut alors 130 kN (= 13 t).

Une variation brusque de U provoquerait également de telles variations. Il est pratiquement impossible de charger le conducteur du contrôle et du réglage de tels paramètres. Sa réaction serait de toute façon trop tardive.

C'est pourquoi il a fallu concevoir une certaine automaticité dans la régulation :

- par exemple, lorsque U augmente, faire augmenter i .
Cela se déroule déjà d'une certaine manière puisque le groupe entraînant la génératrice est alimenté par cette même tension U ;
- par exemple, en faisant diminuer i lorsque I augmente.
Cela est réalisé par une alimentation anti-compound de l'inducteur de la génératrice qui fournit le courant i d'excitation des moteurs.

La fig. 35.04 montre comment ces mesures ont été appliquées sur une locomotive type 23.

La génératrice possède 3 enroulements d'excitation : un enroulement série, un enroulement en opposition alimenté par le courant moteur et un enroulement alimenté par la batterie via un rhéostat R . Le rhéostat R est commandé par la boule d'effort du manipulateur.

Pour chaque position du rhéostat, on peut tracer la courbe correspondante F/V (fig. 35.05).

Le rapport I/i est déterminé (2 à 3) pour obtenir une bonne commutation.

En combinant cette courbe F/V avec les 2 autres i/c^r et I/c^r , on peut, pour chaque position du manipulateur, en lisant seulement la force de freinage en fonction de V , établir par interpolation le courant récupéré I et le courant d'excitation i correspondants.

35.03. Schéma locomotive série 23.

Le schéma de traction de la locomotive série 23 est représenté à la fig. 35.06. La seule différence par rapport aux autres locomotives, réside dans la présence de contacteurs de ligne CL1 à CL4 qui sont fermés en traction.

De plus, il existe un groupe ME - Exc alimenté en haute tension par la contacteur C117 lors de la préparation de la récupération. C'est-à-dire aussitôt que le manipulateur est placé dans un cran "récupération".

Par l'intermédiaire du JH2 (au cran -3), les contacteurs 24 - 25 - 26 sont fermés et couplent ainsi les 4 inducteurs en série à la génératrice Exc.

La tension aux bornes des moteurs de traction augmente (point IE) pendant que le conducteur augmente le courant d'excitation (élimination résistance C1.C8).

Aussitôt que cette tension est plus élevée (± 100 V) que la tension de ligne, le relais différentiel de tension Q42 fera fermer les contacteurs de ligne.

La récupération commence : la valeur du courant pourra être réglée par la boule d'effort.

35.04. Autres particularités.

- Le moteur du groupe est du type compound. De plus un transformateur spécial veille à atténuer les brusques variations de tension de la ligne.
- Afin d'éviter un enrayage, le frein automatique est neutralisé sur la locomotive durant la récupération.
- Lors d'un non-fonctionnement de la récupération, les contacteurs de ligne s'ouvrent (et non pas le DUR) et le freinage d'urgence automatique entre en action pendant que l'alimentation de la conduite automatique est neutralisée.
- Les circuits comportent également quelques relais indispensables pour la protection :
 - Q20 relais de surtension;
 - Q50 relais à retour de courant qui fait déclencher la récupération si $I < 50$ A.

4.

Il existe également un interrupteur "récupération" qui sert à neutraliser momentanément l'action du relais à retour de courant afin de franchir un palier situé entre 2 pentes sans manoeuvrer le manipulateur.

La fig. 35.07 montre, pour terminer, les courbes de récupération pour la locomotive couplée en SP, comme représenté dans les brochures.

Nous voyons que le plus grand effort de freinage peut être exercé vers ± 75 km/h.

Il y a une limite pour le courant d'induit I, pour le courant d'excitation i ainsi que pour la vitesse (125 km/h).

35.05. Intérêt de la récupération.

Analysons combien d'énergie peut être récupérée durant une descente en supposant qu'il y a toujours un utilisateur présent dans la section (cela suppose une ligne à fort trafic).

La puissance absorbée par un train gravissant une rampe de i mm/m à la vitesse de V km/h, est donnée par la formule :

$$W = UI = \frac{P (i + r) \cdot V}{3,6} \quad (\text{avec } P = M \cdot g)$$

où M = masse du train en kg

V = vitesse en km/h

r = résistance au roulement en daN/t

= rendement des moteurs.

Nous divisons par η parce que la puissance absorbée réelle est plus grande que la théorique.

Supposons que ce même train descend cette déclivité à la même vitesse V .

Dans ce cas, l'effort de freinage n'est pas $F = P (i + r)$ mais bien $F = P (i - r)$.

L'énergie maximale à réinjecter dans la caténaire vaut

$$W' = V'I' = P (i - r)$$

Nous multiplions par le rendement de la locomotive parce que l'énergie fournie est plus petite que celle théoriquement possible.

Le rapport :

$$\frac{W'}{W} = \frac{(i - r)}{(i + r)}$$

avec $\eta = 0,9$ et $r = 3$ N/N (à 60 km/h par exemple).

Nous trouvons pour une déclivité de 16 mm/m

$$\frac{W'}{W} = \frac{16-3}{16+3} \cdot 0,81 = 0,56$$

pour une déclivité de 12 mm/m

$$\frac{W'}{W} = \frac{12-3}{12+3} \cdot 0,81 = 0,48$$

pour une déclivité de 6 mm/m

$$\frac{W'}{W} = \frac{6-3}{6+3} \cdot 0,81 = 0,27$$

Conclusion.

La récupération perd beaucoup de son attrait pour des lignes où la déclivité est plus petite que 16 mm/m.

Même dans ce cas, on ne peut récupérer, dans des circonstances idéales, que 50 % de l'énergie qui a été consommée pour la montée.

La pratique pour la ligne de Luxembourg a démontré que la récupération ne couvre que 10 % de la consommation totale.

De plus, ce type de locomotive coûte plus cher, pèse plus lourd et exige plus d'entretien.

C'est pour ces raisons que les locomotives série 26 ne furent pas équipées du freinage par récupération.

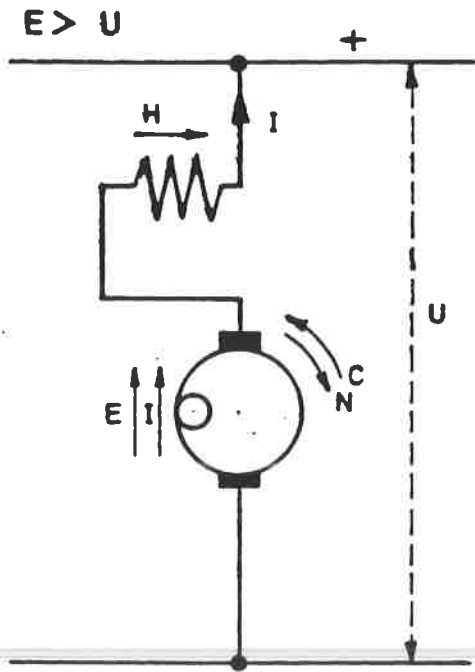


Fig. 35.01

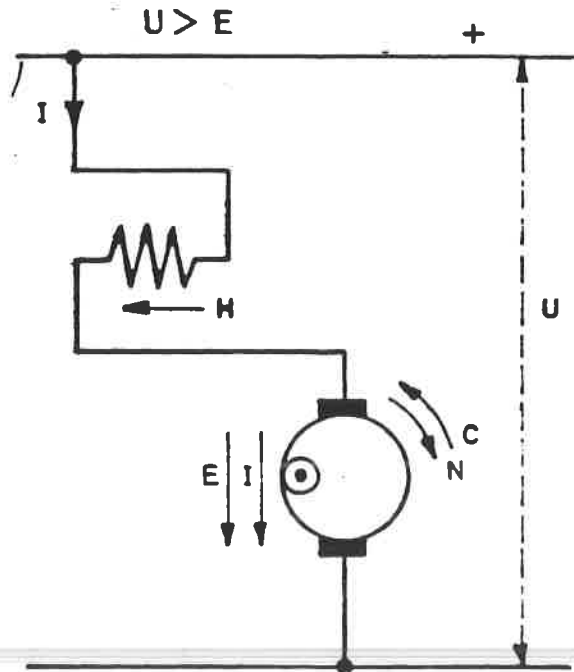


Fig. 35.02

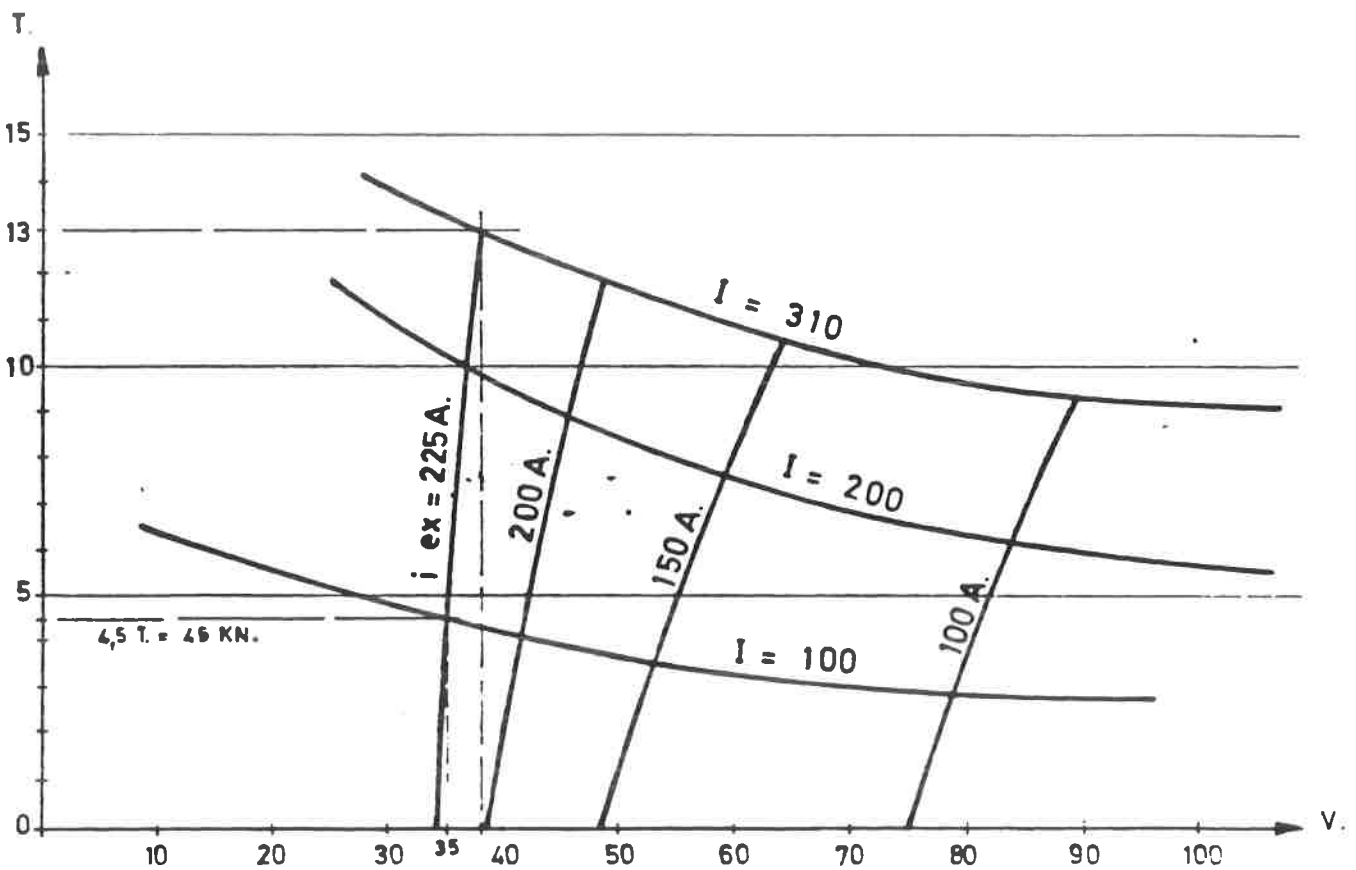


Fig. 35.03

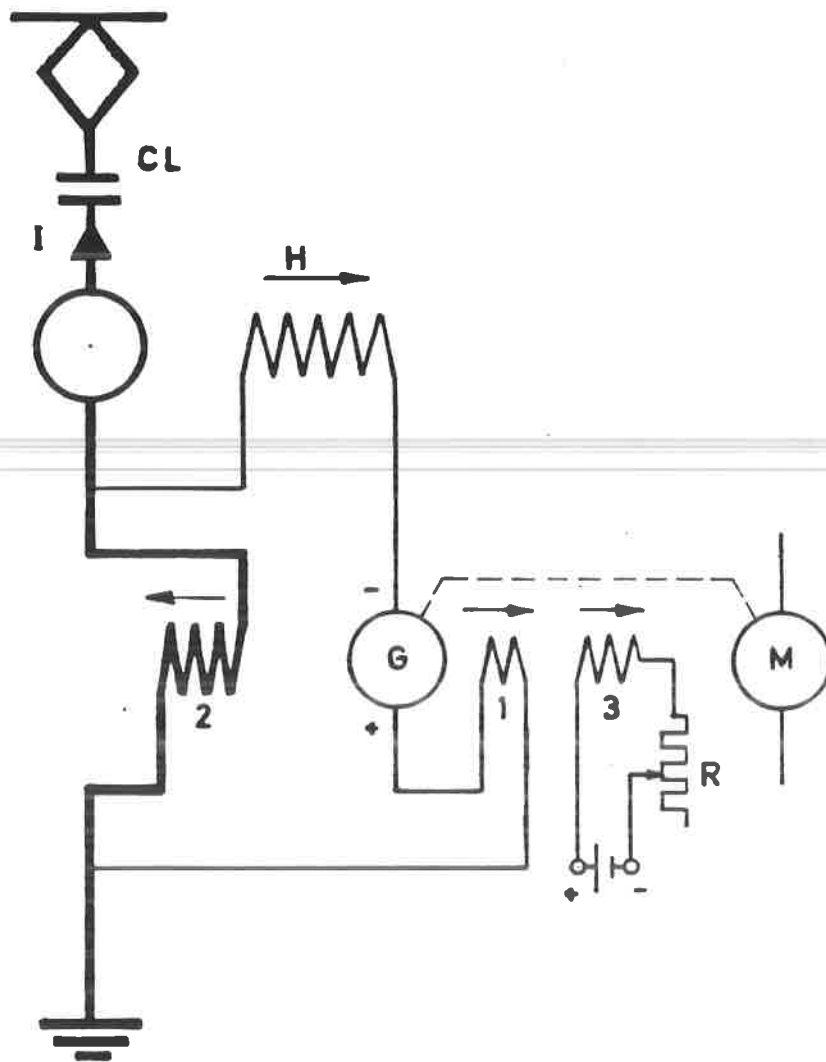


Fig. 35.04

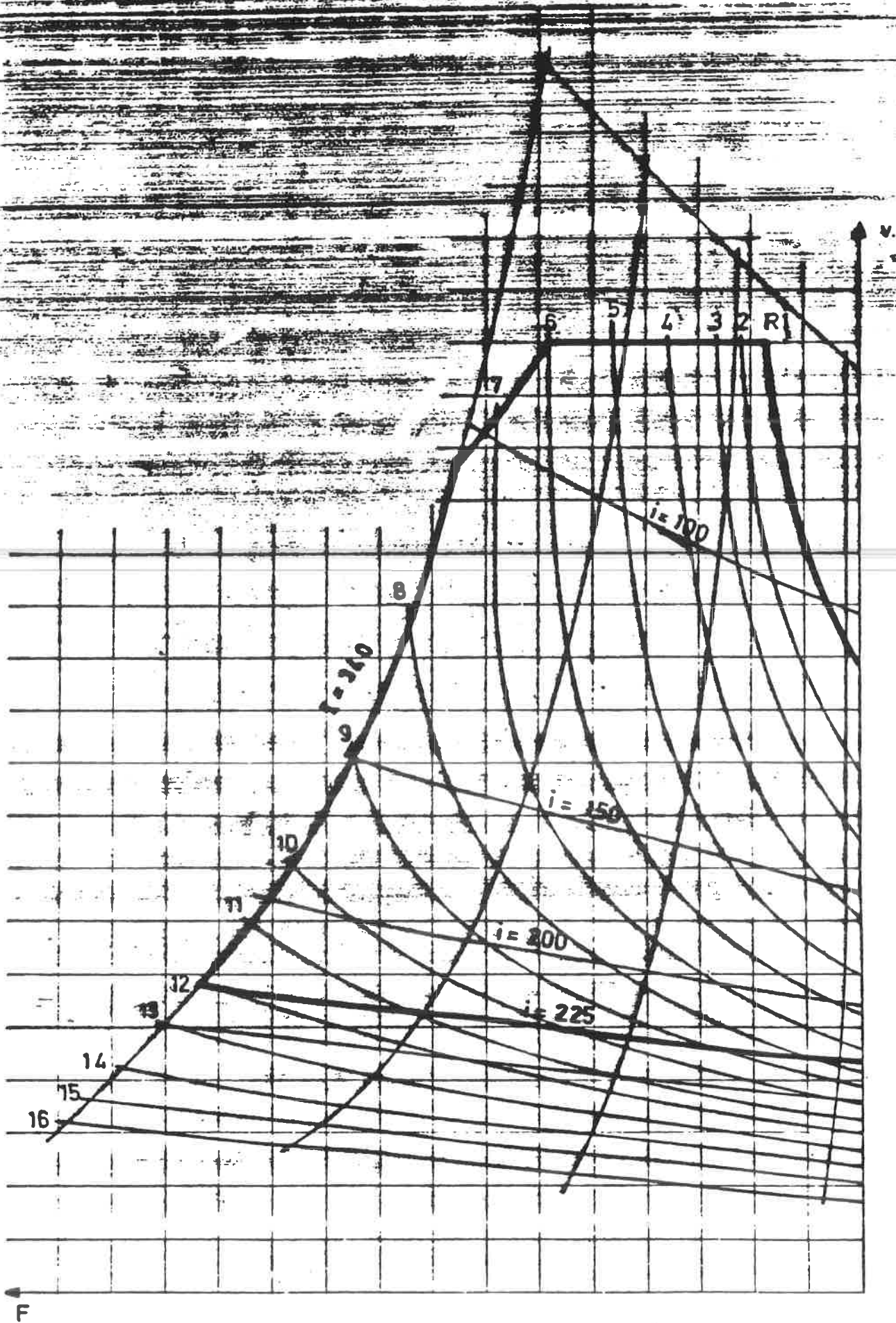


Fig. 35.05

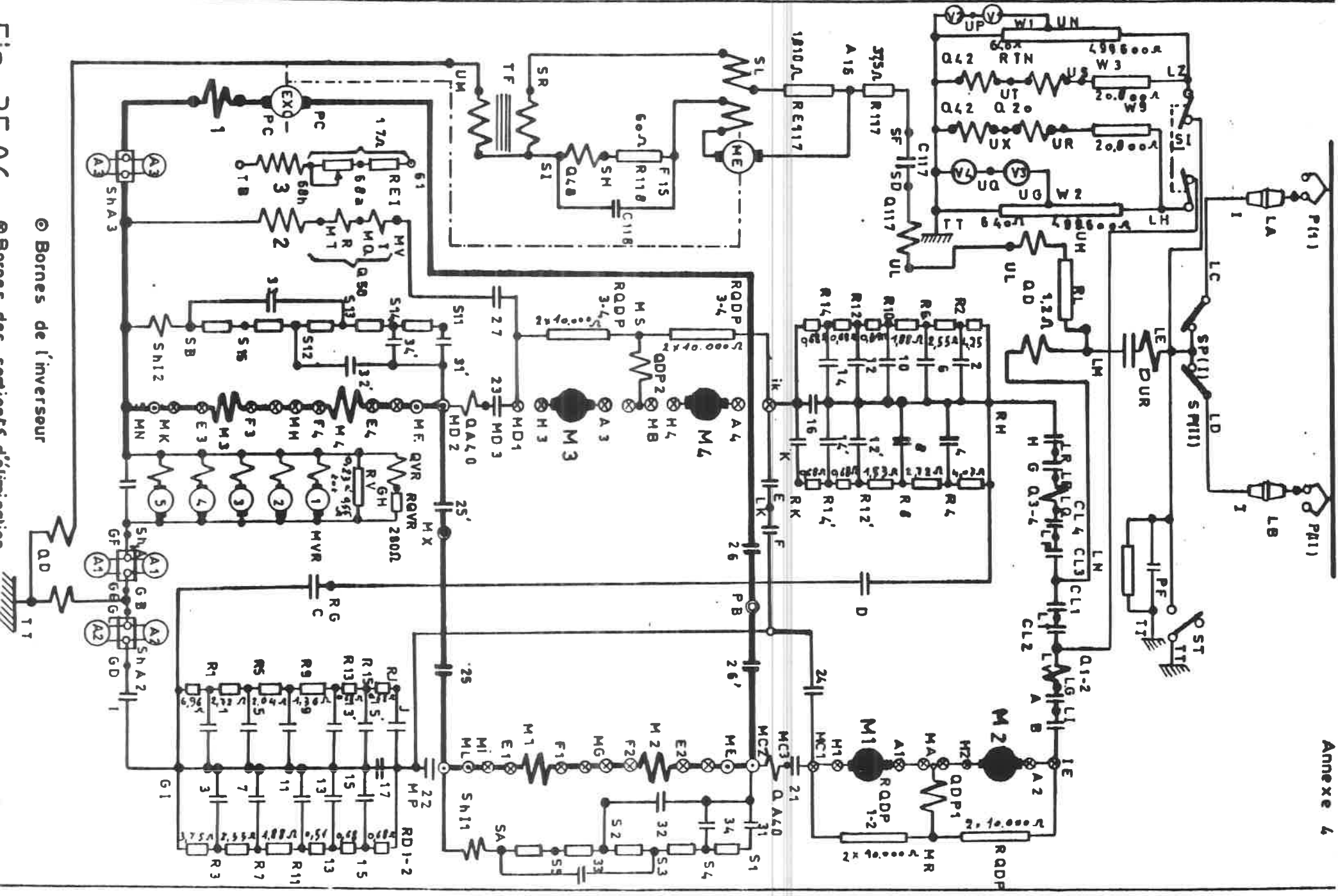


Fig. 35.06

© Borne de l'inverseur
© Borne des sections d'élimination

Courbes caractéristiques de récupération

Série-parallel

3200V Roues neuves de $\varnothing 1262$ mm

Excitation indépendante des inducteurs

Température de 75°C dans tous les éléments

qui sont dans le circuit de récupération;

résistances, inducteurs, moteurs, excitatrice, etc.

i : courant en A dans les inducteurs

j : courant en A dans l'induit

courant continu du moteur ≈ 310 A

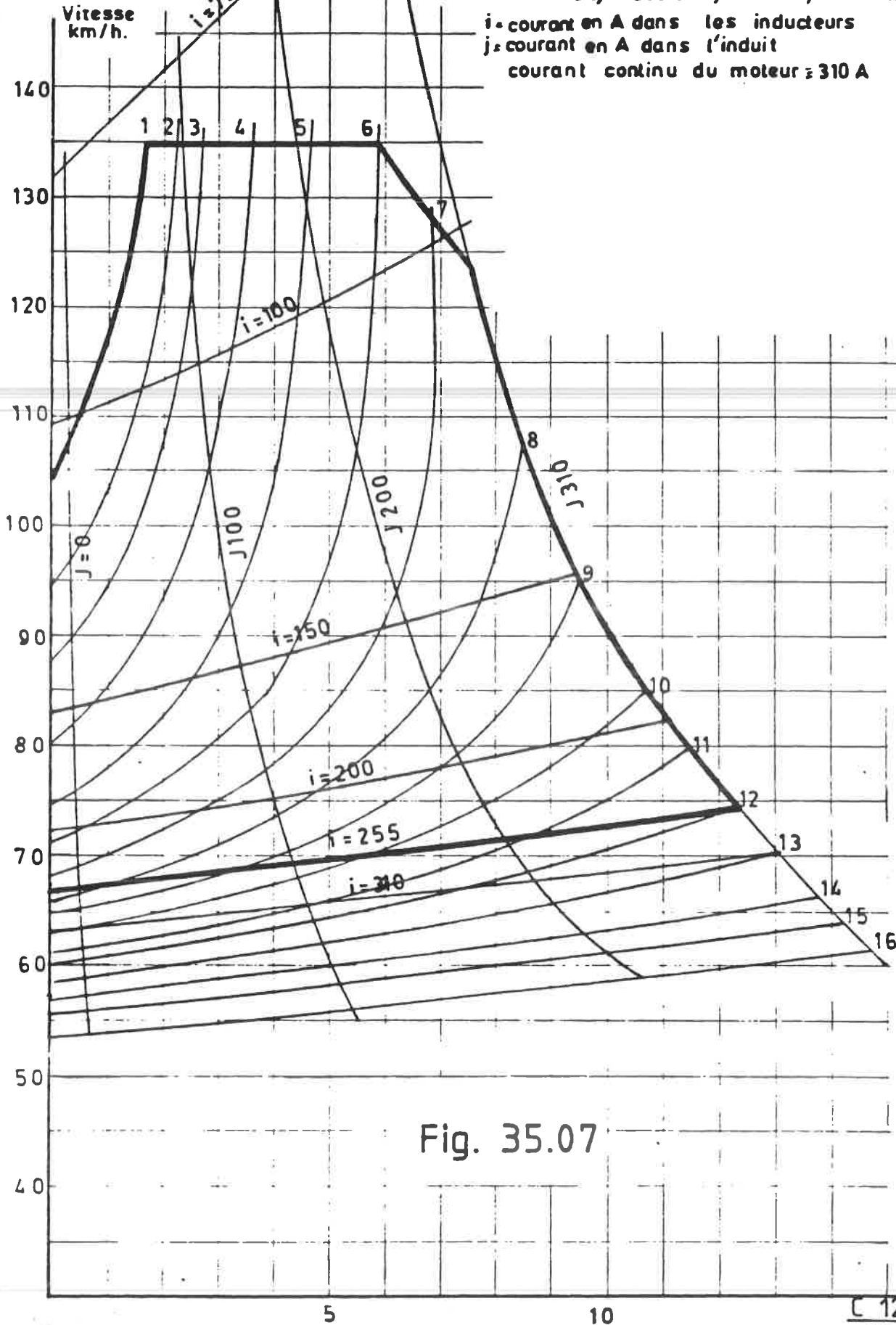


Fig. 35.07

Freinage électrique à thyristors

36.01. Depuis que l'on utilise le moteur à courant continu dans la traction électrique, le freinage rhéostatique s'est imposé en premier lieu.

Le freinage par récupération n'étant pratiquement réalisable que dans le cas de longues déclivités (de $\pm 16\%$, il ne fut appliqué que rarement malgré un intérêt économique certain).

La raison de cette situation est évidente :

- a) Nécessité de prévoir un groupe moteur-générateur pour assurer l'excitation indépendante.
- b) Force électromotrice insuffisante pour pouvoir récupérer à faible vitesse, même à excitation maximale.
- c) La réalisation des différents circuits électriques ne s'effectue pas automatiquement au moyen du robinet de frein; une certaine habileté est requise de la part du conducteur.

Dans les équipements classiques, l'on utilisera donc jamais la récupération pour un freinage d'arrêt.

L'application de thyristors pour le circuit de traction permet le freinage par récupération d'une façon très simple et peu coûteuse, soit par une excitation série, soit par excitation indépendante des moteurs de traction et ce pratiquement jusqu'à l'arrêt.

La récupération n'est possible que pour autant qu'il existe un "consommateur" sur la ligne. Il faut donc trouver une solution pour pallier ce fait.

Deux solutions sont possibles :

- a) Appliquer immédiatement le freinage rhéostatique

Cette solution est évidemment idéale mais elle nécessite un appareillage supplémentaire ce qui remettrait en question les avantages des thyristors.

- b) Appliquer immédiatement le freinage pneumatique

C'est ce qui est réalisé sur les AM 80.

L'effort de freinage demandé est réalisé soit par la récupération, soit par récupération + freinage pneumatique, soit uniquement pneumatique.

2.

Cela s'effectue sans autre intervention du conducteur qui commande uniquement le robinet de frein.

Sur les locomotives 20 et 27 par contre, l'on utilise le freinage rhéostatique pour des raisons de sécurité en cas de défaut mécanique au frein (parcours à vide).

Dans ce cas, le conducteur commande uniquement son robinet de frein.

Suivant l'effort de freinage demandé, le freinage électrique sera combiné automatiquement au frein pneumatique.

En outre, la possibilité subsiste de réaliser un effort de freinage rhéostatique seul au moyen du manipulateur afin de régler la vitesse dans les longues pentes.

Dans les deux cas, le réglage de l'effort de freinage est rendu automatique au moyen du hacheur à thyristors qui agit sur le courant d'excitation des moteurs de traction.

36.02. Freinage rhéostatique

Le moteur série est caractérisé par un coefficient de self induction L_m et par une résistance ohmique R_m (fig. 36.1).

La résistance de freinage R_f se trouve branchée en parallèle sur le hacheur H qui fonctionne à la fréquence $f = \frac{1}{T}$.

Il reste fermé durant la période ST 1. Lors de la fermeture du hacheur, la tension aux bornes de la résistance est égale à 0.

Durant son ouverture, cette tension devient :

$$U = R_f \times I_m$$

La tension moyenne durant une période de fonctionnement du hacheur sera donc : (fig. 36.2)

$$U_m = I_m \times R_f \times (1 - ST)$$

A cause de la grande impédance du circuit, le courant I_m varie peu.

Le système restera stable tant que la croissance de I_m durant la fermeture du hacheur sera suivie d'une décroissance identique durant le débit dans R_f (hacheur ouvert).

Tout se passe comme si le moteur débitait dans une résistance variable de valeur $R_f (1 - S)$.

Le point de fonctionnement du circuit est déterminé par le diagramme U / I_m (fig. 36.3).

Pour une vitesse de rotation donnée, N , du moteur (dynamo série), la tension dépend du courant I_m ainsi que de la courbe de magnétisation (saturation).

Le point de fonctionnement dépend donc de la résistance équivalente de R_f .

A faible vitesse (minimum), il faudra que le hacheur fonctionne avec un S max.

On diminuera donc progressivement le S à mesure que la vitesse augmente et pour n max. on aura S min.

Lors d'un freinage, il est souhaitable en outre de pouvoir régler le courant moteur entre deux valeurs I_m max. et I_m min. (de rapport $S/1$).

La valeur de la résistance R_f est déterminée de façon à pouvoir débiter un courant minimum à vitesse maximum (donc avec S min.).

Afin de réduire la tension sur le hacheur à grande vitesse, l'on peut par exemple shunter les inducteurs.

36.03. Freinage par récupération

Dans la fig. 36.4 l'on représente le hacheur H comme un interrupteur placé en parallèle sur le moteur, fonctionnant comme générateur.

La tension moyenne avec bornes du hacheur sera donnée par la formule

$$U_{Hm} = E (1 - S).$$

Si l'on suppose I_m constant tout se passe comme si le générateur débitait une résistance dont la valeur serait :

$$R = \frac{E}{I_m} (1 - S)$$

$$\text{Pour } S = 1 \quad R = 0$$

$$\text{Pour } S = 0 \quad R = \frac{E}{I_m}$$

Le courant de récupération est 0 lorsque le hacheur est fermé et égal à I_m lorsqu'il est ouvert (c-à-d hacheur bloqué).

La valeur moyenne du courant récupéré sur une période est donc $I_m (1 - S)$.

L'évolution du courant I_m peut se lire sur le diagramme de la fig. 36.02 où il suffit de remplacer IR_f par : I_{remp} .

4.

36.04. Schéma des AM type 80 en récupération

Considérons le schéma de traction de ces automotrices à thyristors (fig. 36.05).

Le thyristor principal Th P alimente le circuit de traction via une diode DS et la self de lissage SL.

Les contacteurs K1, K2 et K4 sont fermés (fig. 36.06). Avant le freinage, afin d'accélérer l'auto-excitation des moteurs série, il est procédé à une prémagnétisation des inducteurs avec une tension de l'ordre de 30 Volt produite par un ~~convertisseur~~ statique. Ce circuit est réalisé par la fermeture du contacteur K5.

Cette excitation indépendante sera supprimée dès que les moteurs produiront assez de f.e.m. pour envoyer un courant de récupération dans la caténaire (fig. 36.07). A ce moment, le hacheur sera ouvert (bloqué) et le courant de récupération circulera de la masse (117) via les selfs L6 - L5 - SL, les inducteurs, une résistance tampon et les induits vers la caténaire.

Lorsque le hacheur est fermé (passant), la source de courant (c-à-d les moteurs série fonctionnant comme dynamo) se trouve momentanément court-circuitée par fil 103 et diode DS et ceci suivant le rapport cyclique S.

Nous citons pour mémoire le circuit d'extinction Th E - DA - Cc.

Fig. 36.01

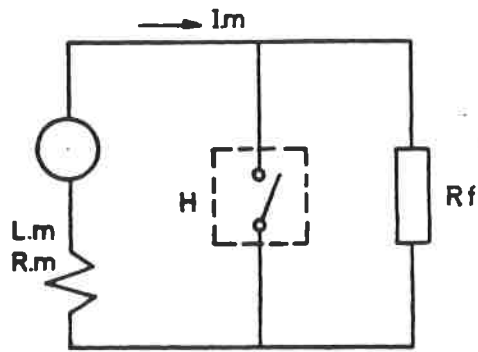


Fig. 36.02

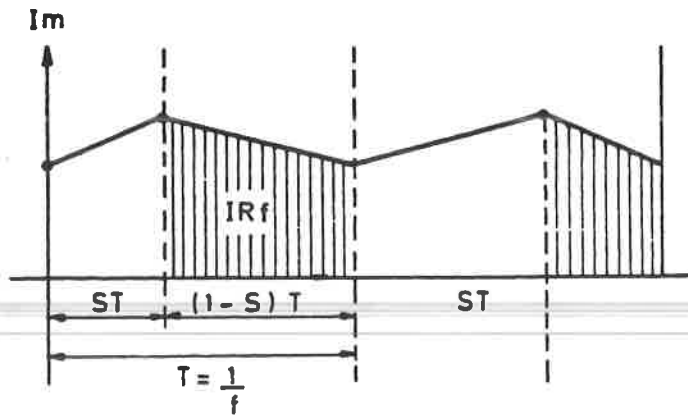


Fig. 36.03

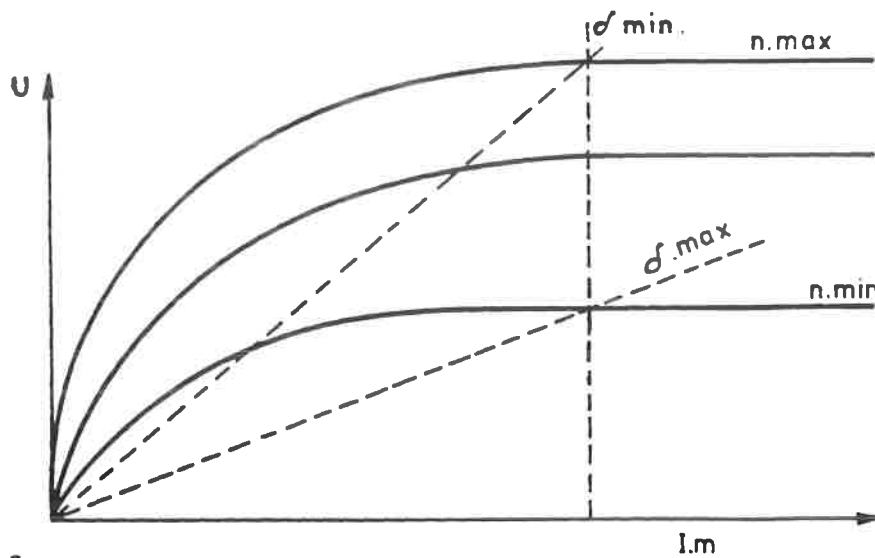
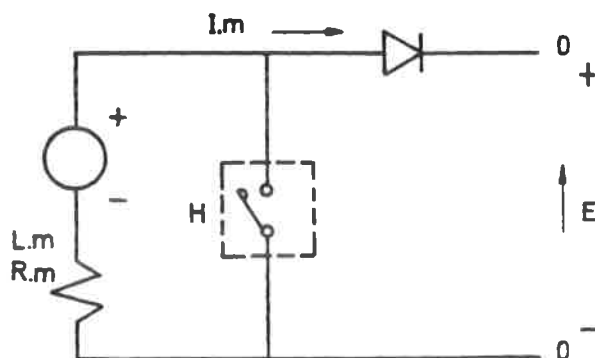


Fig. 36.04



A. M. SERIE 80
TRACTION

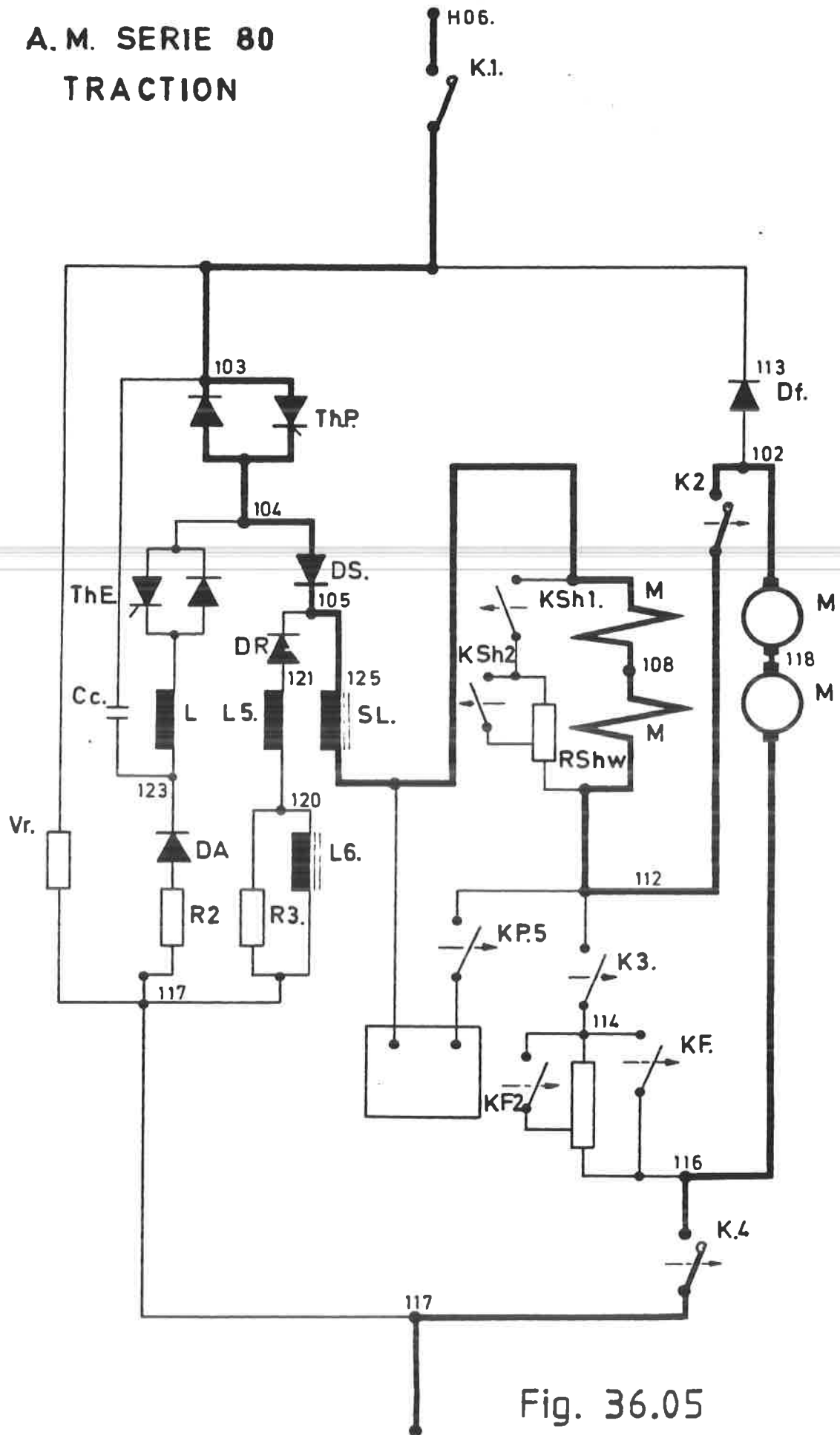


Fig. 36.05

A. M. SERIE 80
PREMAGNETISATION.

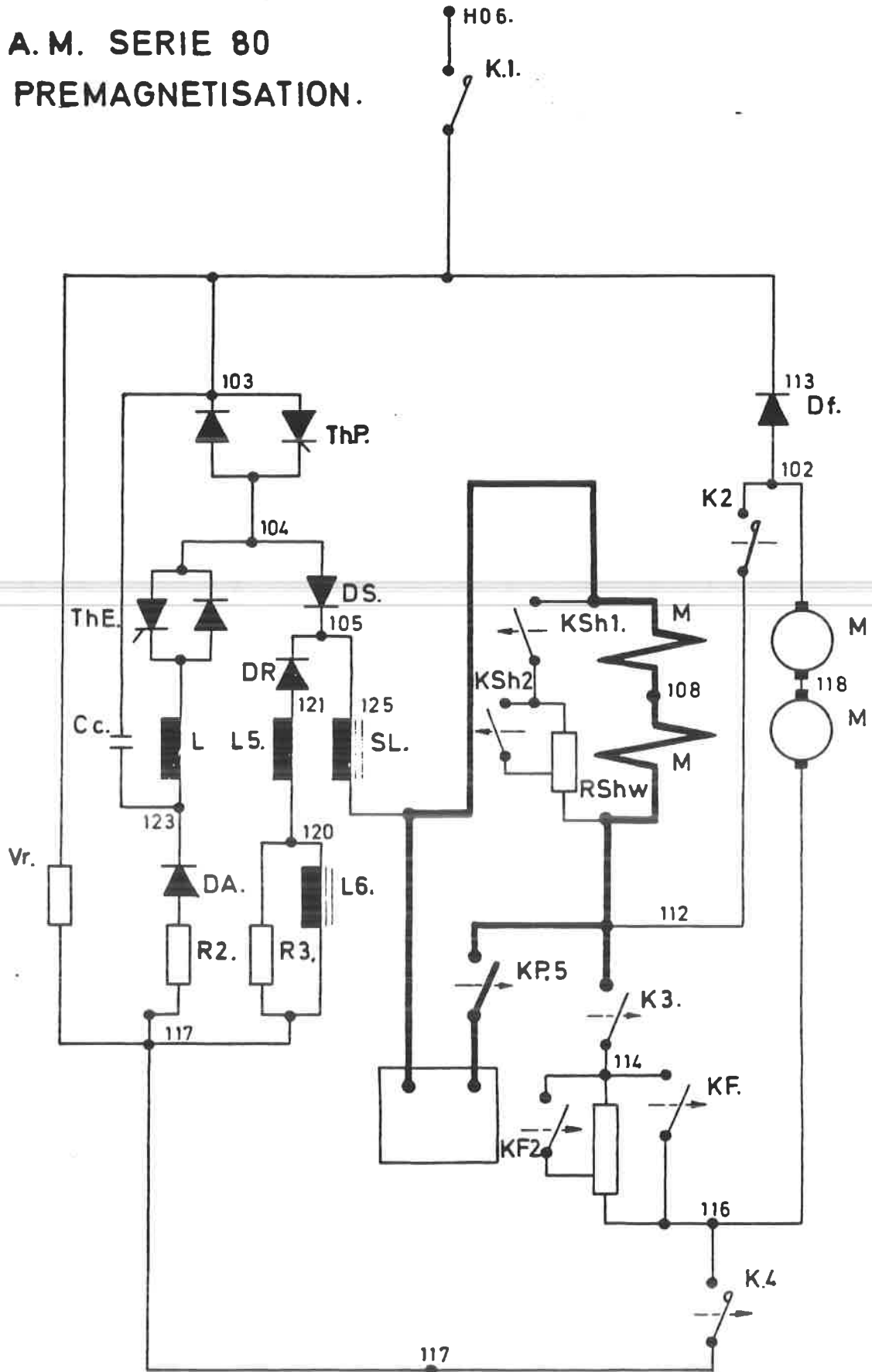


Fig. 36.06

A.M. SERIE 80
RECUPERATION

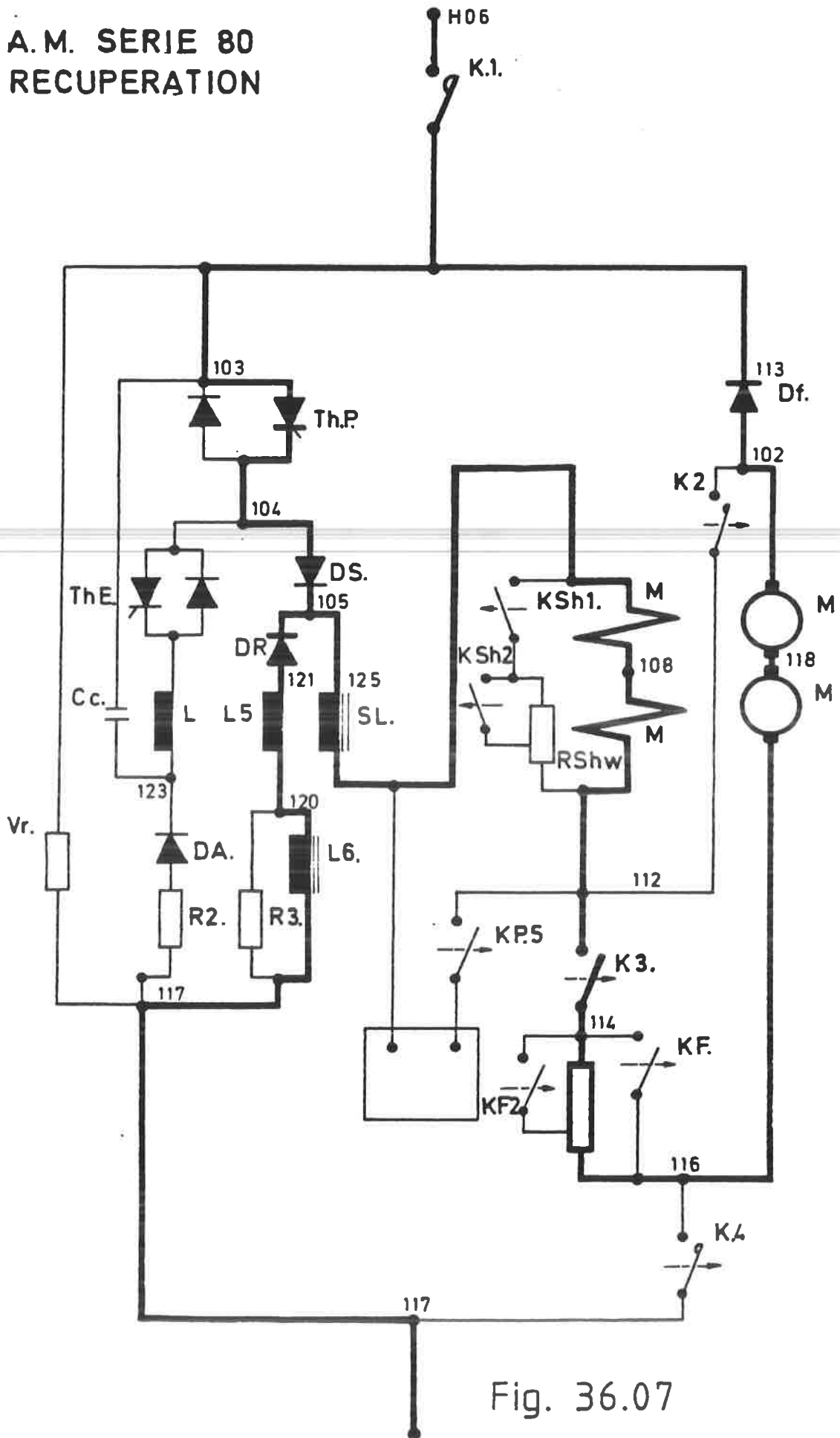


Fig. 36.07

PROTECTIONS ELECTRIQUES37.01. Généralités

Le règlement général des installations électriques prévoit explicitement à l'art.1 qu'il n'est pas applicable à la traction électrique, tant pour ce qui concerne le matériel roulant que les installations fixes.

Dans certains pays comme l'Allemagne l'on se limite à apporter sur la porte d'accès à la salle des machines l'écritau indiquant le danger électrique.

Le personnel est donc supposé être au courant des dangers de l'électricité. Une faute par distraction peut donc avoir des conséquences graves.

Il faut convenir cependant que le courant alternatif, à part les entrées 15 kV du transformateur, n'est pas aussi meurtrier que le courant continu 3 kV.

Il y a en effet très peu de personnes qui ont survécu à un choc électrique de 3 kV c.c.

Outre le règlement Général d'Electricité, il y a un "Règlement Général du Travail" (arrêté du Régent du 11.2.46 et 27.1.47) dans lequel l'article 54.4.2 stipule :

"Sauf nécessité technique à laquelle il est impossible de déroger, les employeurs doivent prendre les mesures matérielles de nécessité indispensables afin de protéger les travailleurs contre les risques décelables inhérent à leur travail.

Il ne suffit donc pas de promulguer des règles de sécurité. Un instant de distraction de la part d'un agent doit être considéré comme un risque prévisible.

Afin d'éviter des accidents, il faut que tous les appareils HT du matériel de traction (et des voitures) soient rendus inaccessibles.

Sur les automotrices, il est fait exception pour les appareils qui ne sont normalement sous tension que durant la marche (résistances de démarrage).

Il n'est pas empêché que nos prescriptions de sécurité interdisent de se rendre sous une automotrice sans avoir pris les précautions de protection nécessaires contre les dangers d'électrocution. Une armoire HT pourrait être abîmée par exemple à la suite de quoi un appareil ou un câble sous HT deviendrait accessible.

Sur les locomotives cela n'est pas le cas, mais les moteurs auxillaires HT doivent également être rendus inaccessibles. Les trappes de visite sont verrouillées.

37.02. Dispositifs de sécurité.

Les appareils HT sont rendus inaccessibles par un verrouillage des coffres et armoires.

Les clés de verrouillage doivent être à leur tour "verrouillées" c.à.d. emprisonnées dans un appareil dit "de sécurité".

Ces clés ne peuvent être libérées que lorsque les circuits pneumatiques et électriques basse tension, de commande des pantographes sont coupés.

En outre les conduites pneumatiques allant vers les cylindres des pantographes devront être mises à l'atmosphère pour le cas où une électrovalve ou un robinet ne serait pas étanche.

Reste enfin l'éventualité d'un pantographe défectueux qui reste levé (ressort d'abaissement brisé) ou d'une caténaire affaissée de façon à ce que le fil de contact reste en contact avec le frotteur du pantographe.

Pour parer à ce risque éventuel une dernière sécurité est nécessaire : la mise à la terre du câble d'arrivée de la haute tension.

Cette "mise au rail" devra être effectuée nécessairement avant de pouvoir libérer la clé de verrouillage que l'on pourra utiliser ensuite pour ouvrir une armoire HT.

La manoeuvre accidentelle d'un sectionneur de mise à la terre, alors que le câble d'arrivée se trouve sous 3 kV peut provoquer de grands dégats :

- Déclenchement de la S station dans le cas le plus favorable.
- Rupture du fil de contact si la sous station se trouve assez éloignée.

- Et enfin ce qui est plus grave, brûlure du sectionneur, avec explosion et début d'incendie dans la salle des machines.

Pour ces raisons on insiste durant la formation des conducteurs sur la sécurité de "s'assurer personnellement de voir , que les pantographes sont bien abaissés, avant de manoeuvrer le dispositif de mise à la terre."

Sur un engin de traction il n'est pas possible de prévoir une mise à la terre visible (la commande s'effectue d'une distance de 50 mm!).

Il est au contraire souhaitable d'enfermer le sectionneur dans une armoire métallique.

On peut cependant admettre que le dispositif satisfait aux conditions légales de sécurité.

37.03. Automotrices (JH) (fig. 37.01)

La clé de verrouillage "C" nécessaire pour ouvrir l'armoire HT, est normalement emprisonnée dans le dispositif de sécurité (également appelé dispositif de mise à la terre)

Pour libérer cette clé il faut disposer de 2 autres clés :

- 1° La clé "Faiveley" de la boîte à interrupteurs sur la table de bord (ainsi on a l'assurance que la basse tension est coupée)
- 2° La manette "B" qui sert a manoeuvrer le sectionneur de mise à la terre.

Cette manette provient du robinet à 3 voies (fig.37.02) ce qui donne aussi l'assurance que l'arrivée d'air est fermée et la conduite du pantographe a l'atmosphère.

La manoeuvre de ces mesures est assez complexe et des exercices à intervalle régulier sont souhaitables afin d'éviter le cas échéant des pertes de temps.

37.04. Automotrices (Th)

L'équipement des automotrices à thyristars comporte plusieurs condensateurs de grande capacité

Avant d'exécuter une mise à la masse, il faut avoir la certitude que ces condensateurs sont déchargés, sans quoi il y a risque d'avarie.

A cette fin le dispositif de sécurité a été complété par un verrouillage électrique.

Extérieurement cela se remarque à deux lampes témoin qui complètent l'installation (une lampe rouge et une lampe verte).

Le schéma 37.03 montre comment est réalisé un verrouillage.

Normalement le sectionneur est bloqué par une butée électromagnétique.

Ce dispositif est mis sous tension par le relais RVHT 1, une minute après que les pantographes sont abaissés (fil de train 30) et que la clé Faiveley soit maintenue en position 3 dans la serrure.

(le microswitch SWSTse ferme).

La lampe rouge reste allumée tant que la minute ne s'est pas écoulée.

Après extinction de cette lumière c'est la lampe verte qui s'allume, ce qui veut dire que le sectionneur est libéré et peut être manoeuvré pour mise à la terre.

Remarque.

Un manque de basse tension (ou le déclenchement du d.EVR) rend le déverrouillage impossible.

Cet inconvénient est inévitable si l'on veut garantir la sécurité en tout temps.

37.05. Locomotives.

Le dispositif de sécurité des locomotives comprend, outre le robinet à 3 voies et le dispositif de mise à la terre, un 3ème appareil nommé : "boîte à clés" (fig. 37.04.).

La boîte à clés tient emprisonnée la clé RIC de chauffage en position "en," tant que le circuit d'alimentation HT du train n'est pas mis à la masse.

Malgré la suppression du verrouillage des coupleurs et boîtes de repos des voitures, l'agent chargé de la manipulation de ceux-ci doit être en possession de la clé RIC des locomotives couplées au train.

Ceci peut donc se faire sans abaisser les pantographes (le compresseur doit pouvoir rester en service).

Toutefois, une protection électrique est prévue : les contacteurs de "chauffage train" doivent être ouverts sans quoi le DUR se déclenchera.

Ce verrouillage est représenté à la figure 37.05..
Dès que la clé RIC est placée en position "0" la lampe blanche doit s'allumer. Ceci donne la garantie que les contacteurs ne peuvent plus être alimentés en BT.
Ce n'est qu'alors que l'on pourra faire tourner le "tambour" (qui fait ici office de sectionneur de mise à la terre) en position T au moyen de la manette "S".

La boîte à clés sert également à maintenir (emprisonnés) les 4 clés Fichet qui permettent l'ouverture des compartiments HT.

Leur libération n'est possible qu'au moyen de la clé de verrouillage "C" elle même libérée après la manoeuvre des leviers de mise à la terre du circuit de traction et du circuit de chauffage.

Enfin, il y a une manette "D" qui a pour but de permettre des essais à blanc (pontage du relais RTM).

Sur les locomotives à thyristors le dispositif de sécurité comporte également un verrouillage électrique semblable à celui des AM à thyristors.

37.06. Locomotives polycourant S/15-16.

Le dispositif de sécurité est d'un type nouveau. Il s'agit d'un système Faiveley représenté à la fig. 37.06.

Il comporte 4 clés de verrouillage classique pour accès aux compartiment H.T.

Ces clés (F) sont emprisonnées dans une boîte à clé, Ce n'est que lorsque toutes les clés sont en place que l'on peut ouvrir le sectionneur de mise à la terre en tournant au levier D.

L'on peut alors enlever la clé B qui servira pour mettre en service le robinet à 3 voies des pantographes.

La clé de chauffage C peut également être enlevée alors pour permettre de fermer le sectionneur de chauffage.

Les manoeuvres à effectuer sont données en détail dans la brochure descriptive de la locomotive. Remarquons toutefois que la prescription de sécurité qui constitue à s'assurer de visu que les pantographes ont bien quitté la caténaire est ici particulièrement impérative vu la longue commande mécanique (tringles, cardans, etc...) du sectionneur.

De plus, sous une caténaire 25 kV, seule l'observation du voltmètre HT permet de s'assurer que le sectionneur est réellement fermé et que toute tension inductive est bien écoulee à la terre.

37.07. Locomotives polycourant S.18.

L'équipement électrique à haute tension de la locomotive est mis hors d'atteinte du personnel par des panneaux normalement verrouillés mais pouvant s'ouvrir au moyen des "clés de verrouillage D" disposées comme l'indique la figure 37.07 sur une boîte située sur le bloc HT.

Pour retirer les clés de verrouillage, il est nécessaire d'effectuer les manoeuvres suivantes :

- a) abaisser les pantographes en amenant sur la position "0" la poignée A du commutateur ZPT1 ou ZPT2;
- b) porter la poignée A sur la boîte de commande du sectionneur de mise à la terre HOM, et la tourner de 90°, ce qui permet de purger les cylindres à air des pantographes. Manoeuvrer le levier C du sectionneur de mise à la terre HOM (fig. 37.07).

Lorsque le sectionneur est sur la position "mise à la terre", la poignée B est livrée.

- c) porter la poignée B sur la boîte de verrouillage BV, amener cette poignée sur la position "verrouillée" ce qui permet le retrait des clés D.

Lorsque la poignée B est amenée en position "verrouillée", des contacts entraînés par cette poignée "B" provoquent l'ouverture du sectionneur de chauffage H 140.

Toutes ces serrures sont disposées pour retenir la clé prisonnière tant que la porte ou l'organe qu'elle commande n'a pas été refermé. Cette particularité, jointe à l'obligation mécanique que toutes les clés D soient placées en position normale sur la boîte, afin de permettre le retrait de la poignée B du sectionneur HOM libérant à son tour la poignée A du commutateur des pantographes, rend, par conséquent impossible la mise sous tension des appareils, tant que toutes les serrures n'ont pas été refermées.

Remarque

Le contacteur de chauffage est lui-même muni d'un dispositif de verrouillage dont la clé (coupleurs de chauffage) ne peut être retirée que si le contacteur est ouvert. Réciproquement le contacteur ne peut se fermer que si la clé a été remise, dans son logement en position "contacteur déverrouillé".

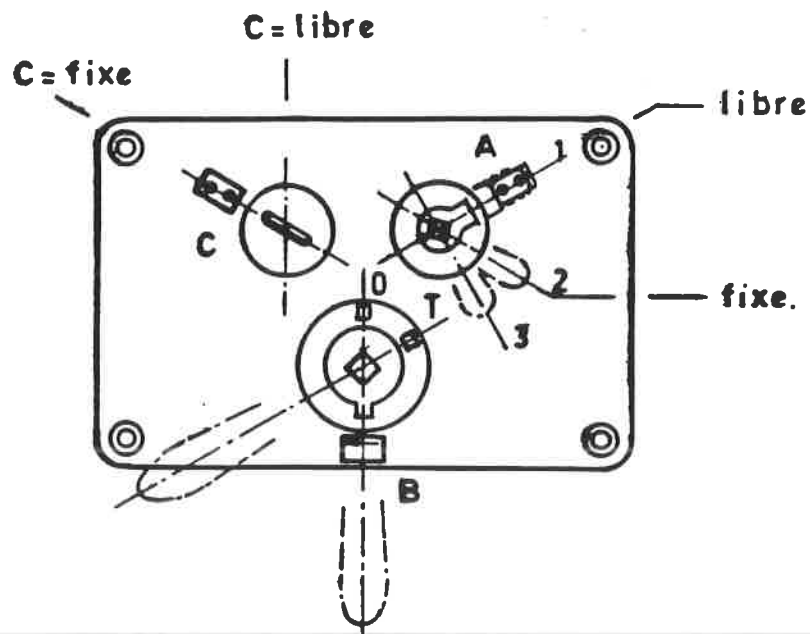


FIG. 37.01

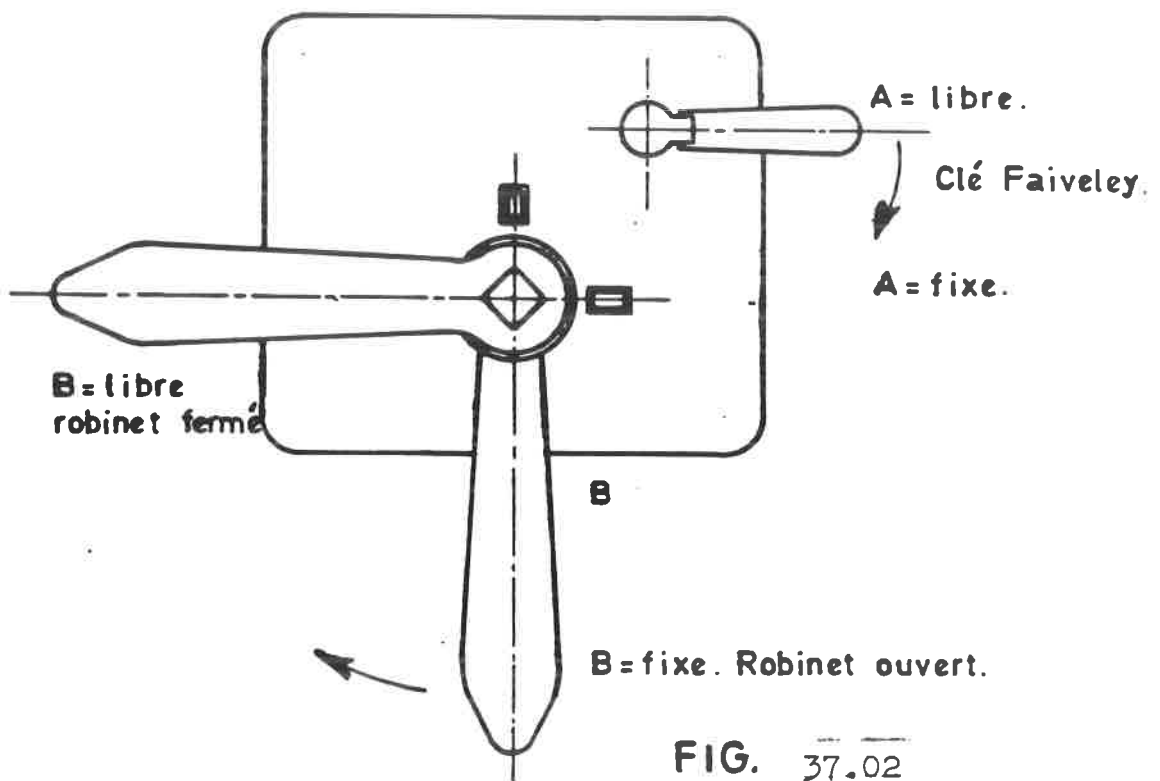


FIG. 37.02

Pour rendre B libre :

A poussé et tenu vers le bas.

B position horizontale (robinet fermé)

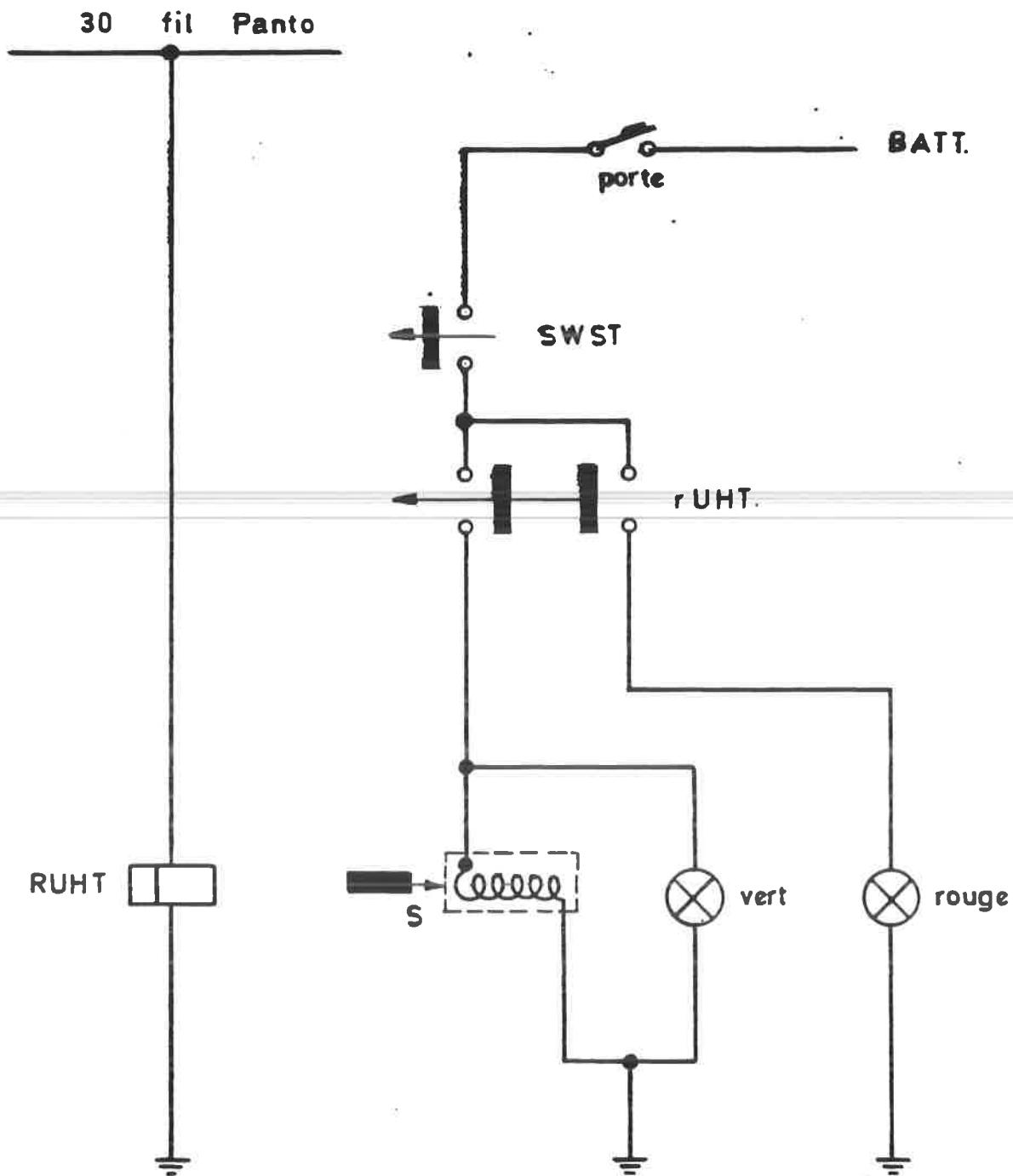


Fig. 37.03.

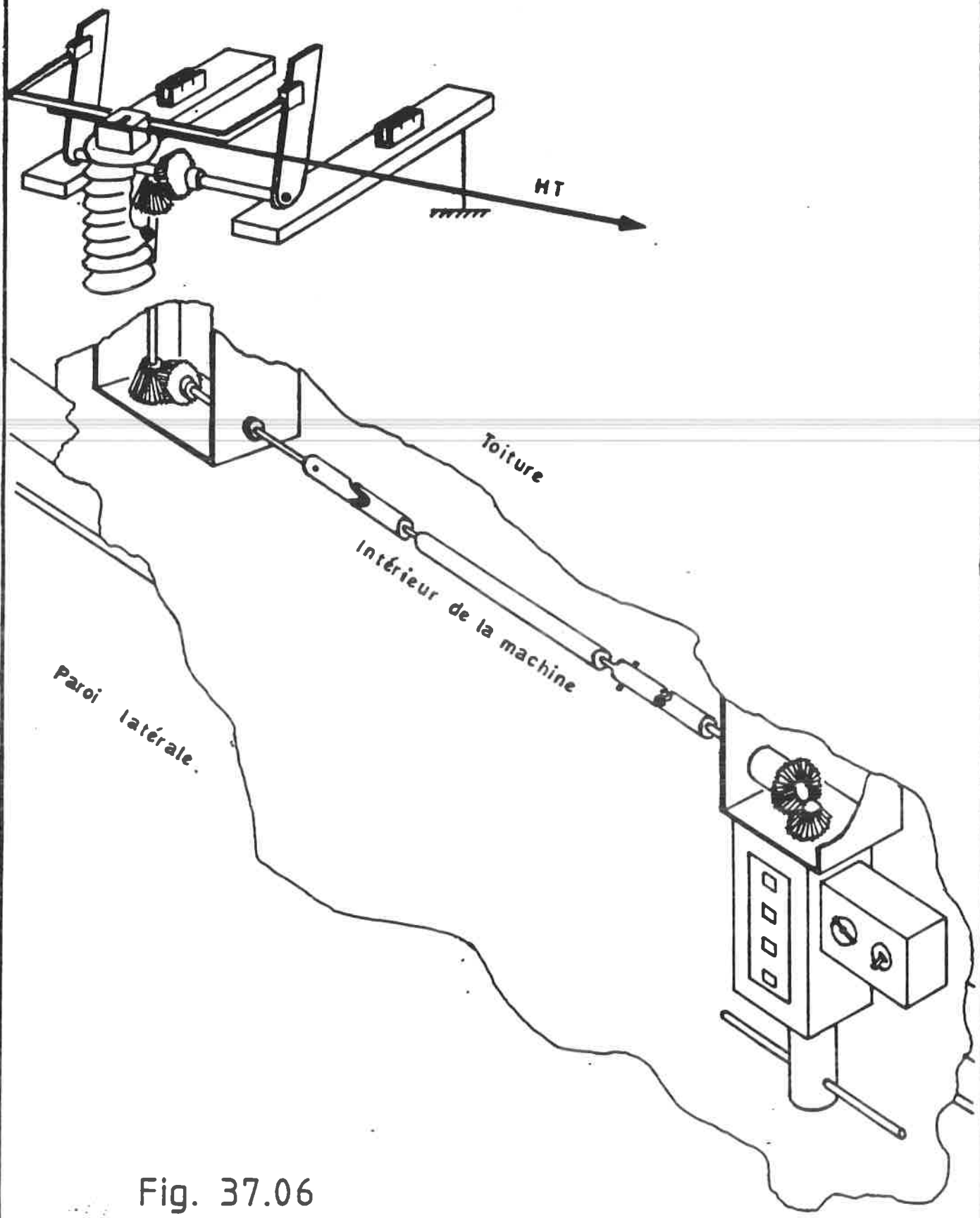


Fig. 37.06

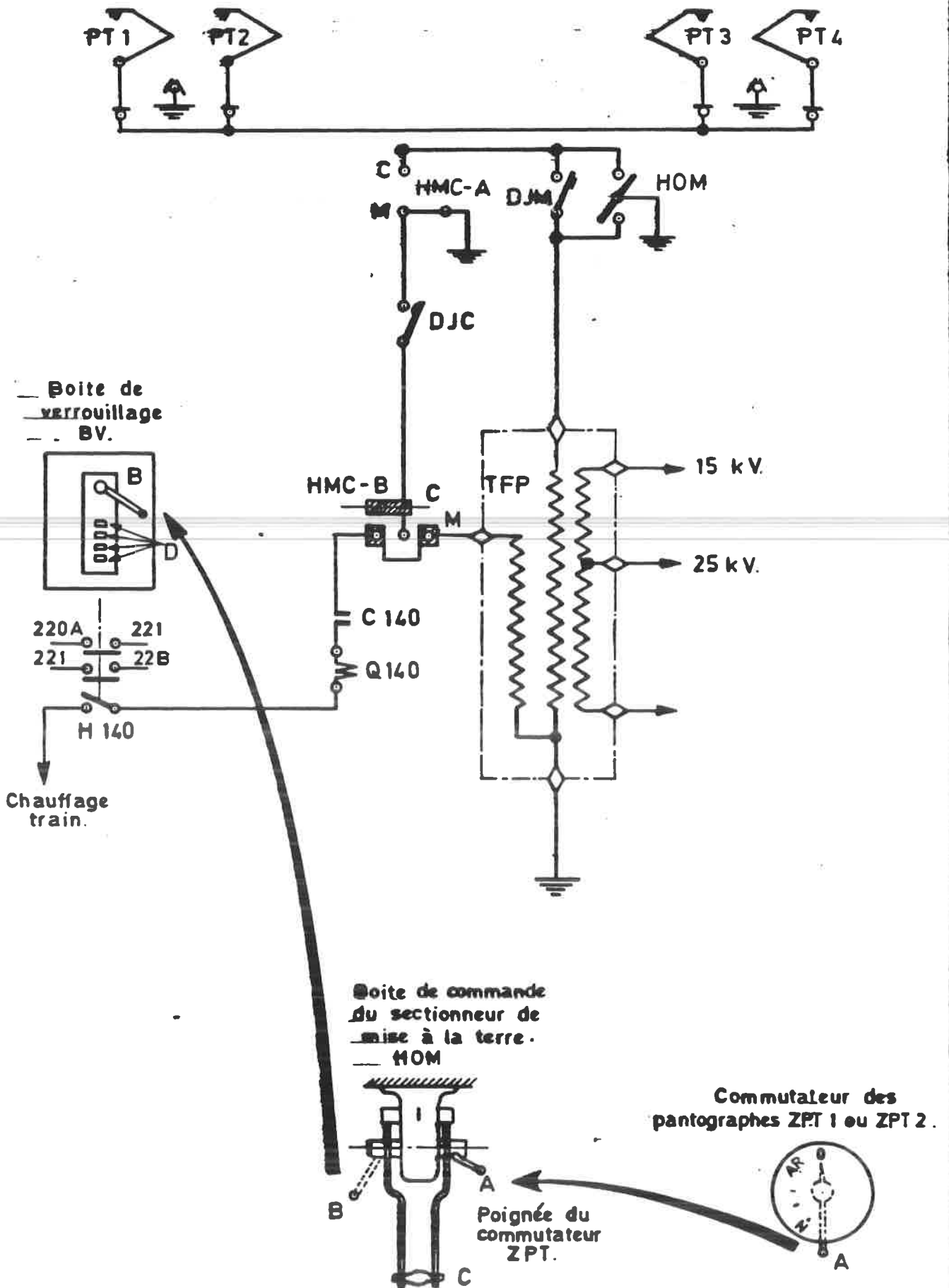


Fig. 37.07

ATTELAGE CENTRAL -ACCOUPLLEMENT AUTOMATIQUE +GF+38.01. Généralités.

L'attelage classique comprenant crochet de traction et buttoirs est né avec le chemin de fer. Hors le fait que les manoeuvres d'accouplement et de découplement sont relativement pénibles et salissantes (voir dangereuses !) ce système a encore d'autres inconvénients :

- usure rapide des crochets et des tiges filetées
- résistance à la traction faible (85 t)
- résistance influencée par l'usure
- danger de mariage des buttoirs dans certaines circonstances.

Un attelage central peut être entièrement automatique ou semi-automatique.

Il n'y a plus de butoir, et l'attelage résiste à une traction de plus de 100 t (130 t).

Il est notoire que même lors d'un déraillement les attelages ne se découplent pas facilement et qu'ils contribuent par leur résistance à la torsion à former avec les véhicules un ensemble très rigide.

L'attelage central qui est généralisé en Amérique et au Japon fut utilisé pour la première fois en Belgique sur les automotrices 1935. Il est du type atlas (norme américaine) et est fabriqué par la firme Henricot (à Court-St-Etienne).

38.02. Attelage Henricot (type atlas)

Le plan d'ensemble de cet attelage est représenté à la figure 38.01 :

- l'accouplement avec ses griffes (1)
- l'équipement de traction et de compression qui remplace les buttoirs (2)
- le manchon d'accouplement (3)
- le croisillon (4) qui limite les déplacements latéraux tout en effectuant un certain effort de rappel.
- la fixation à la traverse de tête du châssis s'effectue au moyen d'un pivot vertical (5)

L'accouplement proprement dit est représenté à la figure 38.02.

Il se compose d'une griffe (a) qui pivote autour d'un axe (b)

Un verrou (c) sorte de cube en acier forgé peut descendre devant la rampe de la griffe aussitôt que celle-ci est fermée.

De ce fait l'ouverture de la griffe est impossible et l'accouplement avec l'autre tête est réalisé.

La résistance à la traction d'une telle liaison est très grande (130 kN) d'autant que l'effort n'est pas appliqué sur la charnière de la griffe mais par les ailerons 2 et 3 qui sont prévus à la rampe (fig. 38.03).

Un système simple, à leviers (fig. 38.04) amène le verrou sur le bord (2) permettant la rotation de la griffe.

Dès que l'Henricot est ouvert, le verrou vient se poser sur le plan incliné (1).

Lors de l'accouplement, qui doit se faire avec un léger choc, la griffe pivote, l'accouplement se ferme et le verrou tombe devant le plan incliné.

Comme dans le passé, il est arrivé que le verrou restait suspendu, et que le contrôle n'en était pas aisé, l'on y ajouta une tige repère (fig. 38.05) avec verrou à boule. Celle-ci se compose d'une tige (a) qui dépasse la surface plane tant que le verrou n'est pas entièrement tombé.

Un verrou à boule (b) doit être glissé sur cette surface lorsque la tige est effacée. Cette manoeuvre constitue une matérialisation d'une obligation qui n'était auparavant que visuelle (fig. 38.06).

Si le verrou n'est pas glissé au-dessus de la tige la boule reste en position verticale ce qui est facile à contrôler. Cette modification a été nécessaire après quelques incidents; en effet si le verrou n'est que partiellement descendu il risque, soit de descendre à sa place en cours de route (et alors tout va pour le mieux) soit d'être projeté vers le haut sous l'effet de la traction et alors c'est le découplage accidentel avec toutes les fâcheuses conséquences.

38.03. Attelage Scharfenberg.

Les attelages centraux ont l'avantage d'être plus résistants que les attelages classiques.

Jusqu'en 1956 l'on utilisa également entre voitures d'une automotrice un attelage central spécial (fig. 38.07).

Les deux demi-accouplements sont montés sur la traverse de tête de chaque voiture.

L'amortissement se fait au moyen de bagues type "Mohr".

Les accouplements sont réunis au moyen d'un manchon.

Le découplage ne se fait qu'en atelier à l'occasion de travaux (par exemple levage).

Un inconvénient des attelages centraux est bien le fait que par l'absence de butoirs il se produit, à grande vitesse, un mouvement de lacet non amorti qui nuit au confort.

C'est la raison pour laquelle qu'à partir de 1962 des butoirs furent à nouveau prévus entre voitures des automotrices.

3804 Accouplement Henricot type "RH".

Cet accouplement Henricot fig 38.08 est utilisé sur les automotrices quadruples.

Il s'agit d'un accouplement automatique à griffe "AAR" (Association of American Railroads).

Celui-ci est toutefois du type "rigide"; cela signifie que les deux accouplements "RH" forment une sorte de barre.

L'excroissance latérale (a) d'un accouplement s'introduit dans la cavité (b) de l'accouplement lui faisant face. Grâce à cela, les déplacements verticaux et horizontaux sont supprimés.

Les mouvements longitudinaux relatifs sont également réduits au minimum par la présence d'un tampon élastique (c)

Toutes ces suppressions de jeux ont pour conséquence d'améliorer le confort du voyageur et de réduire le bruit.

La rigidité de cet accouplement était prévue pour un fonctionnement "entièrement automatique".

En pointillés, on peut voir les 4 emplacements prévus pour les raccordements pneumatiques ainsi que ceux prévus pour les raccordements électriques (type Sécheron).

En fait, l'accouplement "entièrement automatique" entre ces automotrices était initialement prévu ainsi que l'accouplement semi-automatique avec les autres automotrices d'un type plus ancien.

Des problèmes techniques mais surtout le prix élevé du système ont finalement imposé l'abandon du projet.

Fonctionnement (fig 38.09)

L'exécution de la phase d'accouplement est quelque peu différente avec ce type "RH" bien que les griffes aient la même forme. (fig.38.09)

Un crochet supplémentaire nommé "Loc set" a pour fonction :

- de laisser le verrou en position haute lorsque l'accouplement est ouvert.
- d'empêcher le verrou de remonter une fois qu'il est tombé, c-à-d lorsque l'accouplement est fermé (c).

Le verrou à boule (non représenté sur le dessin) a été ajouté par souci d'uniformité avec les autres accouplements Henricot afin de faciliter le contrôle du bon fonctionnement de ceux-ci.

ACCOUPLLEMENT AUTOMATIQUE + GF +

38.05 Généralités

Un attelage entièrement automatique est appliqué sur les automotrices de la nouvelle génération (série 03).

Cet attelage n'est pas accouplable avec les attelages Henricot (sauf en cas de détresse où il est fait usage de pièces intermédiaires spéciales.

L'accouplement est effectué par simple accostage d'une autre automotrice à l'arrêt et ce à une vitesse comprise entre 1 et 3 km/h.

En une seule opération, l'on réalise ainsi, outre la liaison mécanique, la connexion des 130 contacts basse tension ainsi que la liaison des conduites pneumatiques à 5 et 9 bar.

Le désaccouplement s'effectue également de façon automatique. Il suffit au conducteur d'appuyer simultanément sur un bouton-poussoir et sur une pédale installée dans la cabine de conduite.

38.06 Description

L'accouplement + GF + est représenté à la fig. 38.10. Il comprend une tête en forme de demi-sphère (1) qui s'adapte dans la partie creuse (E) correspondante de l'autre attelage.

Le verrouillage mécanique de cet accouplement s'effectuera au moyen d'un verrou (non représenté à cette figure) qui viendra se glisser derrière le bec(c) des deux têtes.

Cet accouplement a une résistance à la traction de 1000 kN.

Un guide (H) veille à ce que l'accouplement se réalise sans intervention d'un manoeuvre, même dans une courbe de très faible rayon ($r = 125$ m).

L'appareil repose sur une traverse-guide (D) et peut dévier jusqu'à 20° de part et d'autre de son axe.

L'extrémité est fixée à la traverse de tête du châssis au moyen de 4 buselures (5) qui ont pour rôle d'absorber l'énergie en cas de choc afin de protéger le mécanisme.

En effet, une manoeuvre d'accouplement qui serait effectuée à une vitesse supérieure à 3 km/h risque de déformer ces buselures, ce qui rend leur remplacement indispensable.

Nous voyons encore sur le dessin, la boîte à contacts "Sécheron" laquelle est protégée par un couvercle.

Un mécanisme, commandé par deux moteurs pneumatiques, lèvera le couvercle aussitôt l'accouplement mécanique réalisé, et fera glisser l'une contre l'autre les boîtes à contact afin de réaliser les connexions électriques.

Enfin les deux orifices que nous distinguons en dessous de l'accouplement servent à l'accouplement des conduites pneumatiques. Ils sont normalement fermés par une soupape.

Lors de l'accouplement, ces soupapes sont ouvertes ce qui réalise l'accouplement pneumatique.

38.07 Mécanisme de verrouillage (fig. 38.11)

Comme indiqué plus haut, le verrou devra être glissé derrière le bec (4) de la demi-sphère au moment où les accouplements sont pressés l'un contre l'autre.

C'est la came (8) qui, lors de la compression de la tête demi-sphérique vient pousser la pointe du levier (7) de l'autre attelage.

De ce fait, l'ergot (6) sort de son logement et libère le ressort (12) qui pousse le verrou de façon à bloquer la demi-sphère dans son logement. Lors de ce mouvement, la came (11) de l'axe (10) effectue un mouvement de rotation et saute de 90° (comme un interrupteur tumbler) sous l'influence d'un ressort (17).

Ce mouvement de rotation verrouille à son tour le verrou (9) dans sa position de "verrouillage".

De plus, sur l'axe (10) qui aura une fonction lors du découplage, il est prévu plusieurs cames, qui commanderont les clapets et contacts des accouplements électriques et pneumatiques.

38.08 . Désaccouplement

Le déverrouillage s'effectue par rotation de l'axe (10) lequel poussera le verrou (9) au moyen de la came (11). (De ce fait, le ressort 12 sera à nouveau comprimé jusqu'à ce que le levier (7) arrive en face de l'encoche (6).

Cette rotation de l'axe de déverrouillage est commandée par un moteur pneumatique (42) desservi à partir de la cabine de conduite.

Par raison de sécurité, l'électrovalve est commandée par deux voies simultanément (Bouton-poussoir + pédale). Le découplage peut également être effectué à la main.

Pour cela, il faut tirer sur le levier (15) de l'un des accouplements.

Cette action provoque la rotation de l'axe (10) grâce à une crémaillère (14) et la roue dentée (13).

Le système des leviers agit également (et simultanément) sur l'autre attelage en appuyant sur l'axe (16).

Le mouvement de bascule qui occasionne une rotation brusque de 90° est occasionné par un mécanisme "tumbler" dont nous remarquons les 2 ressorts ainsi que la chaîne qui commande une roue dentée fixée sur l'axe (10).

Remarque

- 1 - En cas de découplément "par erreur" le verrou (9) peut être remis à sa place dans sa position de verrouillage en tirant sur la tige. (18)

De ce fait, la came (19) dans son mouvement de rotation, vient obturer l'encoche (6) en poussant le levier (7) vers l'intérieur.

Cette opération libère le ressort (12) qui repousse le verrou à sa place.

- 2 - Si l'on tire sur le levier (18) à une des extrémités du train, ceci a également comme conséquence, la vidange de deux conduites d'air (essai de continuité).

Pour refermer ces conduites, il faudra tirer sur le levier de découplément (15).

38.09 Accouplement pneumatique

La figure 38.12 montre les liaisons pneumatiques avant et après l'accouplement ainsi que la position des soupapes après la rotation de l'axe de découplément (10).

L'étanchéité des accouplements pneumatiques est obtenue par simple compression des points d'étanchéité des ouvertures (29) et (30).

Après l'accouplement, la rotation de l'axe (10) assume le verrouillage ; en même temps la tige (31) ouvre la soupape (32) dans le but de fournir de l'air comprimé aux pistons (34) - via les clapets (33) - provoquant ainsi l'ouverture des soupapes 35 et 36.

Lors du découplément par contre, l'axe (10) tournant de 90° permet à la tige creuse (31) de se défaire de sa soupape ce qui laisse l'air s'échapper à l'atmosphère.

Les pistons (34) se déplacent vers la droite sous l'effet des ressorts (37) et obturent ainsi les orifices (35) - (36).

Remarque.

Un découplément accidentel (par exemple, à la suite d'un bris) doit provoquer la vidange de la conduite du frein.

Cette condition est réalisée par le fait que l'axe (10) restant dans la position "verrouillé" en cours de route, la soupape (32) reste normalement ouverte.

Les pistons (34) sont donc en permanence sous pression et les soupapes (35 et (36) restent ouvertes.

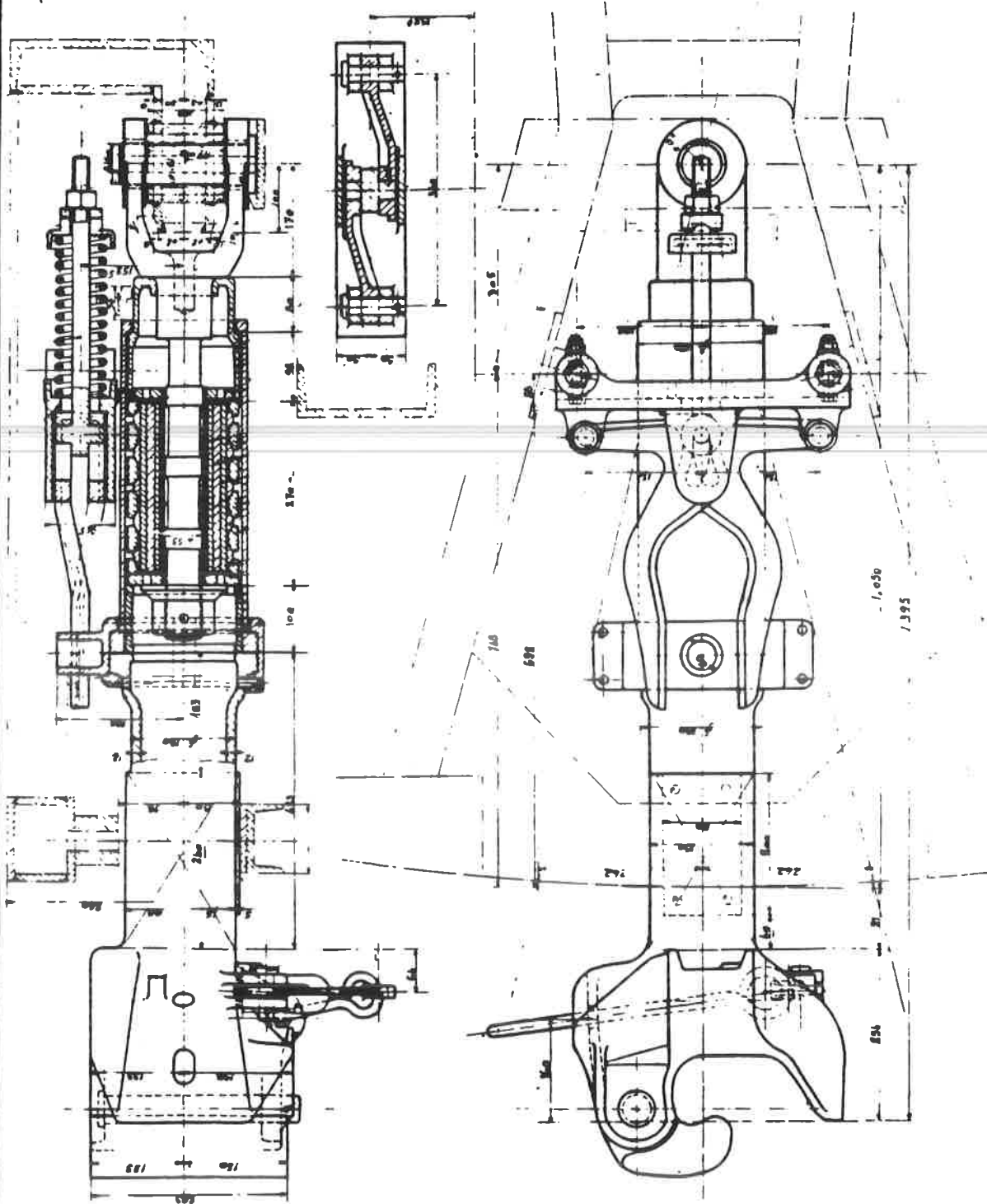


FIG. 38.01.

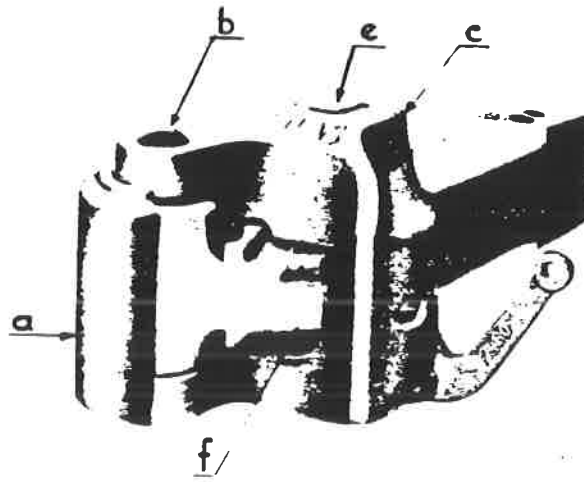


FIG. 38.02

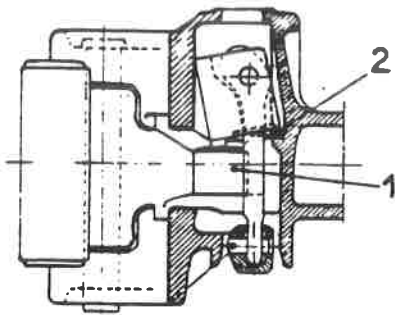


FIG. 38.04

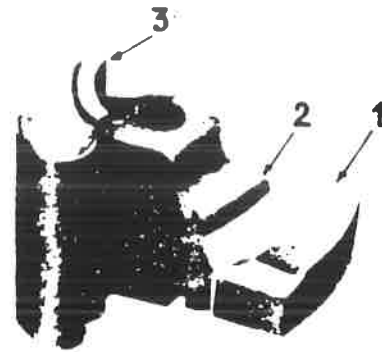


FIG. 38.03

2-10725/36

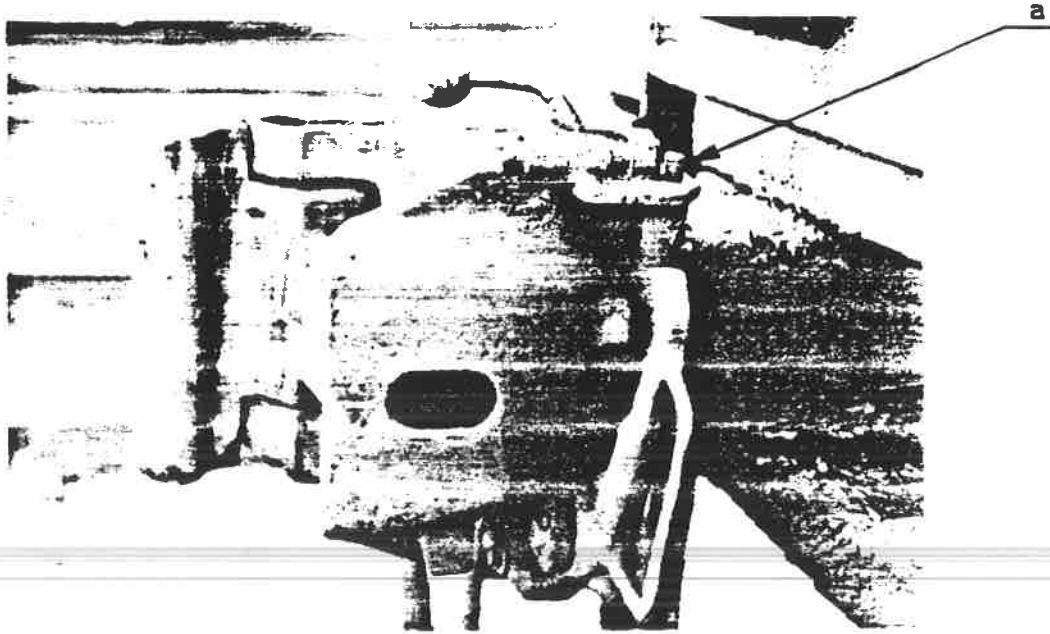


FIG. 38.05

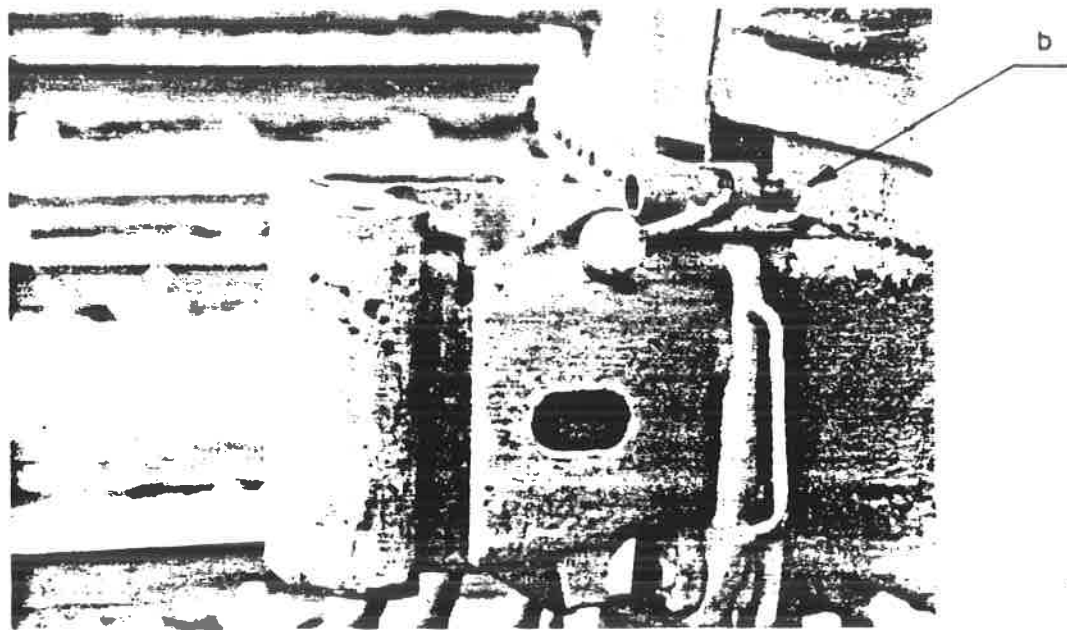


FIG. 38.06

10214

C1270

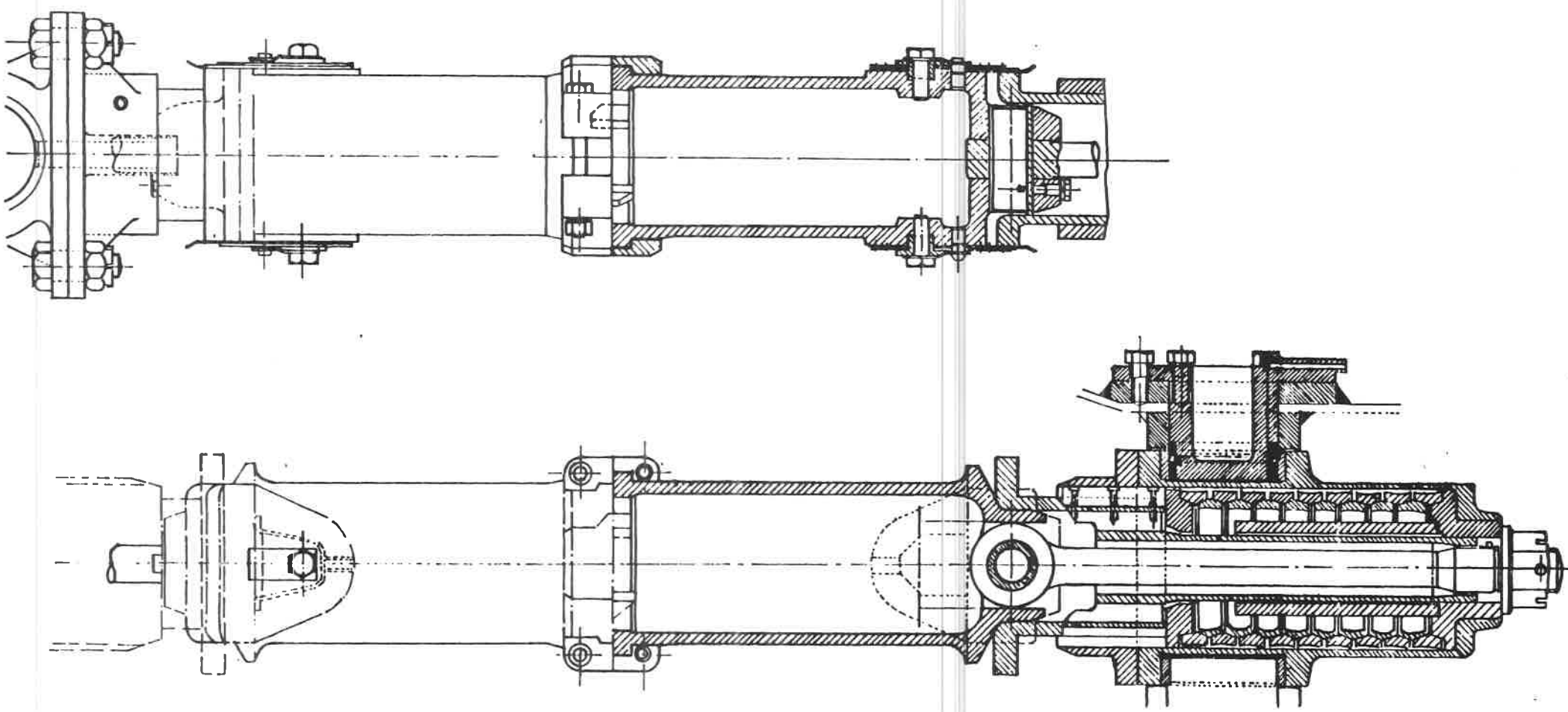


FIG. 58.07

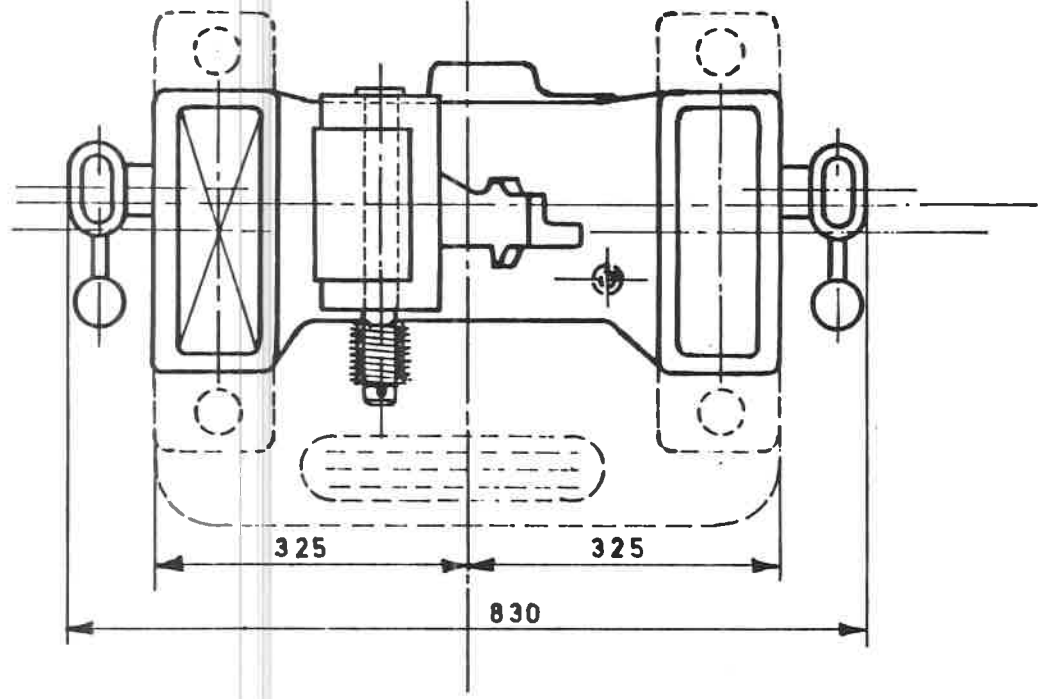
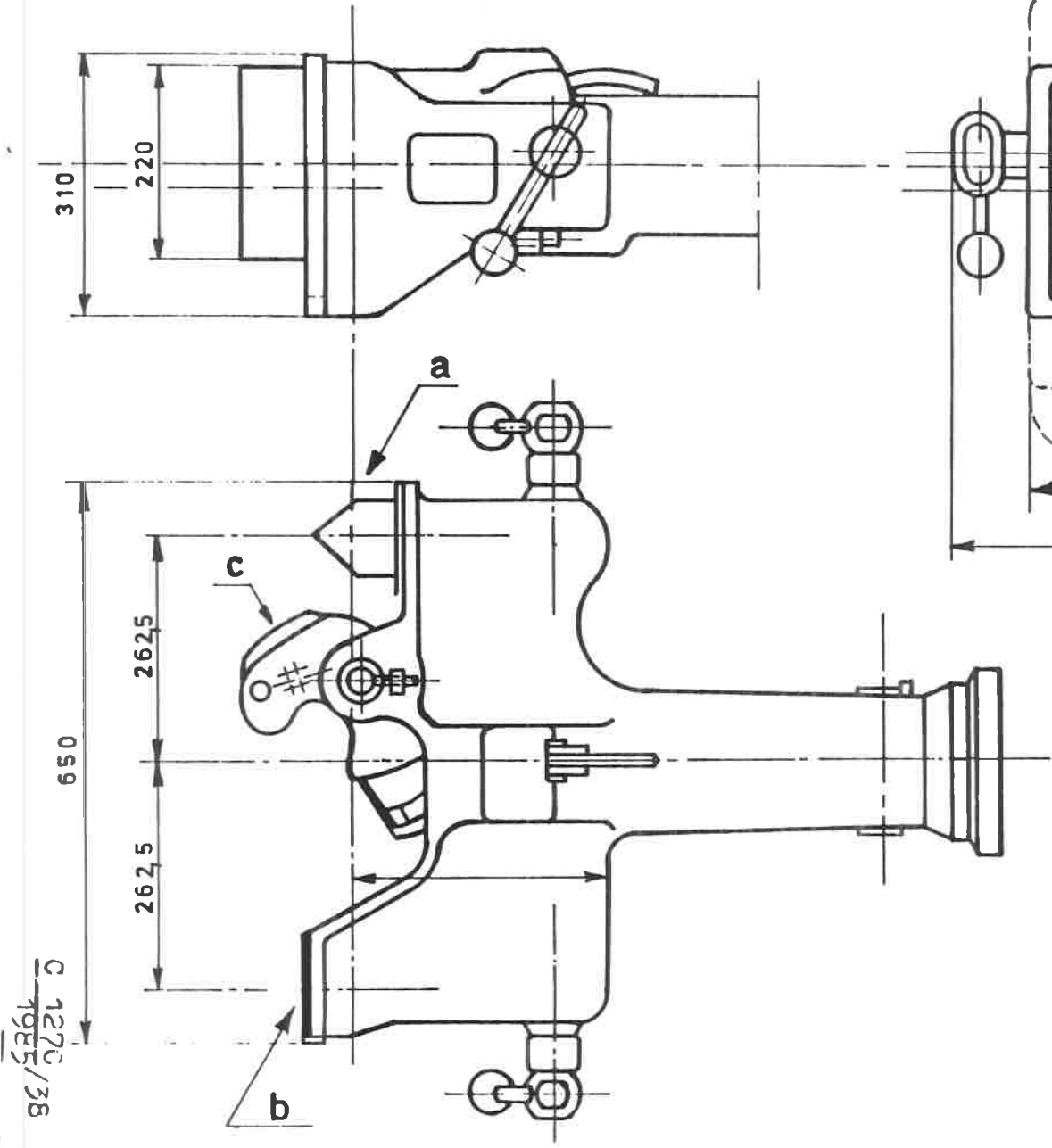


FIG. 38.08

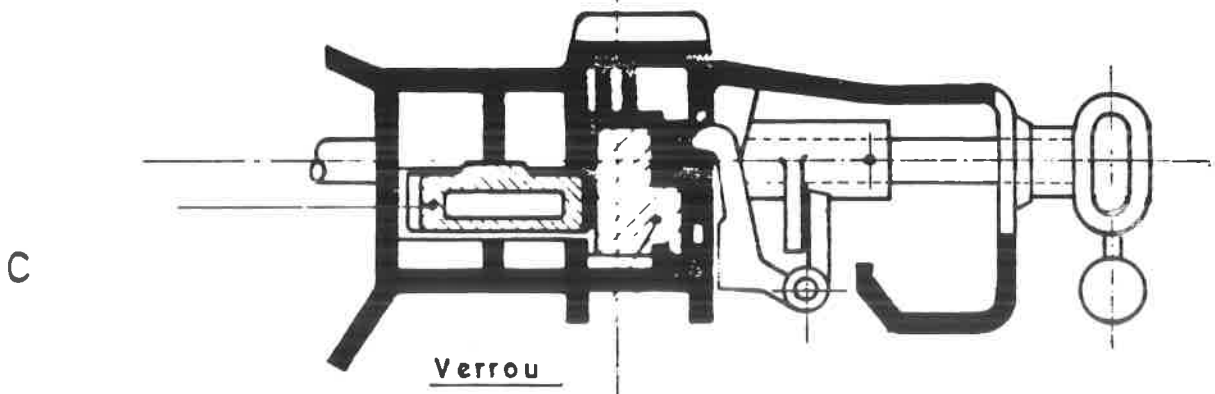
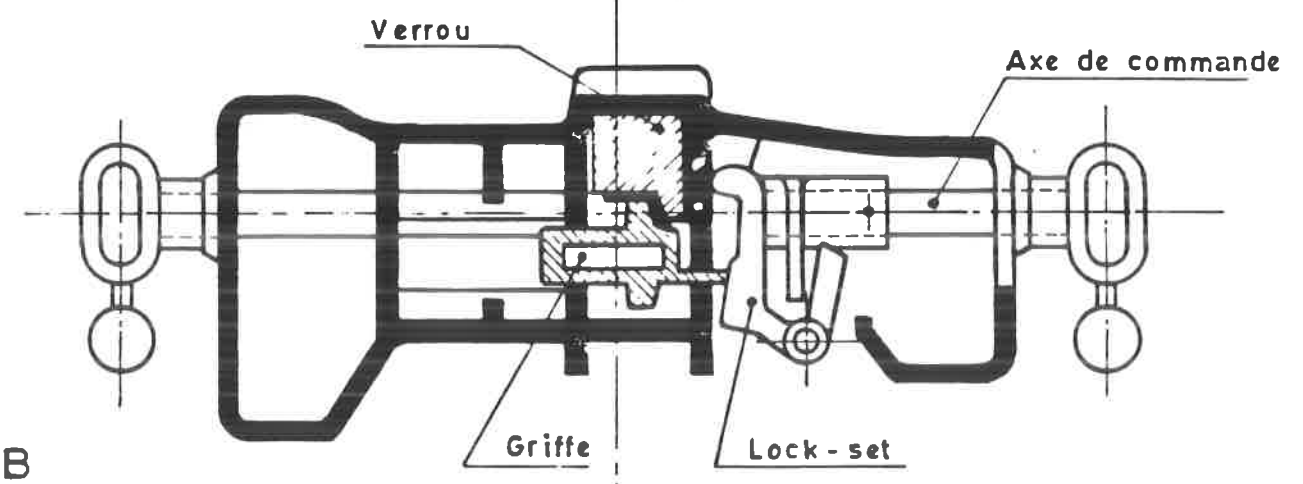
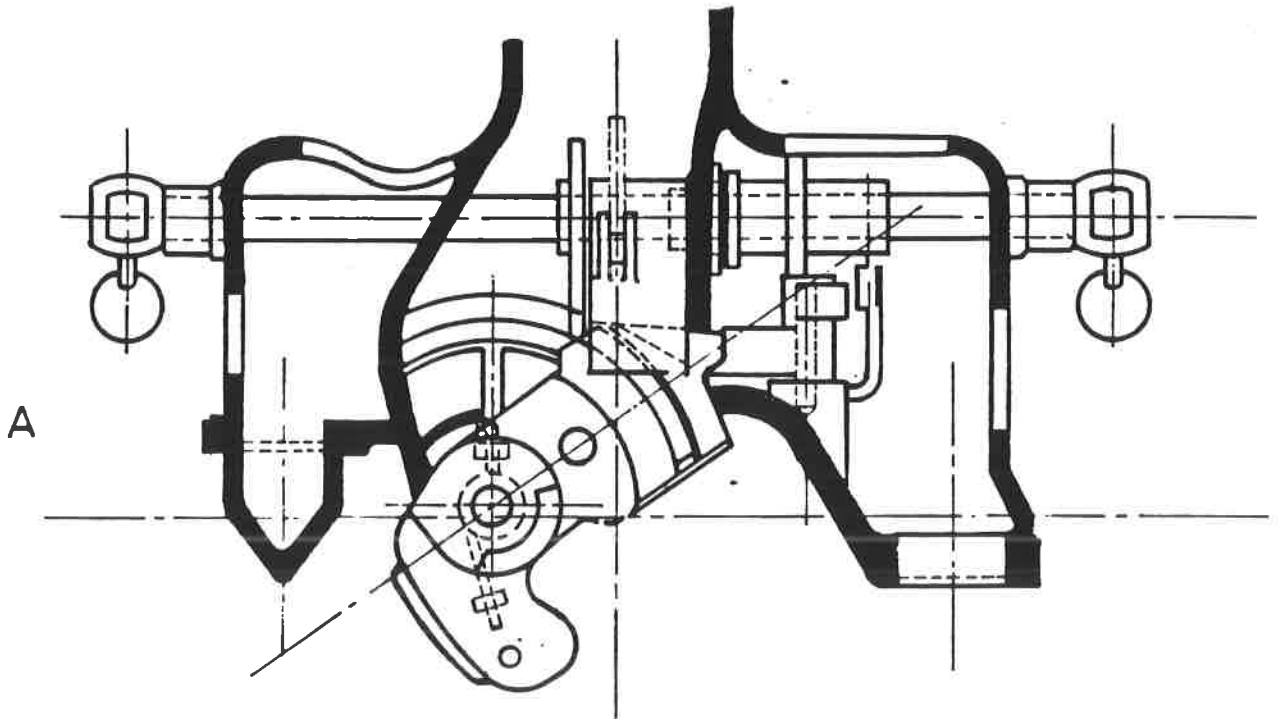


FIG. 38.09

C 1270
1985/38

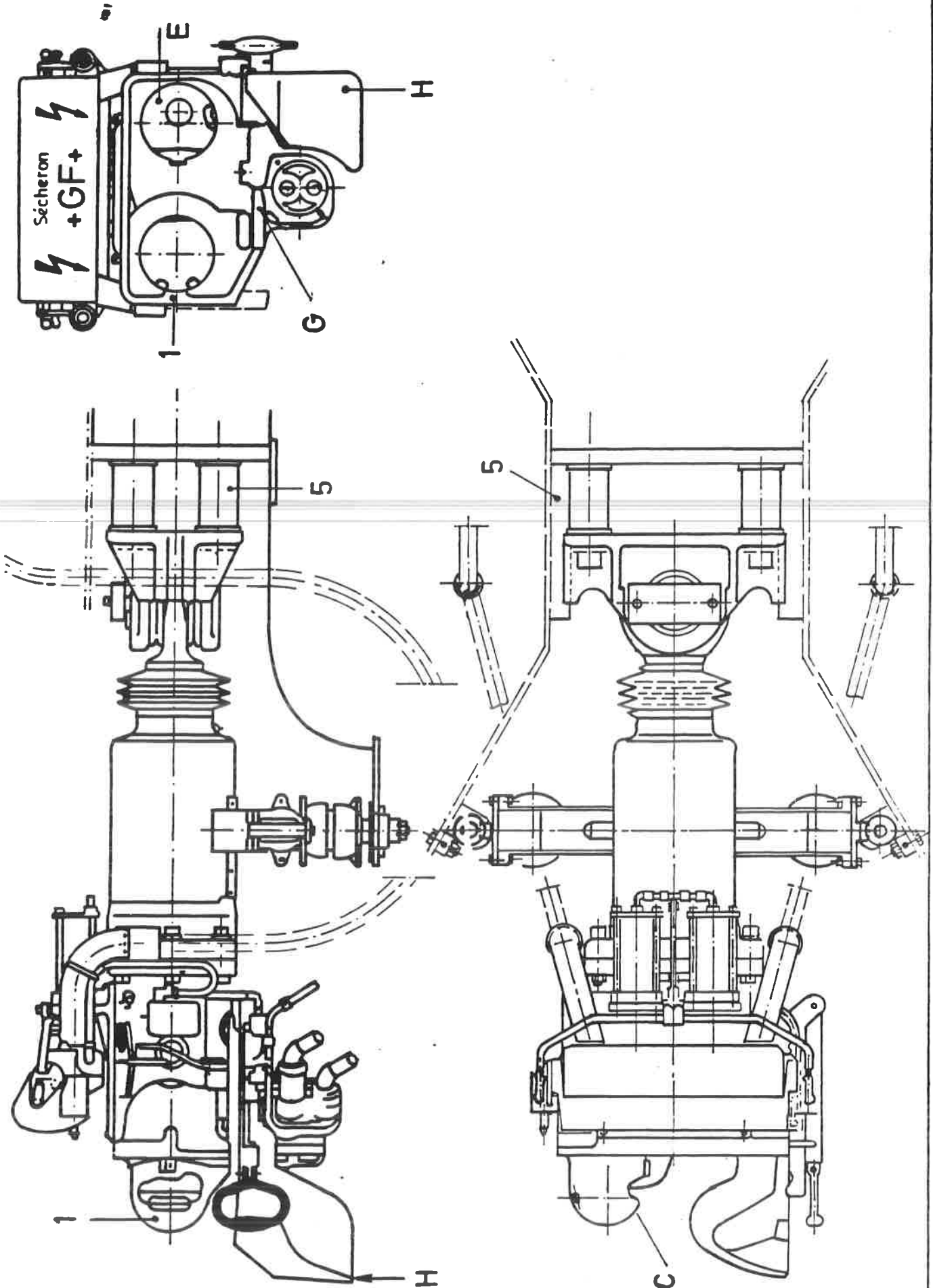
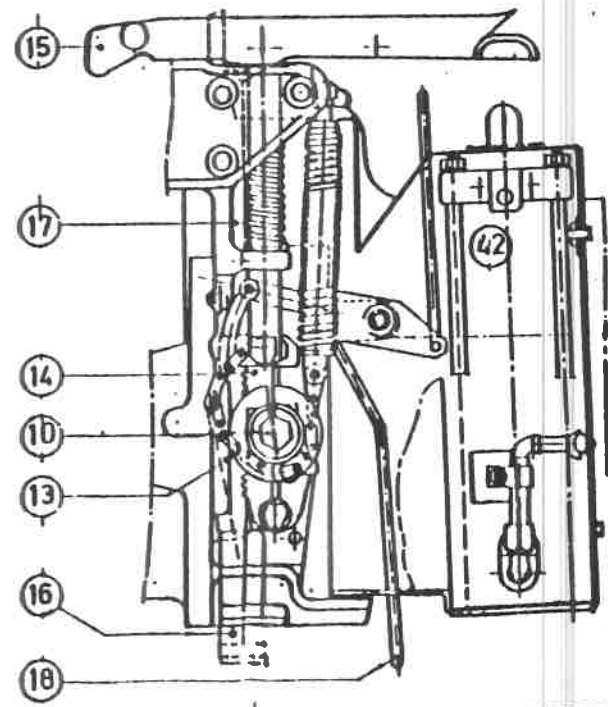
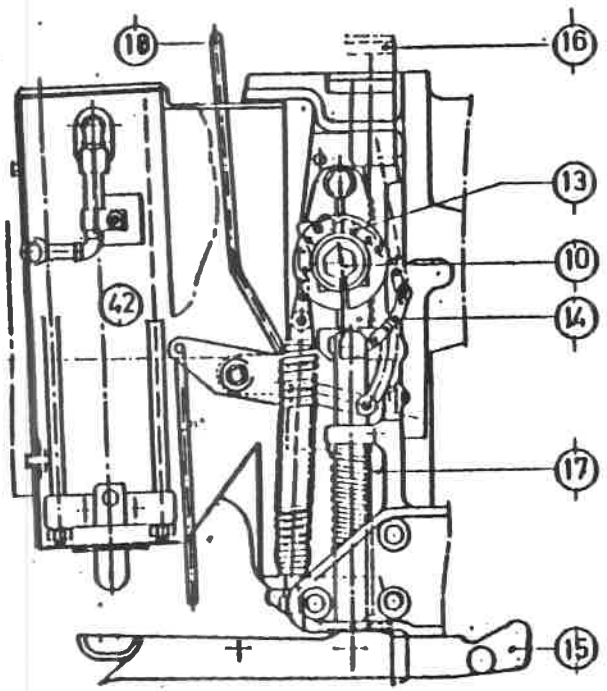
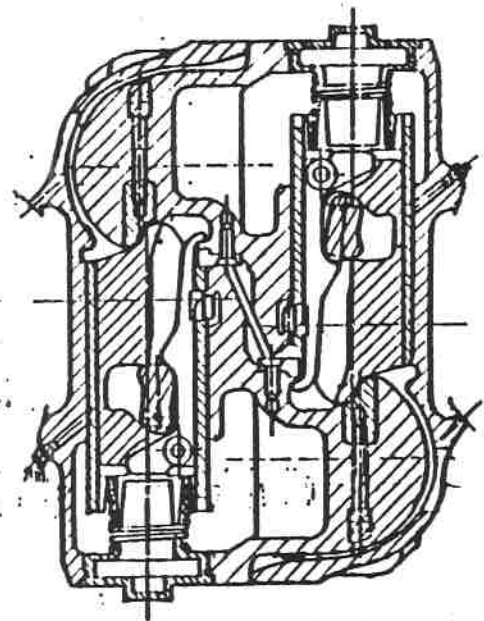
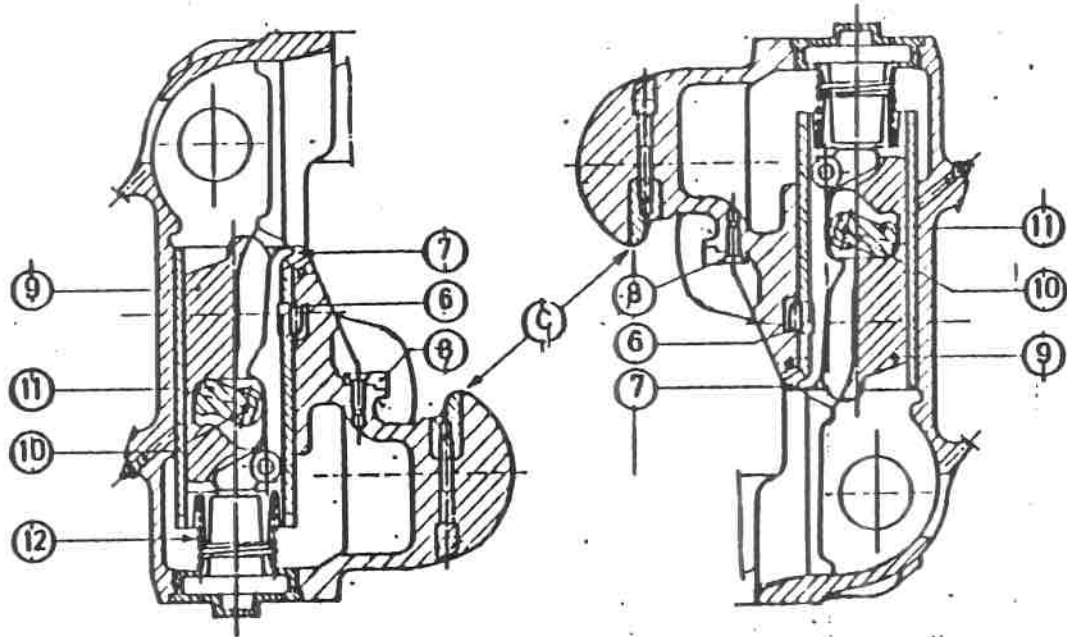


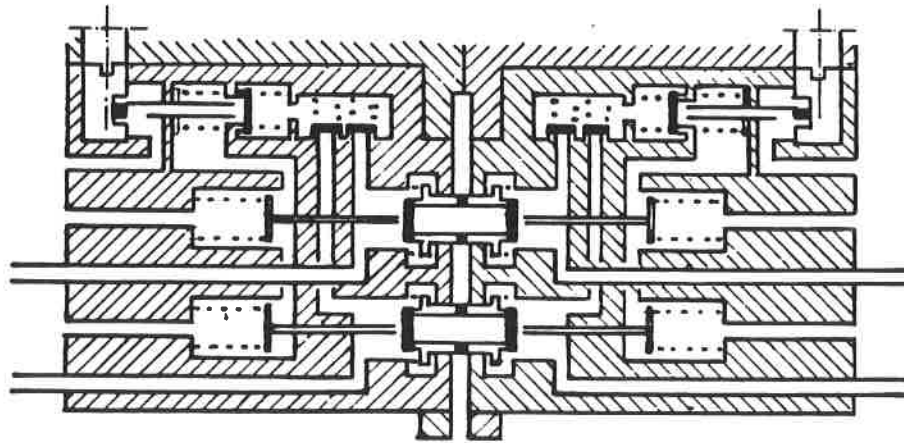
FIG. 38.10

C1270
1985/38

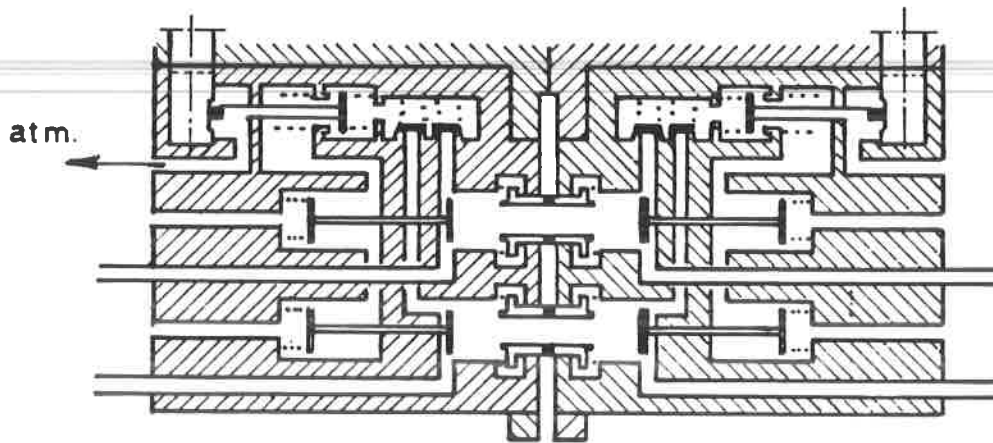


FIO. 38. 11

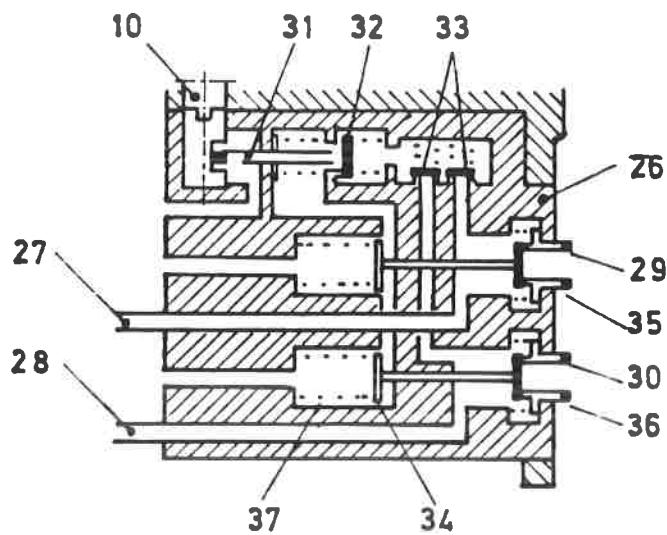
C 1270/38
1985



Désaccouplé.



Accouplé



Prêt à l'accouplement.

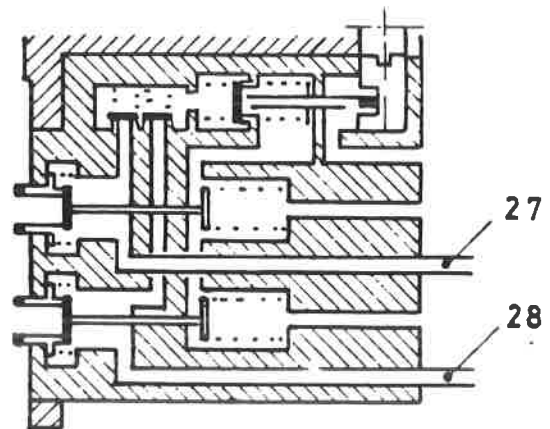


Fig. 38.12

C1270
1985/35

TRANSISTORS40.01. Diode au germanium ou au silicium.

Une jonction PN de cristaux de germanium ou de cristaux de silicium s'appelle une diode à cristal pour la différence d'une lampe-diode.

Nous avons vu qu'une diode présentait un sens passant et un sens bloquant.

La diode peut donc être utilisée comme redresseur. Elle présente donc à ce point de vue une certaine similitude avec une lampe-diode, avec la différence que la cathode de la lampe doit être réchauffée au moyen d'un filament chauffant.

La fig. 40.01 représente les courbes caractéristiques comparées d'une diode au germanium (1) et d'une lampe-diode (2).

Le point B de la courbe (1) indique le courant maximum admissible dans le sens passant afin d'éviter la destruction de la jonction par élévation de la température.

40.02. Effet transistor.

Un transistor (triode) s'obtient en plaçant de part et d'autre du cristal type N, un cristal P (fig. 40.02). On pourrait également placer un cristal type N de part et d'autre d'un cristal type P (fig. 40.03).

Une telle combinaison s'appelle une jonction triode. On parlera par conséquent d'une jonction type PNP ou type NPN, suivant le cas.

Un transistor est donc constitué par 3 cristaux qui ont chacun leur propre connection.

Ces 3 connections se nomment respectivement:

- l'émetteur E;
- la base B;
- le collecteur C.

L'on peut également considérer le transistor comme un assemblage de deux diodes qui auraient un cristal commun, appelé la base.

Dans un transistor type PNP, l'émetteur est connecté au positif d'une source de courant, le collecteur au négatif.

La base sera portée à un potentiel intermédiaire comme expliqué plus loin.

2.

Symboliquement, on représente un transistor (triode) comme l'indique la fig. 40.04.

La flèche de l'émetteur E est dirigée vers le gros trait et indique le sens du courant lorsque E est positif.

40.03. Fonctionnement du transistor.

Dans ce qui suit, nous étudierons seulement le transistor type PNP qui est le plus couramment utilisé.

Le raisonnement qui va suivre pourrait s'appliquer au type NPN en prenant soin d'inverser les signes.

Les trois connections E, B et C d'un transistor présentent une certaine analogie avec les trois broches d'une lampe-diode, notamment la cathode, la grille et l'anode.

Examinons successivement ce qui se passe pour différentes tensions aux bornes du transistor.

a) Collecteur pas raccordé (fig. 40.07).

Nous voyons que si E est positif et B négatif, le courant va de E vers B, comme cela se passe d'ailleurs avec une diode simple.

En effet, dans le sens passant, l'excédent en électrons du cristal N est attiré vers la jonction pour compléter le manque d'électrons en P.

Ce courant n'est pas influencé par la présence du collecteur.

b) Base en l'air (fig. 40.07).

Relions l'émetteur à une tension positive élevée et le collecteur à la borne négative.

Nous obtiendrons à la jonction EB une résistance très faible (sens passant) et dans la jonction BC une résistance très élevée (sens bloquant).

La résistance totale sera donc très grande ($R+r$ en série) et par conséquent, le courant sera très faible.

c) Base raccordée et négative par rapport à l'émetteur. Fonctionnement normal.

Si nous polarisons la base négativement par rapport à E (fig. 40.08), mais tout en restant positive par rapport à C, par exemple $E=0V$, $C=-12V$ et $B=-5V$, il y aura un fort courant IE dans la jonction E-B, mais ce courant est pour ainsi dire aspiré vers le collecteur à travers la barrière de potentiel parce que ce collecteur est beaucoup plus négatif que la base.

Nous aurons même un courant collecteur I_C beaucoup plus grand que I_B .

$$\frac{I_B}{I_C} = 0,02.$$

Nous voyons également que le courant émetteur est égal à la somme du courant de base et du courant collecteur.

$$I_E = I_C + I_B$$

Par ex.: 100 mA = 98 mA + 2 mA.

Plus la polarisation négative de la base s'accroît, plus fort sera le courant collecteur et par conséquent, aussi le courant émetteur.

Remarque: Tous les courants qui vont vers le transistor sont considérés comme étant positifs, ceux qui quittent le transistor ont le signe négatif.

Lorsque la base devient moins négative, les courants émetteur et collecteur diminuent. Ils deviennent égaux à 0 aussitôt que $V_B = 0$ volt.

En effet, pour $V_B = V_E = 0$ volt et $V_C = -12$ V, la diode B est bloquée (fig. 40.09).

Le blocage de ce transistor n'est évidemment pas si fort qu'avec une seule diode vu que la résistance à la jonction de E est très faible.

Si la base est positive, par exemple $V_B = +12$ V, le blocage sera encore plus efficace. Seul un faible courant inverse (d'origine thermique) subsistera.

Ce blocage est meilleur avec une diode simple.

40.04. Courbe caractéristique.

Nous donnons cette caractéristique pour fonctionnement normal du transistor (triode).

Ce fonctionnement correspond environ avec celui d'une lampe triode dont l'anode est positive, la cathode négative et la grille polarisée plus ou moins positivement par rapport à la cathode.

Donc, une légère variation de la tension-grille modifiera sensiblement le courant anodique.

Ici nous voyons à la fig. 40.10 que pour un certain courant de base (par ex. 1 mA), le courant collecteur I_C dépend de la tension V_C du collecteur.

Une augmentation de 1 mA du courant de base provoque une élévation du courant I_C de 25 mA.

4.

10-05. Résumé.

a) $V_E > V_B > V_C$ (fig. 40.11).

Prenons par exemple $V_E = 8 \text{ V}$, $V_C = 0 \text{ V}$ et V_B variant entre ces valeurs.

Nous avons vu que dans ce cas, I_C sera 100 fois plus grand que I_B

$$I_C = 100 I_B$$

Ceci correspond à l'usage normal d'une lampe triode.

b) $V_B > V_E$ et V_C (fig. 40.11).

Nous avons vu que dans ce cas, la base étant positive par rapport à E, le transistor est bloqué.

Par exemple: $V_B = 0$ $V_E = V_C = -12 \text{ volts}$.

Le transistor peut remplir dans ce cas, le rôle d'un interrupteur ouvert ou d'un contact de relais ouvert.

c) $V_C > V_B > V_E$ (fig. 40.03).

Si le transistor type PNP était construit de façon entièrement symétrique, il n'y aurait absolument pas de différence entre la disposition EBC ou CBE. Mais la construction des deux jonctions est telle qu'il existe une dissymétrie voulue entre la jonction PN de E et celle de C.

La surface de contact du collecteur est notamment plus grande que celle de l'émetteur afin de faciliter le drainage du courant qui passe dans la base commune.

Le fonctionnement inverse sera donc moins favorable que le fonctionnement normal.

d) V_E et $V_C > V_B$ (fig. 40.04).

Pour une telle polarisation, le courant des deux diodes est maximum. Elles fonctionnent toutes deux dans le sens passant. Il n'y a presque pas de chute de tension (max. 1,2 V) aux bornes EB et EC vu que la résistance dans le sens passant est très faible.

Ce fonctionnement correspond dans un schéma à un interrupteur fermé ou à un contact de relais fermé.

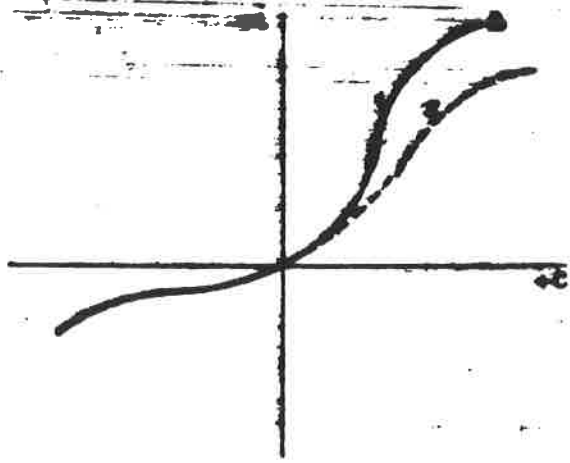


Fig. 40.01

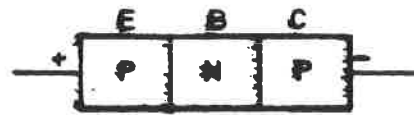


Fig. 40.02

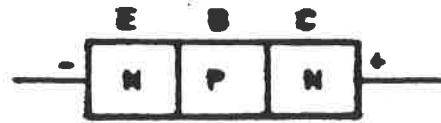
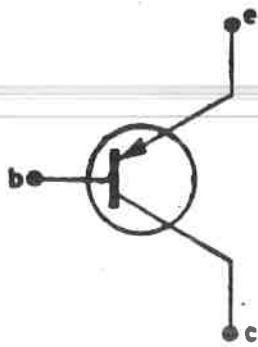
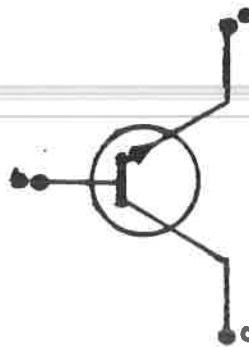
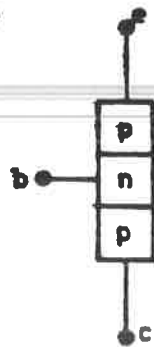


Fig. 40.03



pnp - transist.



npn - transist.

Fig. 40.04

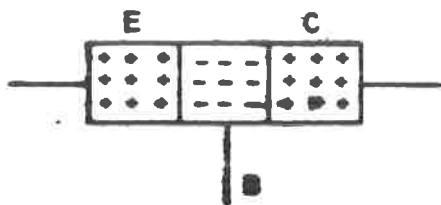


Fig. 40.05

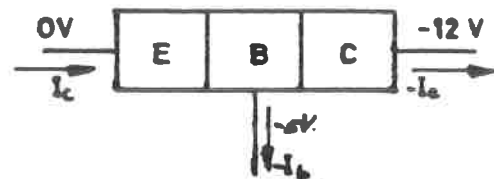


Fig. 40.06

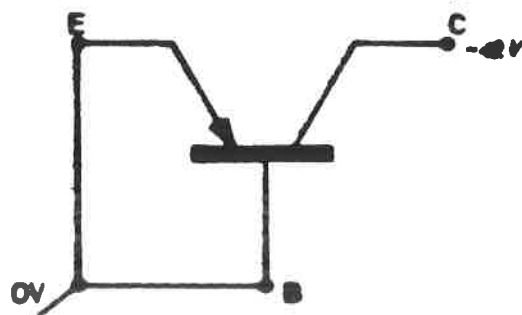


Fig. 40.07

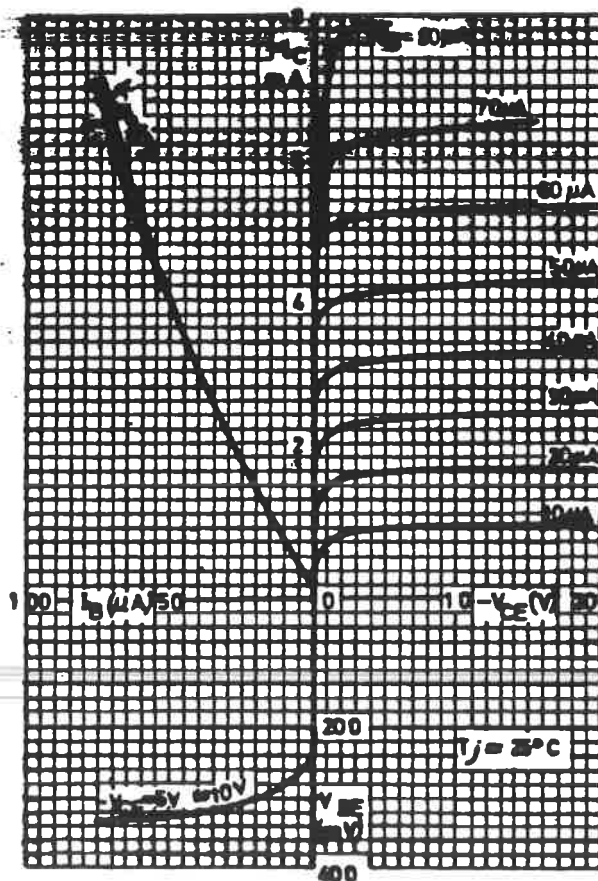


Fig. 40.08

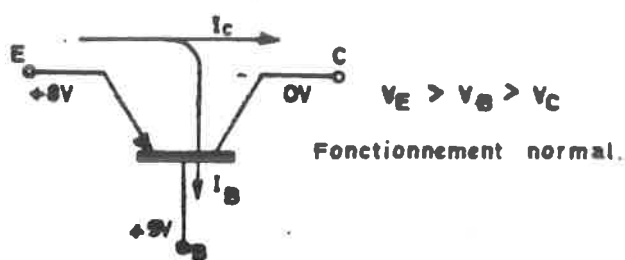


Fig. 40.09

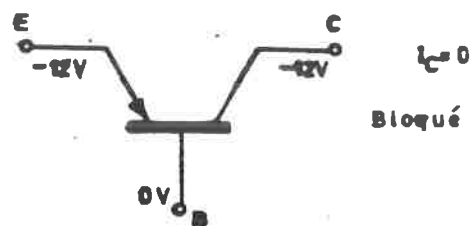


Fig. 40.10

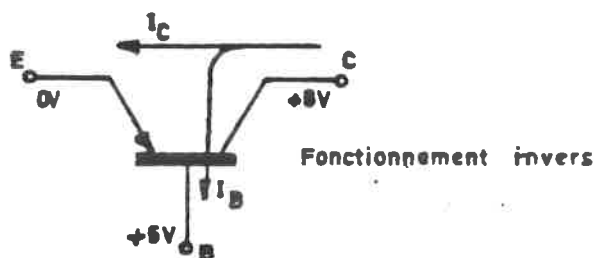


Fig. 40.11

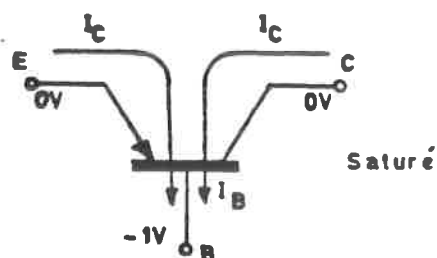


Fig. 40.12

41.01 Détermination du thyristor.

Le thyristor est un élément semi-conducteur formé par un enchaînement de trois jonctions p-n, dont les différentes couches se suivent dans l'ordre "p-n-p-n" (fig. 41.01). Il possède trois électrodes, dont deux à grande section, à savoir l'anode (a) et la cathode (c), nommées ainsi par analogie avec une diode ordinaire. La troisième présente une faible section et est appelée "électrode de commande" (on lui prête également l'appellation de "grille" ou "porte" et on l'indique par la lettre g). La fig. 41.02 montre la représentation symbolique de l'élément employée dans des schémas.

41.02 Propriétés du thyristor.

Le thyristor n'empêche pas seulement le passage du courant dans le sens de c vers a (donc pour la polarisation inverse du thyristor, ou - ce qui revient au même - quand on raccorde le pôle positif d'une source de tension en c et le pôle négatif en a) mais aussi dans le sens de a vers c (donc pour une polarisation directe ou en d'autres termes quand on raccorde le pôle positif en a et le pôle négatif en c).

Ainsi l'on peut dire que le thyristor barre le courant dans les deux sens en cas que g n'est pas raccordé ou si son potentiel est inférieur à celui de c. Pour permettre le passage du courant - pour une polarisation directe du thyristor - il faut mettre g sur un potentiel positif comparativement à c. Il suffit d'ailleurs de créer une faible différence de potentiel entre g et c. Une fois la conduction obtenue, nous constatons que la résistance devient pratiquement zéro pour le sens direct.

A partir du moment où l'état de conduction est obtenu, le rôle de l'électrode g est terminé, il n'est d'ailleurs pas possible de rendre au thyristor son état de blocage en faisant disparaître la tension de la grille g. Pour que le thyristor retrouve ses propriétés de blocage, il est nécessaire d'annuler la tension entre l'anode et la cathode ou bien d'inverser leur polarité.

L'action pour amener le thyristor à son état de conduction (en appliquant une tension en g) s'appelle "l'allumage du thyristor". Le ramener à son état de blocage (en annulant ou en inversant la tension entre a et c) s'appelle "l'extinction du thyristor".

De l'alinéa précédent, on conclut qu'il est possible d'allumer le thyristor en donnant une impulsion de courte durée à la grille g.

Tout ceci peut être mieux suivi et compris en étudiant la courbe caractéristique du thyristor.

2.

41.03. Courbe caractéristique du thyristor (fig. 41.03).

- a - Polarisation inverse: (à titre de rappel: pôle positif de la source en c et le négatif en a).

En appliquant une tension augmentant progressivement et de polarité donnée, entre l'anode et la cathode, on constate que le comportement du thyristor est identique à celui d'une diode inversément polarisée. Le courant est barré; seul un très faible courant de fuite coulera entre l'anode et la cathode. Pour une certaine tension V_i (l'indice i "inverse"), on obtient le perçage; pour une chute de tension, approximativement constante, dans le thyristor, on constate une très forte augmentation du courant, il est seulement limité par la résistance externe dans le circuit.

- b - Polarisation directe: (à titre de rappel: pôle positif en a et pôle négatif en c).

En appliquant, entre l'anode et la cathode, une tension, augmentant progressivement et de la polarité donnée en absence de tout signal sur la grille g, on obtiendra, juste comme la polarisation inverse, rien qu'un faible courant de fuite. Au-dessus d'une certaine tension V_d (indice d direct) du même ordre de grandeur que V_i , on constate: une chute de tension brusque (d'environ 1 à 2 V) accompagnée d'une forte augmentation du courant. A partir de ce moment, le comportement du thyristor est celui d'une diode directement polarisée.

Si par contre, on polarise la grille g positivement, comparativement à la cathode, on obtiendra le même phénomène, mais pour une tension V_a , beaucoup plus basse.

Une fois l'état de conducteur acquis, l'influence de la grille g sur la caractéristique du thyristor, devient nulle. Le thyristor ne peut reprendre ses propriétés de blocage, qu'après annulation de la tension à ses bornes.

41.04. Principe de fonctionnement du thyristor.

Il n'est pas question d'approfondir le mécanisme, relativement compliqué, qui détermine le comportement du thyristor. Plus avant nous avons déjà vu qu'une région de blocage barre le courant. Dans le cas d'un thyristor, inversément polarisé, il y a deux zones de blocage et pour une polarisation directe; il y a aussi une zone de blocage (celle du milieu). Il s'en suit qu'en l'absence d'un signal sur la grille, le thyristor est bloquant dans les deux sens.

En appliquant un signal sur la grille g, on obtiendra le passage d'un courant de g vers c (polarisation directe de la zone de blocage inférieure). Ce passage du courant provoque à l'intérieur du cristal formant le thyristor, un regroupement des porteurs de charges (électrons libres et trous) entraînant l'effacement de la zone de blocage médiane. De cette manière il est donc possible d'amener un thyristor à son état de conduction.

41.05. Limitation du thyristor.

L'emploi du thyristor est limité par un certain nombre de conditions. Celles-ci sont:

a) Tension bloquée au maximum admissible dans le sens direct et le sens inverse:

Dans la fig. 41.03 ces deux valeurs ont été désignées par V_i et V_d . Il est plus difficile, dans la fabrication, d'obtenir un grand V_a qu'un grand V_i . En effet, dans le sens direct, il n'y a qu'une zone de blocage tandis que dans le sens inverse il y en a deux. Cependant il est possible, grâce à des artifices de construction (épaisseur déterminée des différentes couches, dopage varié en impuretés de ces couches) d'obtenir un V_d du même ordre de grandeur que V_i par exemple 1 200 V.

b) Intensité maximum admissible:

L'intensité maximum admissible dépend de l'échauffement autorisé de la jonction (125° à 150°) et de là aussi indirectement du mode de refroidissement (refroidissement naturel par air ou par eau). On construit maintenant des thyristors pouvant supporter des courants de 300 A.

Nous avons déjà rencontré ces restrictions pour les diodes.

41.06. La vitesse d'accroissement du courant dans le thyristor.

Le passage du courant dans le thyristor est commandé par l'électrode de commande g. Il en découle évidemment que le courant trouvera d'abord son passage au voisinage de cette électrode et s'étendra ensuite progressivement sur la section entière du cristal. Au voisinage de g on remarquera une très forte densité de courant. Pour un accroissement très rapide du courant, on court le risque d'une augmentation locale inadmissible de la température. C'est la raison pour laquelle la vitesse d'accroissement doit être limitée. On fabrique maintenant des thyristors qui admettent une croissance du courant de 25 à 50 A/ μ s.

4. 41.07. La vitesse d'accroissement de la tension.

Il est possible que le thyristor s'allume intempestivement ou spontanément, c'est ce qui arrive quand la tension à ses bornes augmente d'une façon trop brutale. On peut trouver une explication à ce phénomène dans l'effet de capacité entre les différentes zones du thyristor. La fig. 41.04 représente la protection classique contre les effets mentionnés sous 3 et 4. La self-induction L (qui peut être celle du câblage joue un double rôle:

1. limiter la vitesse d'accroissement du courant. Il en résulte que dans ce cas l'accroissement du courant sera retardé;
2. empêcher une transmission brutale d'une surtension. En ce qui concerne la capacité C, elle laisse écouler la surtension afin que celle-ci n'apparaisse pas aux bornes du thyristor.

La résistance empêche la formation d'un circuit de résonance L.C.

41.08. Temps de recouvrement.

Afin d'éteindre un thyristor, il faut appliquer, pendant un certain temps ($\tau = \text{tau}$), à ses bornes une tension inverse. Le temps minimum nécessaire pour éteindre le thyristor forme une de ses limitations. On parlera alors de "thyristors rapides" et de "thyristors lents" selon que le temps de recouvrement est faible ou grand. Des thyristors rapides peuvent posséder un temps de recouvrement τ de 25 μs .

Comme nous verrons plus tard, en traction à C.C., il est nécessaire d'employer des thyristors possédant un temps de recouvrement aussi bref que possible.

41.09. Groupement de thyristors.

Dans le domaine de la traction, les possibilités d'utilisation d'un seul thyristor sont toujours dépassées par les conditions de fonctionnement. En conséquence, il sera nécessaire de grouper un certain nombre de thyristors en série et en parallèle, afin de supporter la tension appliquée et de laisser passer le courant demandé.

a. Branchement en parallèle.

Pour un branchement en parallèle de thyristors, il est important que dans chaque branche circule un même courant. On prendra donc soin, dans les branches parallèles, d'incorporer seulement des thyristors présentant une même chute de tension directe. Afin d'assurer également l'équilibre des courants dans deux branches parallèles, on emploie des soi-disant "self-inductions d'équilibrage" (fig. 41.05).

b. Branchement en série.

Dans ce cas, il est important que chaque thyristor absorbe une même tension.

En régime permanent, on atteint ce but en shuntant chaque thyristor par une résistance d'une valeur adéquate.

En régime de transition, on atteindra le même résultat en connectant un groupe RC en parallèle avec le thyristor.

Finalement, nous obtenons le groupement représenté à la fig. 41.06.

41.10. Allumage des thyristors.

Le groupement de thyristors en série et en parallèle, impose une condition très importante dans l'asservissement: l'allumage simultané de tous les thyristors.

Dans une chaîne de thyristors connectés en série, le dernier thyristor à allumer supportera en effet toute la tension, tandis que dans un branchement en parallèle le premier thyristor allumé sera parcouru par le courant total.

L'expérience nous apprend qu'une précision de 2 μ suffit pour la commande de l'allumage d'un certain nombre de thyristors branchés en série-parallèle.

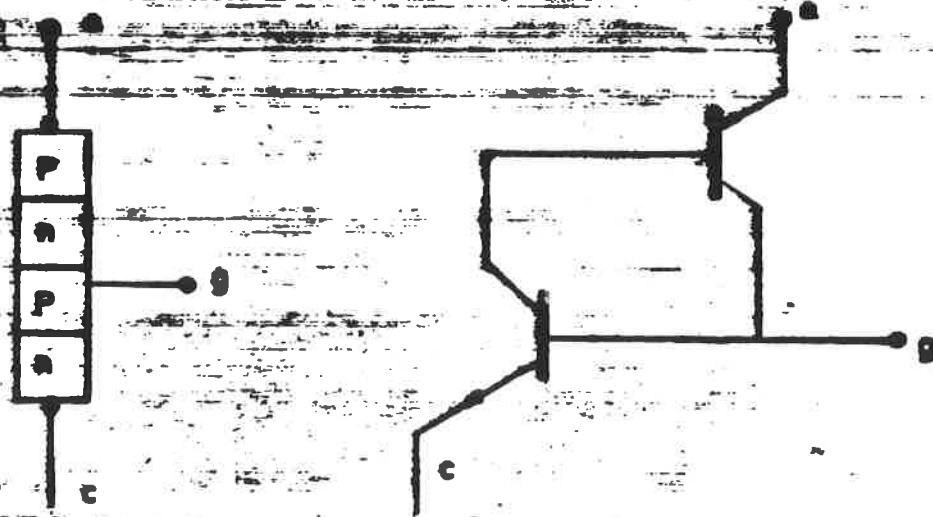


Fig. 41.01

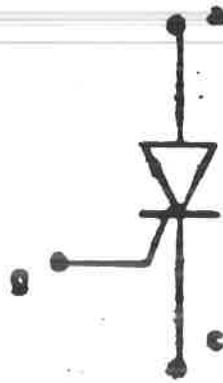


Fig. 41.02

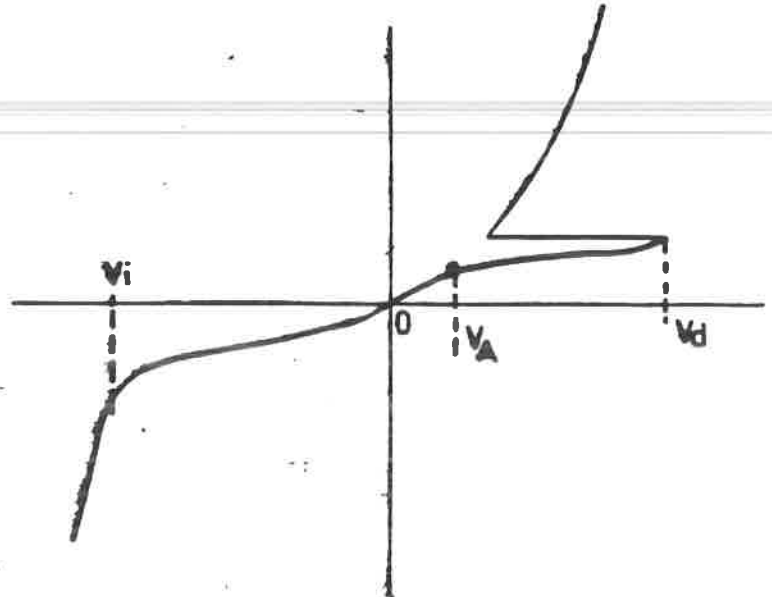


Fig. 41.03

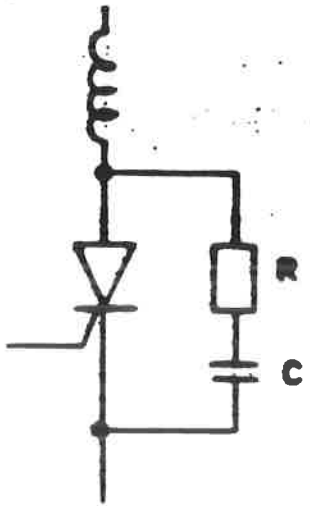


Fig. 41.04

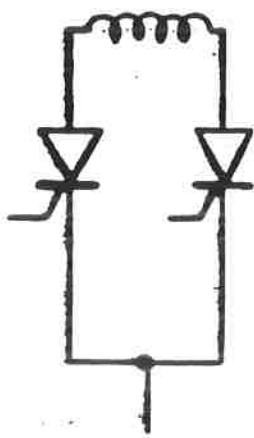


Fig. 41.05

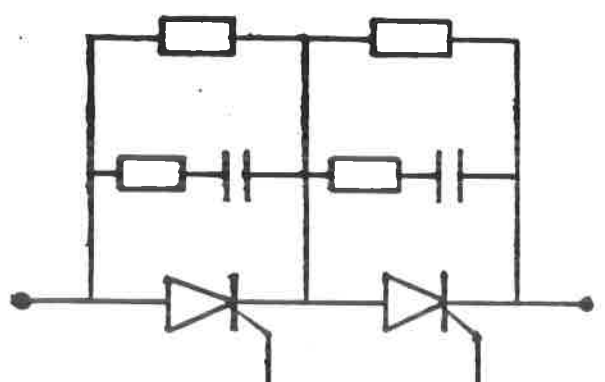


Fig. 41.06

S.N.C.B

Enseignement Professionnel

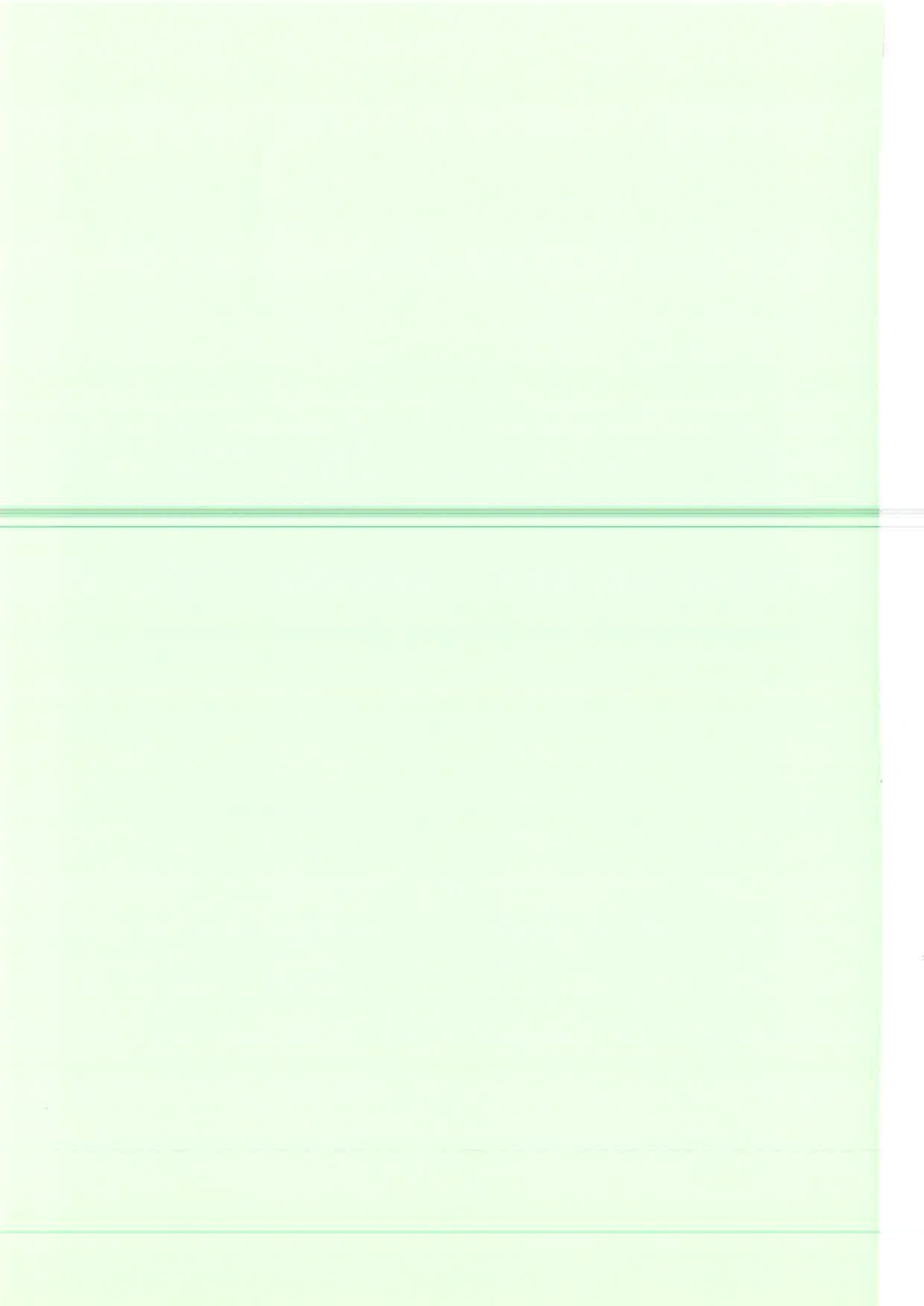
TRACTION ELECTRIQUE

Cours 1270

I∇/∇

Leçons 42 à 53





COURS 1270 - TECHNIQUE ANALOGIQUE.

42.01 - Introduction.

Une forme de l'électronique industrielle que nous rencontrons souvent dans nos ateliers appartient à la technique analogique.

La technique analogique se caractérise par le fait que tensions d'entrée et de sortie des circuits varient de façon continue (peuvent prendre une valeur quelconque entre deux limites -15 V et +15V par exemple) alors qu'en technique digitale, ces tensions ne prennent 2 valeurs ou états "0" ou "1".

Cette technique analogique avec amplificateurs opérationnels se trouve principalement dans les tiroirs de commande des automotrices et des locomotives à thyristors pour le réglage et la mesure des courants, des tension, etc...

42.02 - L'amplificateur opérationnel.

Le circuit élémentaire le plus important de la technique analogique est l'amplificateur opérationnel.

Cet amplificateur tire son nom du fait qu'il était utilisé, à l'origine, pour réaliser des opérations : addition, soustraction, dérivation, intégration. Actuellement, l'amplificateur opérationnel se retrouve dans de nombreuses autres applications et notamment dans les régulateurs électronique

42.03 - Caractéristiques de l'amplificateur opérationnel.

L'amplificateur opérationnel est représenté sous la forme d'un triangle comme schématisé à la fig. 42.01.

Il possède généralement pour être polyvalent, deux entrées E1 et E2 et deux sorties S1 et S2.

Il est alimenté par deux sources + Va et - Va généralement d'amplitudes égales et de signes opposés par rapport au point commun des deux sources (par ex. + 15 V et - 15 V).

Ce point commun peut être considéré comme potentiel zéro ou masse.

Les tensions de sortie VS1 et VS2 sont en opposition de phase (varient en opposition, l'une diminue quand l'autre augmente), leurs valeurs sont soit positives, soit négatives par rapport à la masse, leurs valeurs maximales doivent être sensiblement égales.

Aux entrées E1 et E2 peuvent être appliquées deux tensions VE1 et VE2 par rapport à la masse ou une tension VE1 VE2 directement entre E1 et E2.

La tension de sortie VS1 est en phase avec VE1 et en opposition de phase avec VE2. VS2 est en phase avec VE2 et en opposition de phase avec VE1.

C'est pour cela que les entrées et sorties sont généralement repérées par des signes + et -. L'entrée et la sortie ayant le même signe, sont en phase, celles ayant des signes contraires sont en opposition de phase.

A la fig. 42.02, nous avons schématisé l'amplificateur opérationnel avec les entrées et sorties repérées de cette manière ainsi qu'un amplificateur opérationnel à une seule sortie.

Si les tensions d'entrée sont appliquées par rapport à la masse, la tension de sortie sera donc proportionnelle à la différence entre les tensions d'entrées VE1 et VE2. Le coefficient de proportionnalité est le gain de l'amplificateur.

Principalement dans le cas de l'amplificateur opérationnel équipé d'une seule sortie, il est convenu de définir les entrées par rapport à la sortie repérée +.

L'entrée E2 est appelée entrée avec inversion ou encore entrée inverseuse. Le signal à la sortie est inversé par rapport au signal à cette entrée E2 (opposition de phase).

L'entrée E1 est appelée entrée sans inversion ou encore entrée directe. Le signal à la sortie n'est pas inversé par rapport au signal à cette entrée (en phase).

L'amplificateur opérationnel doit en outre répondre aux conditions suivantes :

- Gain très élevé (en principe infini);
- Impédance d'entrée très élevée (en principe infinie);
- Impédance de sortie très faible (en principe nulle);
- Bande passante aussi large que possible (depuis la fréquence zéro, c.à.d. le continu);
- Faibles dérives en fonction des tensions d'alimentation, de la température, du vieillissement;
- Tension de sortie rigoureusement proportionnelle à la tension d'entrée.

42.04 - Remarque importante.

Les caractéristiques d'un amplificateur opérationnel varient en fonction des conditions de fonctionnement (U alimentation, température ...). En outre, tous les amplificateurs opérationnels d'un même type ne présentent pas des caractéristiques rigoureusement identiques.

De ce fait, les valeurs des caractéristiques sont souvent données sous la forme d'une limite.

42.05 - Structure et schémas de base de l'amplificateur opérationnel.

Nous n'aborderons pas, dans le détail, l'étude des schémas de l'amplificateur opérationnel qu'il soit réalisé à transistors ou à circuits intégrés. En effet, si l'amplificateur opérationnel est un circuit intégré, il nous est impossible d'y modifier quoi que ce soit et en cas d'avaries, ~~il faut remplacer l'amplificateur complet. S'il est composé de composants séparés (discrets),~~ il nous serait possible de rechercher les composants défectueux et de les remplacer. Cependant, ce remplacement entraînerait certainement une modification des réglages de l'ampli et il serait donc nécessaire de recommencer toute la série des mesures, contrôles et ajustages (zéro tage en tension, en courant, ...) avant la remise en service. Dans la grande majorité des cas, nous ne disposons pas des renseignements nécessaires pour effectuer valablement ces mises au point et il est inévitable de renvoyer l'amplificateur opérationnel chez le fabricant; il est donc inutile de rechercher nous-mêmes les composants défectueux.

Vu les caractéristiques demandées à l'amplificateur opérationnel, celui-ci se composera de plusieurs étages d'amplification en cascade. Dans la majorité des cas, ces étages d'amplification et en tout cas l'étage d'entrée seront du type différentiel.

Il est souvent difficile de faire une distinction claire entre amplificateur opérationnel et amplificateur différentiel. L'amplificateur à structure différentielle est utilisé dans des circuits électriques divers et notamment dans la grande majorité des amplificateurs opérationnels.

Nous avons représenté à la fig. 42.03 le schéma de principe d'un étage différentiel.

Les émetteurs sont raccordés à une source à courant constant I_0 (générateur avec une très grande impédance interne).

Lorsque les 2 tensions d'entrée V_{B1} et V_{B2} sont identiques ($V_{B1} - V_{B2} = 0$), le montage est équilibré et le courant se partage en 2 parties égales dans les 2 transistors ($I_{C1} = I_{C2}$ et de ce fait $V_{S1} = V_{S2}$ et $V_{S1} - V_{S2} = 0$).

Si V_{B1} augmente, T_1 devient plus conducteur, I_{C1} augmente.

Comme $IC1 + IC2$ doit rester constant (alimentation par une source à courant constant I_0), $IC2$ diminue. $VS1$ diminue et $VS2$ augmente, $VS1S2$ devient négatif. Si $VB1$ diminue ou $VB2$ augmente, $VB1B2$ devient négatif et $VS1 S2$ devient alors positif.

Comme on peut le voir à la fig. 42.04, la caractéristique présente une partie linéaire autour du point correspondant à $VB1 B2 = 0$, c'est dans cette région que doit normalement fonctionner l'amplificateur. Ce montage agit en limiteur quand la tension différentielle d'entrée atteint une certaine valeur, la tension de sortie se stabilise à une valeur maxi ou mini.

Les avantages essentiels de l'amplificateur à structure différentielle sont les suivants :

- Bonne insensibilité aux dérives en raison de sa symétrie. Fonctionnement possible entre $-55^{\circ} C$ et $+125^{\circ} C$;
- Performances ne dépendant pas des caractéristiques absolues de ses composants mais de celles relatives. Les composants doivent donc être parfaitement appariés. Si cette condition reste difficile à réaliser avec des composants discrets, elle est facilement obtenue dans les circuits intégrés;
- Adaptation aisée à toutes sortes de circuits : amplificateur, détecteur de zéro, comparateur, etc ...
- Possibilité de réaliser aussi bien une "réaction" entre l sortie et l'entrée (réinjection d'une partie du signal de sortie en phase avec l'entrée) qu'une "contre-réaction" (réinjection d'une partie du signal de sortie déphasé de 180° avec l'entrée).

L'amplificateur opérationnel comprendra donc normalement un étage d'entrée à structure différentielle (fig. 42.05).

Un second étage nécessaire pour obtenir un gain de l'ensemble suffisamment élevé pourra être également du type différentiel bien que ce ne soit pas toujours le cas, cet étage ayant beaucoup moins d'influence que l'étage d'entrée sur les caractéristiques globales de l'amplificateur opérationnel.

Enfin, on trouvera un étage de sortie destiné principalement à effectuer une transformation d'impédance, l'impédance de sortie devant être la plus faible possible.

Cet étage sera du type "émetteur follower ou commun" à grande impédance d'entrée et faible impédance de sortie.

42.06 - Applications typiques de l'amplificateur opérationnel.

Avant d'examiner ces applications typiques de l'amplificateur opérationnel, nous allons étudier comment fonctionne celui-ci en boucle fermée.

Nous dirons que l'amplificateur travaille en boucle fermée lorsqu'il existe une rétroaction de la sortie sur l'entrée (+ ou -). Si cette rétroaction n'existe pas, l'amplificateur travaille en boucle ouverte.

Cette rétroaction est réalisée suivant le schéma de principe de la fig. 42.06. La rétroaction est réalisée par l'impédance Z_0 . Il s'agit ici d'une contre-réaction", Z_0 étant placée entre la sortie et l'entrée inverseuse (-). Si Z_0 était placée entre la sortie et l'entrée directe (+), il s'agirait alors d'une "réaction".

Considérons que l'amplificateur soit idéal, donc nous pouvons dire :

- gain infini
- impédance d'entrée infinie
- impédance de sortie nulle

Si le gain est infini; il suffira d'une très faible différence de tension entre E_1 et E_2 pour obtenir la tension maximale à la sortie.

En outre, si l'impédance d'entrée est infinie, nous pouvons considérer que le courant entrant (ou sortant) à l'entrée E_1 est nul.

En E_1 , la somme des courants doit être nulle. Donc si un courant I_1 traverse Z_1 et se dirige vers E_1 , Z_0 doit obligatoirement être traversé par un courant I_0 égal à I_1 et se dirigeant de E_1 vers la sortie S . (la somme des courants passant dans un noeud est égale à zéro).

$$I_1 = - I_0$$

$$\text{ou } I_1 = \frac{V_E}{Z_1} \quad \text{et } I_0 = \frac{V_S}{Z_0}$$

vu que $V_{E1} = 0$

$$\text{donc } \frac{V_E}{Z_1} = - \frac{V_S}{Z_0}$$

$$\text{ou } \frac{V_S}{V_E} = - \frac{Z_0}{Z_1} = G_{BF} \quad (\text{GAIN})$$

$\frac{V_S}{V_E}$ est le gain de l'amplificateur opérationnel en boucle fermée G_{BF} .

Conclusion.

Le gain de l'amplificateur opérationnel idéal en boucle fermée est égal au rapport de l'impédance de contre-réaction (Z_0) à l'impédance d'attaque (Z_1) précédé du signe moins.

En pratique, le gain en boucle ouverte G et l'impédance d'entrée ne sont pas infinis. De ce fait, la formule donnant le gain en boucle fermée devient :

$$G_{BF} = - \frac{Z_0}{Z_1} \times \frac{1}{1 + \frac{1}{G} \left(1 + \frac{Z_0}{Z_1}\right)}$$

Si G est très grand; $\frac{1}{G} \left(1 + \frac{Z_0}{Z_1}\right)$ devient très faible et

$$G_{BF} = - \frac{Z_0}{Z_1}$$

Dans ce qui suit, nous considérerons l'amplificateur comme idéal ou présentant en tout cas un gain suffisamment élevé pour pouvoir utiliser la formule simplifiée $G_{BF} = - \frac{Z_0}{Z_1}$

42.07 - Examinons maintenant quelques amplificateurs.

1. Amplificateur inverse ou de gain - 1 (fig. 42.07).
 $Z_1 = Z_0 = R_1 = R_0$.

Si $Z_1 = Z_0$ $G_{BF} = - \frac{Z_0}{Z_1} = - 1$ la tension en S est

égale et inversée par rapport à la tension sur l'entrée
 $V_S = - V_E$.

Pratiquement Z_1 et Z_0 sont deux résistances identiques.

2. Amplificateur proportionnel (fig. 42.08)
 $Z_1 = R_1 \neq Z_0 = R_0$

En prenant pour Z_0 et Z_1 des valeurs quelconques, on réalise un amplificateur de gain quelconque (dans certaines limites pour des raisons de stabilité). Remarquons que si Z_0 est inférieur à Z_1 , on réalise un atténuateur $G_{BF} < - 1$

$$V_S = - G_{BF} \cdot V_E = - \frac{Z_0}{Z_1} \cdot V_E$$

3. Amplificateur différentiel (fig. 42.09).

Un autre schéma peut être utilisé pour réaliser la différence entre deux tensions A et B en utilisant les propriétés du montage à entrées différentielles (fig. 42.09) La tension d'entrée B est appliquée sur l'entrée E2 (entrée directe) par l'intermédiaire des impédances Z_2 et Z_3

L'amplificateur opérationnel ne prenant en considération que la tension différentielle, on peut écrire :

$$V_S = V_{E'} \cdot \frac{Z_3}{Z_2+Z_3} \times \frac{Z_0 + Z_1}{Z_1} - V_E \cdot \frac{Z_0}{Z_1}$$

Si $Z_1 = Z_2$ et $Z_0 = Z_3$

$$V_S = A \cdot \frac{Z_3}{Z_1} - B \cdot \frac{Z_0}{Z_1}$$

Si $Z_3 = Z_2 = Z_0 = Z_1$

A ce moment :

$$V_S = A - B.$$

4. Amplificateur intégrateur (fig. 42.10)

$$Z_1 = R_1 \quad Z_0 = \frac{1}{WC}$$

Jusqu'à présent, toutes les impédances étaient de simples résistances. Si nous remplaçons Z_0 par un condensateur, nous obtenons un amplificateur intégrateur :

$$I_1 = - I_0$$

$$\frac{V_E}{Z_1} = - \frac{V_S}{Z_0} \quad \text{ou} \quad \frac{V_E}{Z_1} = - C \frac{dV_S}{dt}$$

$$V_S = - \frac{1}{Z_1 C} \times \int_0^t V_E(t) dt$$

La tension de sortie est donc bien proportionnelle à l'intégrale en fonction du temps de la tension à l'entrée

Si on applique à l'entrée une tension en "marche d'escalier", la tension de sortie va croître linéairement jusqu'à atteindre la valeur maximum de la tension de sortie de l'amplificateur. Sa vitesse d'accroissement de la tension de sortie dépendra de l'amplitude de la tension à l'entrée.

Le gain de l'amplificateur est toujours, en boucle fermée, donné par la formule $G_{BF} = \frac{Z_0}{Z_1}$.

$Z_0 = \frac{1}{Wc}$ donc est dépendant de la fréquence du signal à l'entrée ($W = 2 \pi f$). Le gain G_{BF} dépend par conséquent de la fréquence. Nous avons donc tracé la courbe idéalisée (courbe réelle assimilée à des droites) donnant le gain en fonction de la pulsation ($W = 2 \pi f$) de la tension à l'entrée. Le gain est exprimé en dB.

Entre la puissance $w = 0$ (continu) et la pulsation $w_1 = \frac{1}{Z_1 C G}$ avec $G =$ gain en boucle ouverte le gain reste constant et égal à G .

A partir de w_1 , le gain décroît de 20 dB par décade.

Pour la valeur de la pulsation $w_2 = \frac{1}{Z_1 C}$ le gain G_{BF} est devenu égal à l'unité (0dB).

Cette courbe correspond donc à celle d'un filtre passe-bas. Il s'agit ici d'un filtre actif passe-bas (amplificateur dans le filtre). Il présente par rapport au filtre passif R-C passe-bas les avantages suivants :

- gain supérieur à l'unité (filtre passif gain maximum = 1);
- est intégrateur pour des valeurs élevées de la tension à la sortie alors que le filtre passif ne devient vraiment intégrateur que lorsque la tension de sortie devient faible.

Nous pouvons encore justifier la forme de la tension de sortie pour une tension d'entrée en échelon de la manière suivante :

I_1 doit toujours être égal à $-I_0$.

Pour une certaine tension V_E , il a une valeur bien déterminée égale à $\frac{V_E}{Z_1}$.

Au moment de l'application de V_E , C est déchargé; pour faire circuler dans le condensateur un courant égale à I_1 il faudra donc une tension très faible en S . Au fur et à mesure que le condensateur se charge, la tension à ses bornes augmente donc la tension en S doit croître également pour maintenir I_0 à sa valeur $\frac{V_E}{Z_1}$.

$$I_0 = \frac{V_s \cdot C}{T}$$

$$\text{d'où } V_s = - \frac{1}{R_1 C} V_E \cdot T$$

5. Amplificateur différentiateur (fig. 42.11) $Z_1 = \frac{1}{WC}$, $Z_0 = R_0$.

Pour réaliser la fonction différentiateur, l'impédance Z_1 est constituée par un condensateur C et Z_0 reste une résistante R_0 .

En considérant toujours que l'amplificateur opérationnel est idéal, on peut écrire :

$$I_1 = - I_0$$

$$I_1 = C \frac{dV_E}{dt}$$

$$I_0 = + \frac{V_S}{Z_0}$$

$$V_S = + Z_0 I_0$$

$$V_S = - Z_0 C \frac{dV_E}{dt}$$

La tension de sortie est donc bien proportionnelle à la variation de la tension à l'entrée.

La courbe du gain en dB en fonction de la pulsation du signal à l'entrée est donnée à la fig. 42.11. Plus la fréquence augmente, plus l'impédance du condensateur diminue ce qui entraîne l'augmentation du rapport $\frac{Z_0}{Z_1}$ donc du gain.

Pour une tension en échelon appliquée à l'entrée, on doit obtenir une simple impulsion à la sortie.

Physiquement, nous pouvons justifier cette forme de la tension de sortie pour un échelon appliqué à l'entrée par le raisonnement suivant. Lors de l'application de V_E , le condensateur est déchargé donc sa tension aux bornes étant nulle, le courant I_1 sera très important; puis au fur et mesure que C se charge, sa tension aux bornes augmente et le courant diminue pour finalement s'annuler.

En partant toujours du principe que $I_1 = - I_0$, I_0 devra présenter la même forme impulsionnelle que I_1 . I_0 étant égale à $\frac{V_S}{Z_0}$, V_S doit être une impulsion simple avec retour à zéro. R_0

6. Amplificateur proportionnel-intégrateur P.I.

Le schéma représenté à la fig. 42.12 montre que l'impédance Z_0 est composée d'une résistance R_0 et d'un condensateur C_0 placés en série. Z_1 reste une simple résistance R_1 .

La forme de la tension de sortie pour une entrée en échelon est représentée à la fig. 42.12.

Cette forme peut être justifiée physiquement de la façon suivante.

Lors de l'application de V_E (C_o est déchargé), il circule dans R_1 un courant $I_1 = \frac{V_E}{R_1}$.

Pour que I_o reste égal à $-I_1$, V_S doit prendre une valeur telle que $V_S = I_1 \times R_o$, C_o étant déchargé donc $V_S = \frac{R_o}{R_1} \times V_E$ au départ. Puis au fur et à mesure que C_o se charge, la tension à ses bornes augmente et V_S doit croître pour maintenir constant $I_o = -I_1$.

7. Amplificateur proportionnel-différentiateur P.D.

Le schéma représenté à la fig. 42.13 montre que l'impédance Z_1 est composée de deux résistances R_1 , R_2 et d'un condensateur C_1 ; Z_o reste une simple résistance R_o .

La courbe du gain (dB) en fonction de la pulsation du signal à l'entrée peut être justifiée pratiquement de la façon suivante.

Lors de l'application de V_E (C_1 décharge) le courant I_1 est uniquement limité par R_1 et R_2 en parallèle donc

$$I_1 = \frac{V_E}{\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}}$$

$$\text{Or } V_S = R_o \times I_o = - R_o \times I_1$$

$$V_S = - \frac{R_o \times V_E}{\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}}$$

Puis au fur et à mesure que C_1 se charge, le courant circulant dans C_1 et R_1 diminue pour finalement s'annuler. Il est alors égale à $\frac{V_E}{R_2}$ et de ce fait $V_S = - \frac{R_o}{R_2} \times V_E$.

L'impulsion de V_S au départ est due à la fonction différentielle de l'amplificateur. Puis V_S devient proportionnel à V_E , c'est la fonction proportionnelle de l'amplificateur.

8. Amplificateur proportionnel-différentiateur-intégrateur P.I.D.

Le schéma de l'amplificateur opérationnel à contre-réaction présentant cette fonction est représenté à la fig. 42.14. L'impédance Z_1 est composée du réseau R_1 , R_2 , C_1 que nous avons vu dans l'amplificateur à comportement P.

L'impédance Z_o est constituée du réseau R_o , C_o de l'amplificateur à comportement P.I. La figure 42.14 montre, également la forme de la tension de sortie pour une tension de sortie pour une tension d'entrée en "marche d'escalier".

Elle se justifie pratiquement de la façon suivante :

Lors de l'application de V_E , I_l est limité simplement par R_1 et R_2 en parallèle I_o provoqué par V_S est limité par R_o (C_1 et C_o déchargés).

On peut donc dire que au premier instant de l'application de V_E :

$$I_l = \frac{V_E}{\frac{R_1.R_2}{R_1+R_2}} \quad \text{et}$$

$$I_o = \frac{V_S}{R_o} \quad \text{mais puisque } I_l = -I_o$$

$$V_S = -\frac{R_o}{\frac{R_1.R_2}{R_1+R_2}} \cdot V_E$$

Puis C_1 se charge et le courant I_l diminue pour devenir égal à $\frac{V_E}{R_2}$. I_o diminue donc ce qui nécessite la diminution de V_S (suivant une loi analogue à la charge de C_1) dépendant de la variation de I_l .

A ce moment, C_o continue à se charger, donc V_S doit croître linéairement pour maintenir I_o constamment égal à $-I_l$

La partie A correspond au comportement dérivateur de l'ampli, B au comportement proportionnel et C au comportement intégrateur.

Remarques importantes.

De toutes les applications typiques que nous venons de voir de l'amplificateur opérationnel, nous pouvons tirer une conclusion intéressante.

L'amplificateur opérationnel sert, en fait, de générateur de courant et ajuste à tout moment la tension de sortie pour que le courant dans la boucle de contre-réaction reste égal et opposé au courant dans le réseau d'entrée.

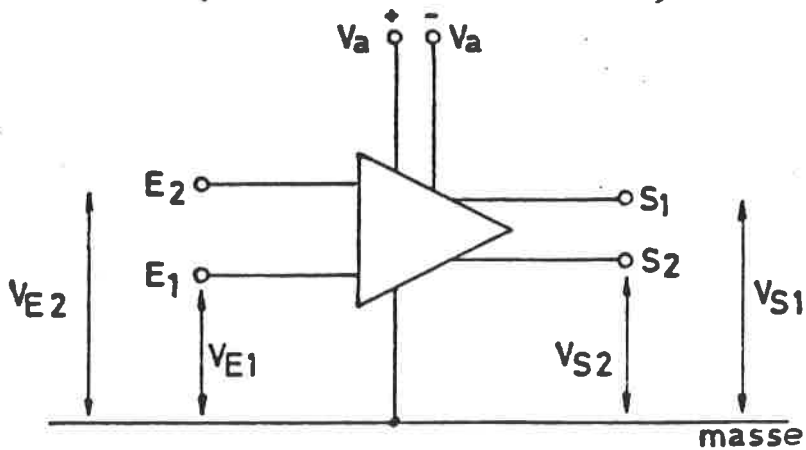


Fig. 42.01

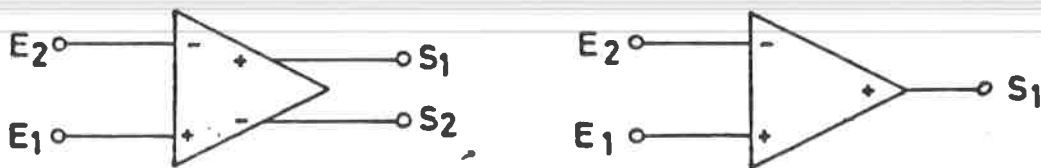


Fig. 42.02

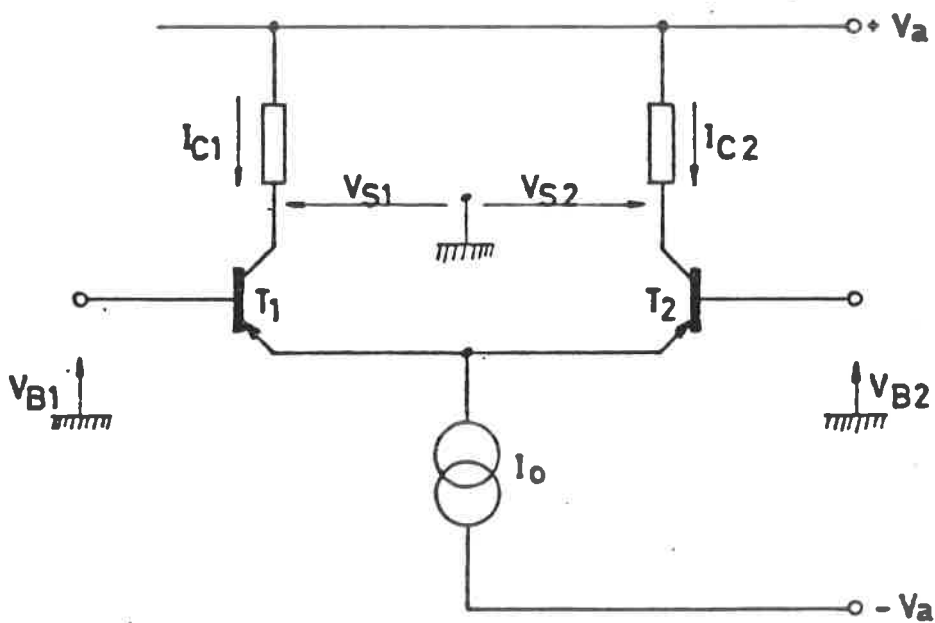


Fig. 42.03

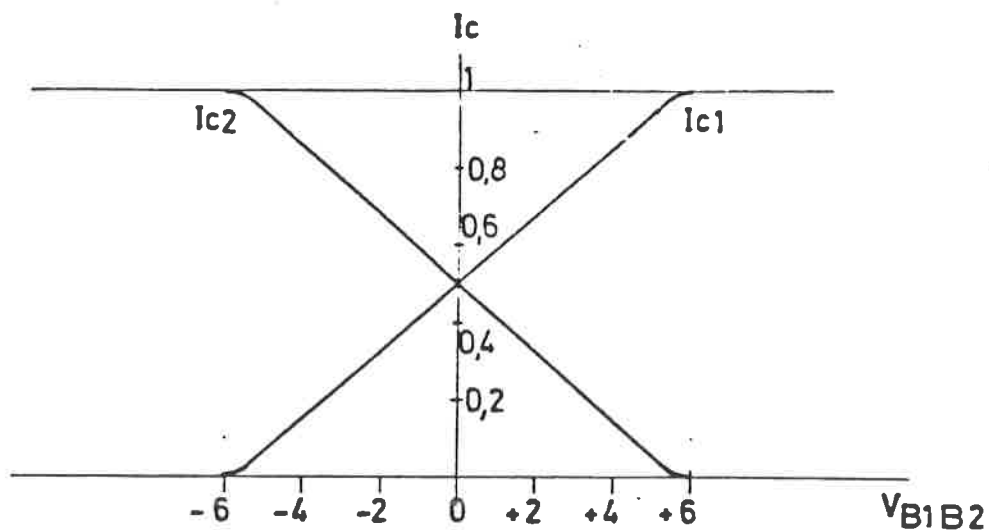
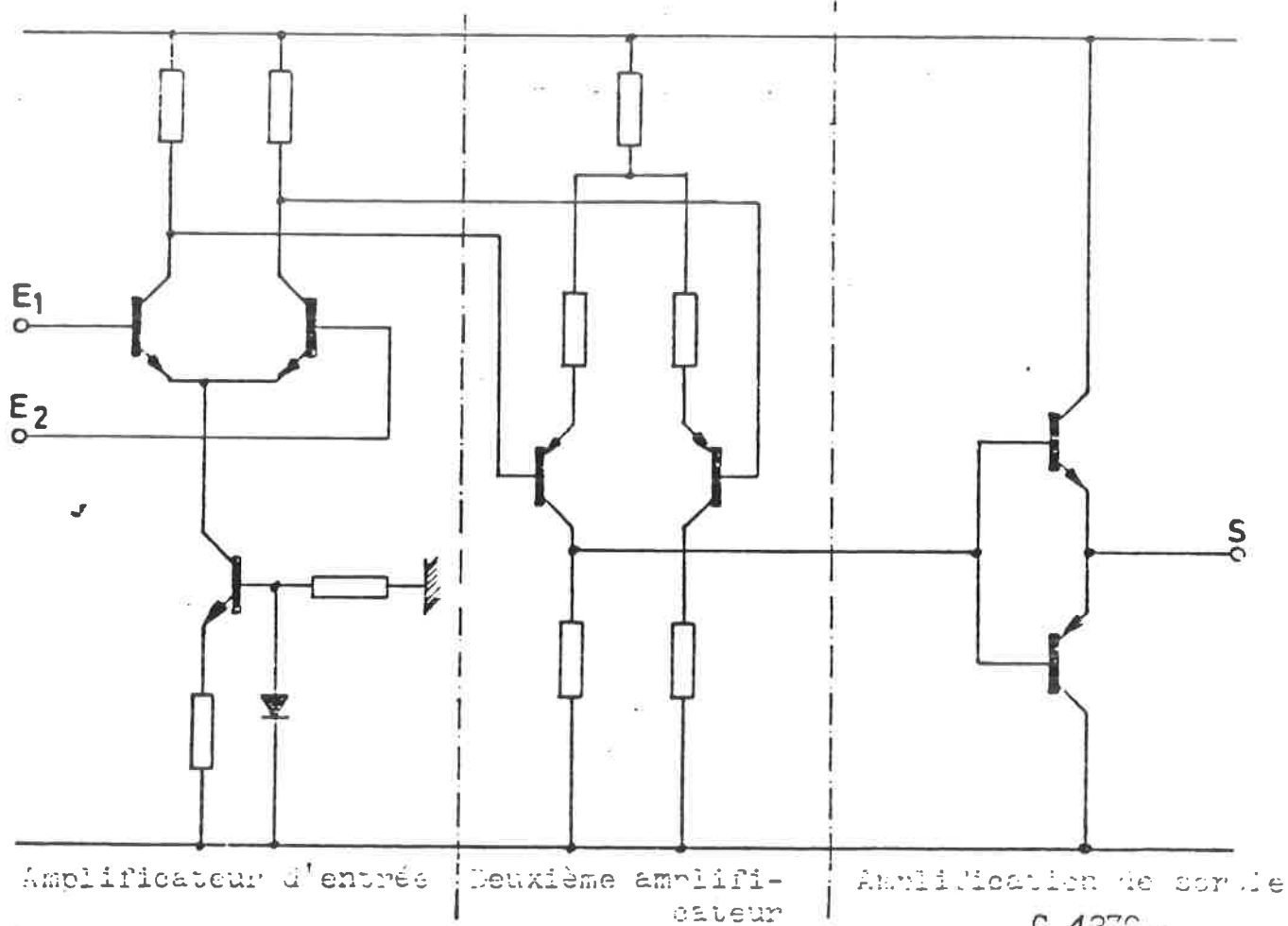


Fig. 42.04



Amplificateur d'entrées

Deuxième amplifi-
cateur

Amplification de sortie

Fig. 42.05

C 1270 / 42
1959

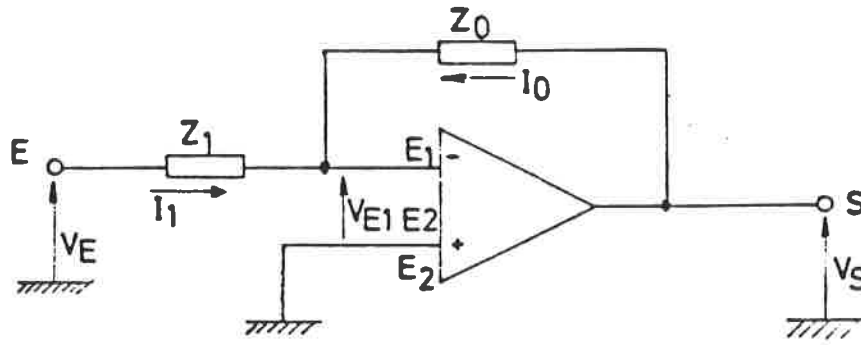


Fig. 42.06

Amplificateur de gain - 1 ou inverse.

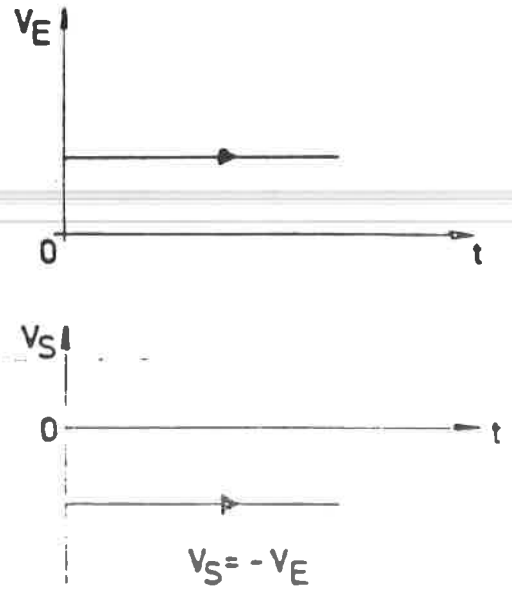
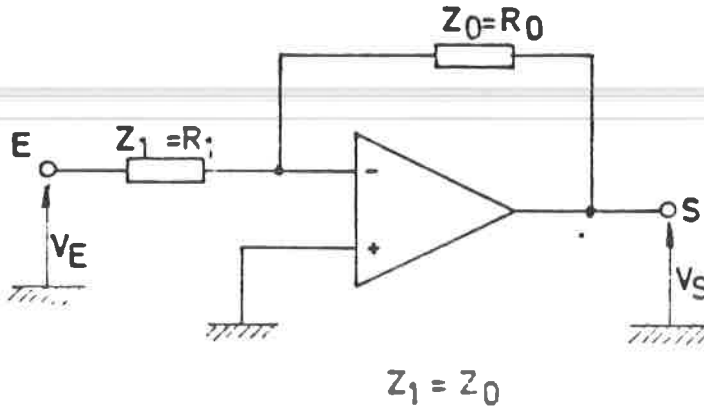
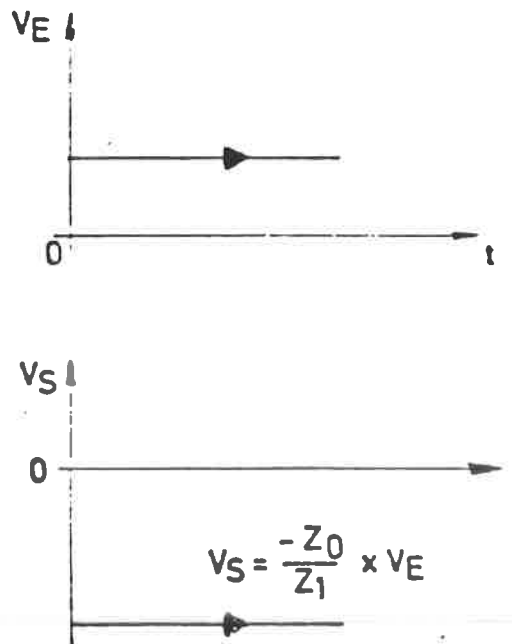
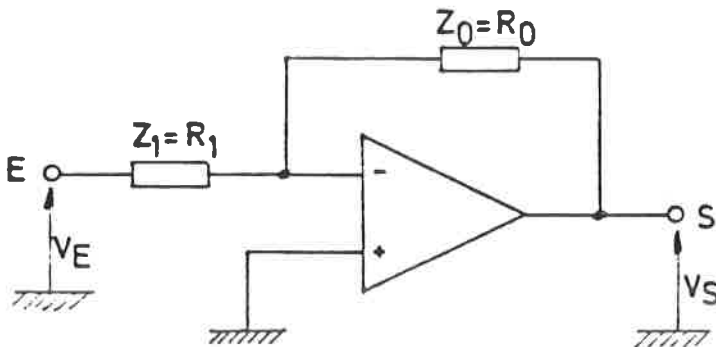
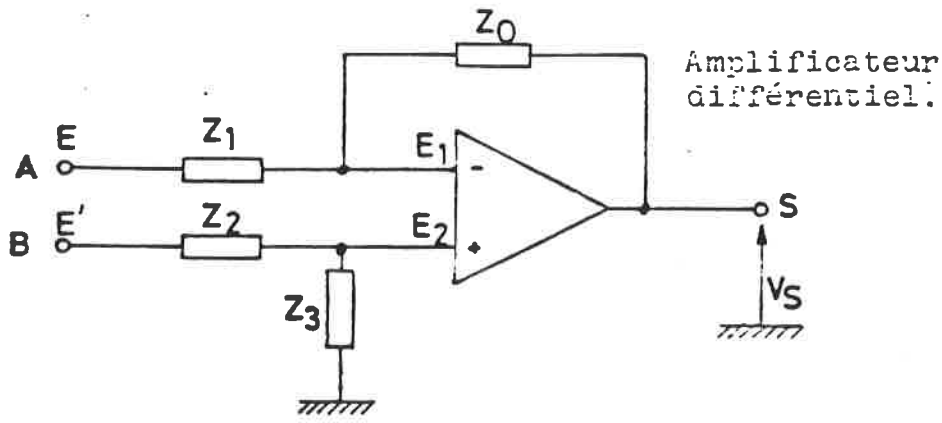


Fig. 42.07

Amplificateur proportionnel.





$$V_S = A - B$$

$$Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z_0 = R$$

Fig. 42.09

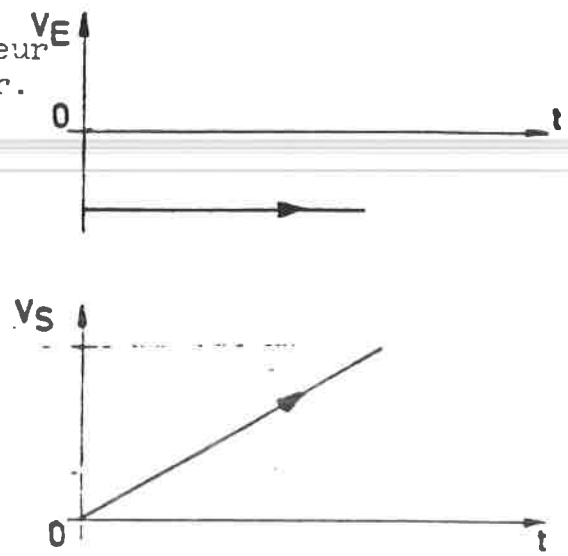
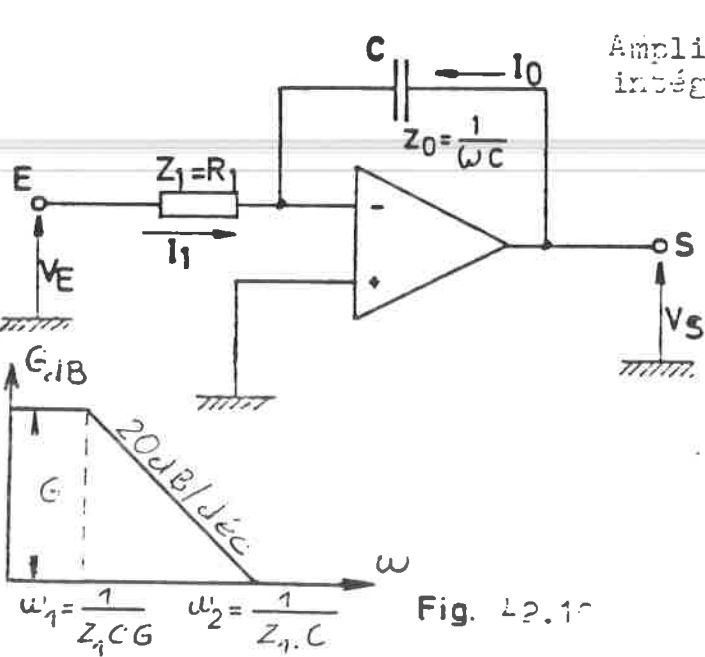


Fig. 42.10

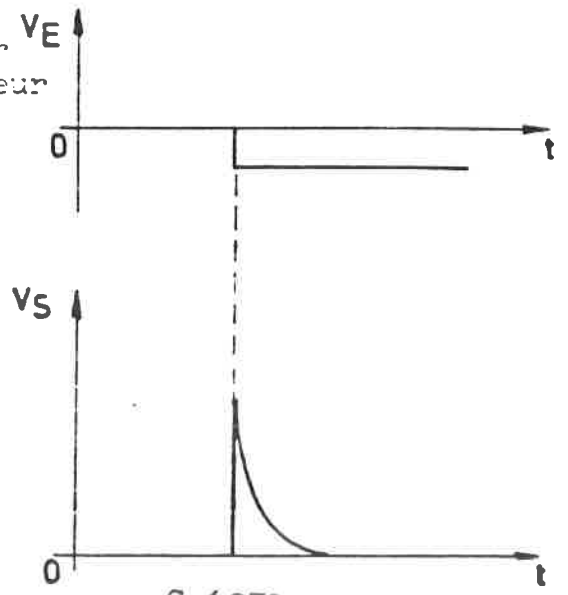
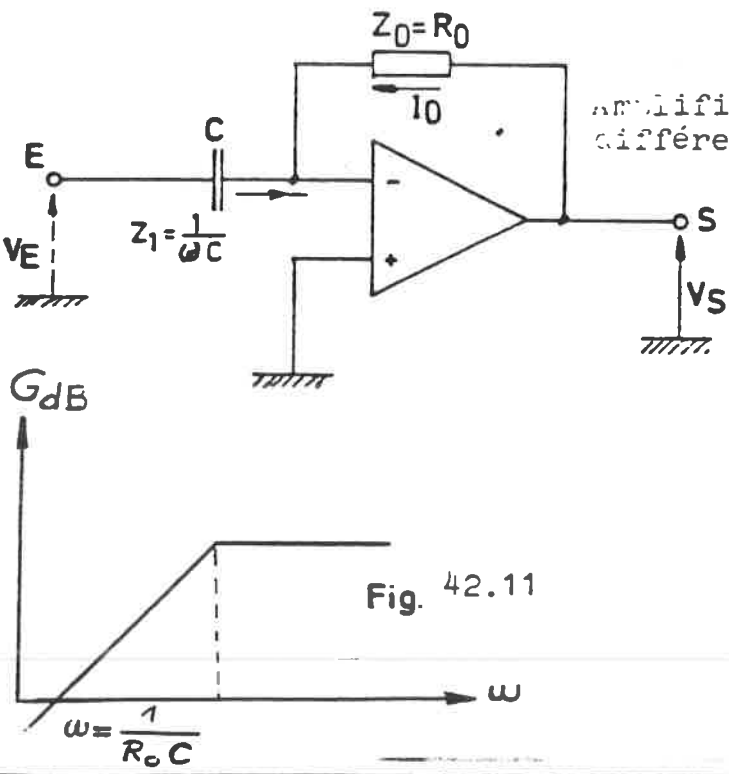
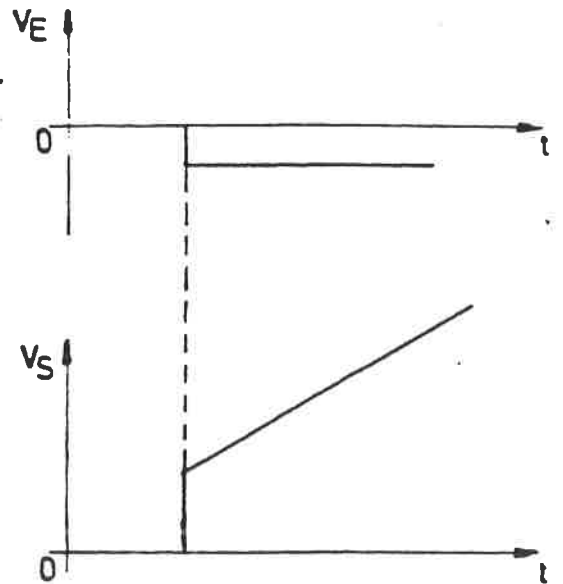
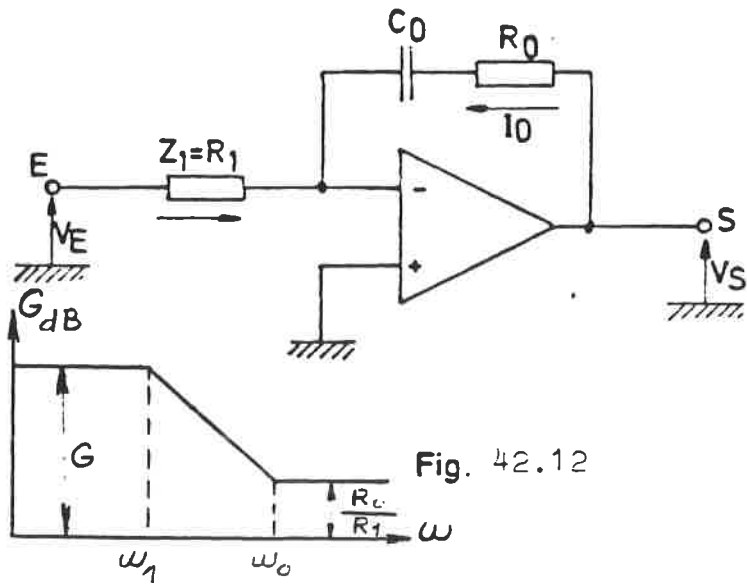
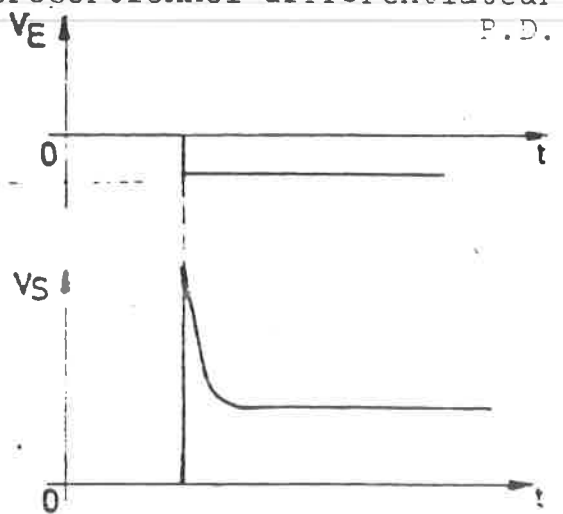
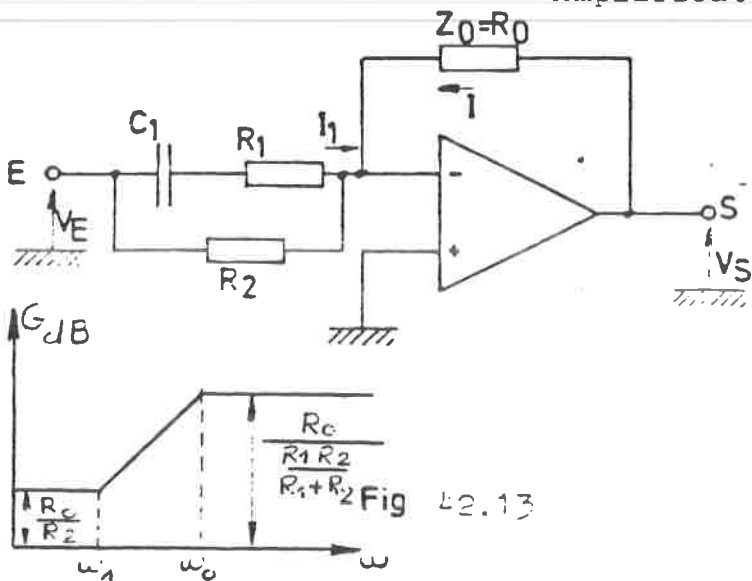


Fig. 42.11

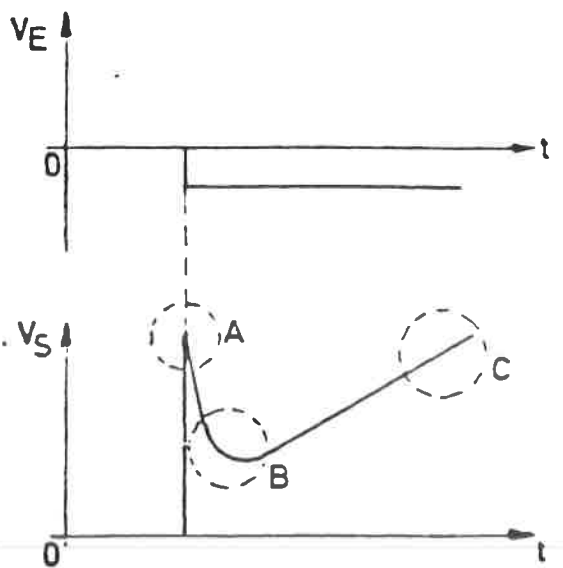
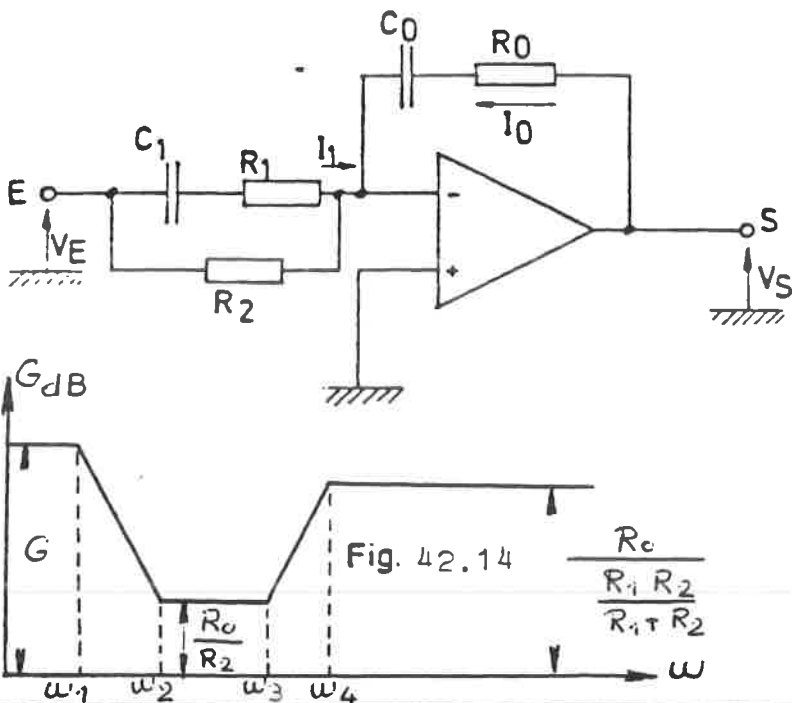
Amplificateur proportionnel intégrateur P.I.



Amplificateur proportionnel différentiateur P.D.



Amplificateur proportionnel-différentiateur-intégrateur PID



APPLICATIONS DE LAMPES TRIODES ET DE TRANSISTORS.43.01. Lampe triode en amplification.

Considérons sur la fig. 43.01 les courbes caractéristiques d'une triode donnant le courant anodique en fonction de la polarisation grille et ce, pour différentes tensions plaque $V_a = 120 \text{ V}$ et $V_a = 160 \text{ V}$.

Nous lisons sur la courbe 120 V que pour une tension grille de 1 V, le courant $I_a = 50 \text{ mA}$.

Portons la tension grille à + 5 V; le courant anodique devient 70 mA.

Nous aurions pu obtenir le même $I_a = 70 \text{ mA}$ en augmentant la tension plaque jusqu'à 160 V.

En d'autres mots, la variation de tension de $5 - 1 = 4 \text{ V}$ sur la grille correspond à une variation de tension de plaque de $160 - 120 \text{ V} = 40 \text{ V}$.

Le facteur d'amplification est donc $\frac{40}{4} = 10$.

L'amplification ne reste proportionnelle que dans la partie rectiligne de la courbe caractéristique.

On appelle pente de la lampe ou facteur d'amplification de courant, la variation du courant anodique par volt de tension grille.

Dans le cas présent, la pente sera :

$$S = \frac{20 \text{ mA}}{4 \text{ V}} = 5 \text{ mA/V.}$$

43.02. Schémas d'amplification.

Voyons les possibilités qu'offre une triode au point de vue amplification : (le chauffage de la cathode n'est pas représenté sur les schémas).

a) Sur la fig. 43.02, le circuit anodique est relié à un appareil de consommation où passe normalement un courant de 100 mA.

La grille est polarisée légèrement négative pour éviter les courants de grille.

A cette fin, nous plaçons par exemple une résistance de 50Ω entre cathode et masse. De cette façon, la cathode se trouve à un potentiel de : $50 \times 0,1 = + 5 \text{ V}$.

Puisque la grille est raccordée à la borne négative de la batterie (et qu'il n'y a pas de courant grille), la polarisation grille est de $- 5 \text{ V}$ (par rapport à la cathode).

2.

Appliquons à présent une légère variation de tension sur la grille (signal d'entrée), par exemple 1 mV, comme c'est le cas avec un micro à cristal, une cellule de pick-up ou une tête d'enregistreur sur bande.

Cette variation de tension occasionnera des variations de courant dans le circuit anodique avec la même fréquence que le signal d'entrée.

L'aiguille du milliampèremètre déviera suivant l'amplitude du signal reçu.

A remarquer que la tension V sur les bornes de la bobine L sera des dizaines de fois supérieure à celle du signal d'entrée.

Cet appareil peut être par exemple la bobine mobile d'un haut-parleur. Le signal d'entrée peut être un signal alternatif. Le signal amplifié aura la même forme et la même fréquence.

b) Pour obtenir une amplification plus forte encore du signal e, nous placerons 2 ou plusieurs triodes en cascade comme représenté à la fig. 43.03.

Nous voyons sur ce schéma que la triode I reçoit le signal e sur sa grille. Ce signal est amplifié jusqu'à une valeur V' sur les bornes de la résistance de charge RX du circuit anodique.

Ces variations de tensions sont utilisées à leur tour comme signal d'entrée e' sur la grille de la triode II, signal qui sera amplifié jusqu'à la valeur V sur les bornes de la bobine L.

43.03. Amplification par transistor.

La fig. 43.04 représente un schéma classique d'amplification.

Le signal d'entrée V_b est appliqué sur la base et amplifié jusqu'à la valeur de sortie V_c .

Il s'agit dans ce cas d'un transistor AF 121.

Les courbes caractéristiques de ce transistor se trouvent à la fig. 40.08. Calculons la résistance R_c à incorporer dans le circuit du collecteur afin de limiter I_c à 6 mA :

$$R_c = \frac{9}{0,006} = 1500 \Omega$$

Traçons à présent la courbe de charge sur le diagramme. Il s'agit d'une droite allant de $I_c = 6 \text{ mA}$ ($V_c = 0$) jusqu'à $I_c = 0$ ($V_c = 9 \text{ V}$)

Cette droite représente donc la chute de tension sur R_c .

Au repos, le courant de base doit être situé environ au milieu de la droite par ex. à 30 A. de façon à permettre une grande amplitude pour le signal appliqué sur la base (et donc pour V_c).

Nous lisons sur la caractéristique que pour

$$I_b = 30 \text{ A} \quad \text{---} \quad V_{VE} = - 320 \text{ mV}$$

Ce qui nous permet de calculer R_b :

$$R_b = \frac{9 - 0,320}{0,00003} = 289 \text{ K } \Omega .$$

Appliquons à présent un signal sur la base variant de + 10 mV à - 10 mV

V_b peut alors avoir comme valeur :

$$\begin{aligned} 9 - 0,32 - 0,01 &= 8,67 \text{ V} \\ \text{et } 9 - 0,32 + 0,01 &= 8,69 \text{ V} \end{aligned}$$

Soit par rapport à l'émetteur :

$$- V_{BE} = - 0,33 \text{ V} \text{ et } - 0,31 \text{ V}$$

Le courant de base correspondant peut être déterminé sur le diagramme de la fig. 40.08 :

$$\text{pour } - V_{BE} = - 330 \text{ mV} \text{ ----- } I_b = 65 \text{ } \mu\text{A}$$

$$\text{pour } - V_{BE} = - 310 \text{ mV} \text{ ----- } I_b = 25 \text{ } \mu\text{A}$$

Une augmentation de 40 μA du courant de base provoque une variation de courant collecteur de 3,5 μmA .

$$\begin{aligned} I_b &= 40 \text{ } \mu\text{A} \\ I_c &= 3,5 \text{ mA} \quad (5,5 \text{ mA} - 2 \text{ mA}) \end{aligned}$$

La pente S (mA/V) :

$$S = \frac{3,5 \text{ mA}}{20 \text{ mV}} = 175 \text{ mA/V}$$

et le facteur d'amplification (tension),

$$\frac{3,5 \text{ mA} \times 1,5 \text{ k}}{20 \text{ mV}} = \frac{5,25}{0,02} = 260$$

43.04. Schémas d'amplification.

Nous remarquons sur la fig. 43.05 qu'un micro est couplé à la base du transistor via un condensateur.

La résistance de charge de l'émetteur est constituée par la bobine du haut-parleur.

Le signal peut également être appliqué entre B et E comme indiqué à la fig. 43.06.

Dans ce cas, on évite d'envoyer le signal dans la batterie.

La fig. 43.07 représente un ampli à double étage permettant une amplification bien plus grande. Au lieu d'une bobine de haut-parleur, nous trouvons un transfo de couplage dans le circuit collecteur de T_1 . Ce dernier agit à son tour sur la base de T_2 .

Le couplage peut également s'effectuer au moyen d'un condensateur comme le montre la fig. 43.08. Dans cet exemple, il est fait usage d'une seule batterie.

Une résistance R_d et un condensateur C_d est nécessaire dans ce cas afin d'éviter les interactions.

4305 Transistor comme régulateur.

Un autre circuit particulier prévu sur les hl série 15 est celui de la régulation de courant dans la bobine de maintien du DUR.

Nous allons nous borner ici à en décrire le schéma de principe simplifié (fig. 43.10).

Une diode Zenner est utilisée à cette fin. Il s'agit d'une diode spécialement conçue pour fonctionner dans la partie négative de sa caractéristique.

Au lieu de présenter une tension inverse de l'ordre de 1000 V, on la fabrique pour n'importe quelle valeur bien déterminée (par exemple 20 V)

Le claquage de cette diode se produit sans dommage pour autant que le courant inverse soit évidemment limité.

Fonctionnement.

La batterie alimente la bobine de maintien K D à travers deux résistances R_1 et R_2 . La résistance R_2 est portée par une diode Zenner Z.

Lorsque la tension de la batterie devient supérieure à une valeur donnée, la diode devient passante (claque) et les 2 résistances r_1 et r_2 sont, en fait, mises en parallèle sur R_2 . Ces résistances ayant une grande valeur ohmique n'influencent pas beaucoup le courant mais la base du transistor T qui était polarisée à la même valeur que l'émetteur devient subitement négative (perte de charge de r_1), et le transistor débite dans la résistance R_0 . Ce courant amplifié dépendra du courant de base, c.à.d. de la tension aux bornes de r_1 ou encore de la tension batterie.

Nous voyons qu'en fait une augmentation de la tension de la batterie m ne se traduit pas par une augmentation du courant dans la bobine K D, mais que ce courant est dévié par R_0 .

43.06. Multivibrateur.

Ce circuit, appelé également flip-flap comporte 2 transistors qui s'influencent mutuellement.

Les transistors sont alternativement passants ou bloqués.

La fig. 43.10 montre le schéma d'un flip-flap.

Pour faciliter l'explication de la mise en marche de l'oscillation, nous supposerons qu'un interrupteur S "imaginaire" est fermé.

Dans ce cas, T_1 est bloqué (il s'agit d'un transistor NPN dont la base est à 0V) et T_2 passant (base positive).

Les potentiels en C_1 , B_1 et C_2 sont indiqués sur le diagramme de la figure 48.10 :

- $V_{C1} = + 9 \text{ V}$ (T_1 ouvert)
- $V_{B1} = 0 \text{ V}$ (à la masse)
- $V_{C2} = + 1 \text{ V}$ (environ)
- $V_{B2} = 0,5 \text{ V}$ (par exemple).

Ouvrons à présent "S" : T_1 devient aussitôt passant (et ce au moment t_1)

- V_{C1} tombe instantanément en dessous de 1 V
- V_{B2} passe de + 0,5 V à - 9 V
(Cette tension va se rétablir via le circuit $R_1 C_1$ pour arriver à + 0,5 V au moment T_2)
- Le fait que V_{B2} est négatif, bloque T_2
- T_2 ne deviendra conducteur qu'au moment où V_{B2} sera positif (en t_2)
- T_2 restera conducteur jusqu'au moment où B_1 sera suffisamment positif pour ouvrir T_1 etc...

La fréquence dépend des valeurs $R_1 C_1$ d'une part et de $R_2 C_2$ d'autre part ce qui veut dire que les deux impulsions ne sont pas nécessairement de même durée.

43.07. Onduleur magnétique.

L'onduleur magnétique (fig. 43.12) se compose essentiellement d'un transfo Tr, alimenté dans sa prise médiane en courant continu (par exemple 24 V).

Les sorties 4 et 7 sont reliées à un transistor (Q_1 et Q_2).

Lors de la mise en service Q_2 est conducteur vu que la base est positive via R_0 (transistor type NPN).

L'impulsion de courant primaire dans l'enroulement 3-4 induit en 5 une tension positive ce qui a pour effet de saturer très vite Q_2 et de charger C_0 . Mais vu que la tension aux bornes 5-6 s'inverse C_0 décharge et Q_2 bloque.

Ceci a comme effet que Q_1 devient à nouveau passant, etc...

6.

La fréquence de l'ondulation dépendra de différents facteurs, tels que la valeur de la tension continue et les caractéristiques magnétiques du transfo.

43.08. Relais de tension électronique.

Le relais de tension nulle sera remplacé sur le nouveau matériel par un dispositif électronique consommant 300 fois moins de courant (1 mA au lieu de 0,3 A) à la caténaire.

En effet, le potentiomètre branché sur la HT a une résistance de 3 M ce qui donne une consommation de 3 W.

Fonctionnement - fig. 43.12.

Un oscillateur magnétique induit une tension alternative en S₁ laquelle est transmise via le transistor t₁ dans le transfo T₂

Cette tension est ensuite redressée (S₂) et amplifiée par t₄ pour finalement commander un relais RASZ.

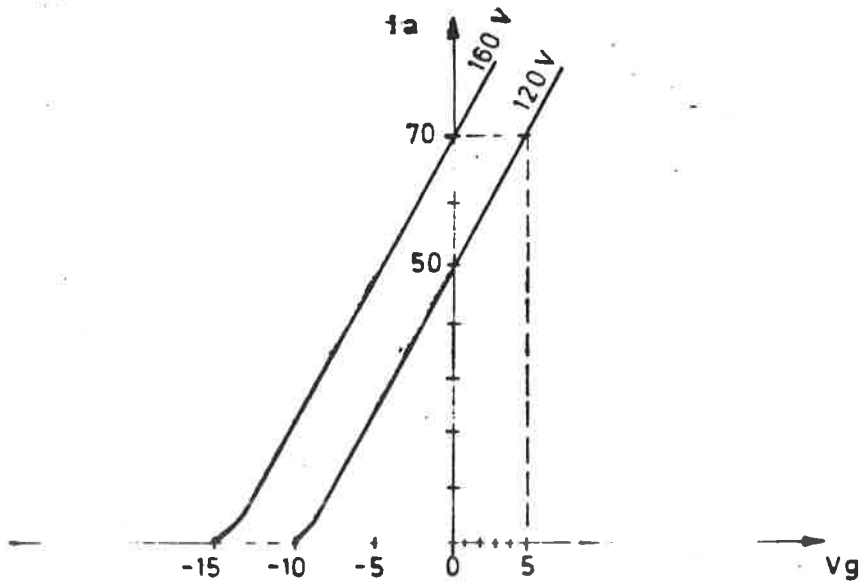


Fig. 43.01

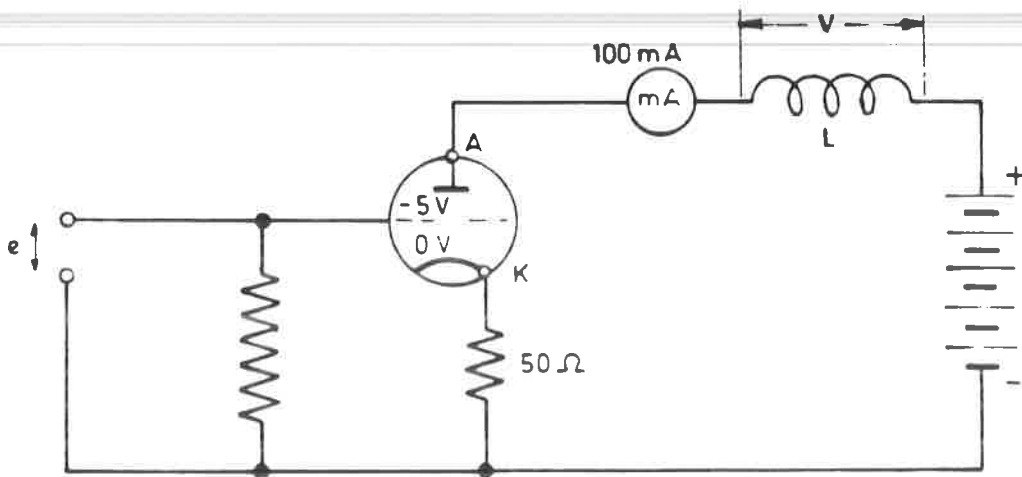


Fig. 43.02

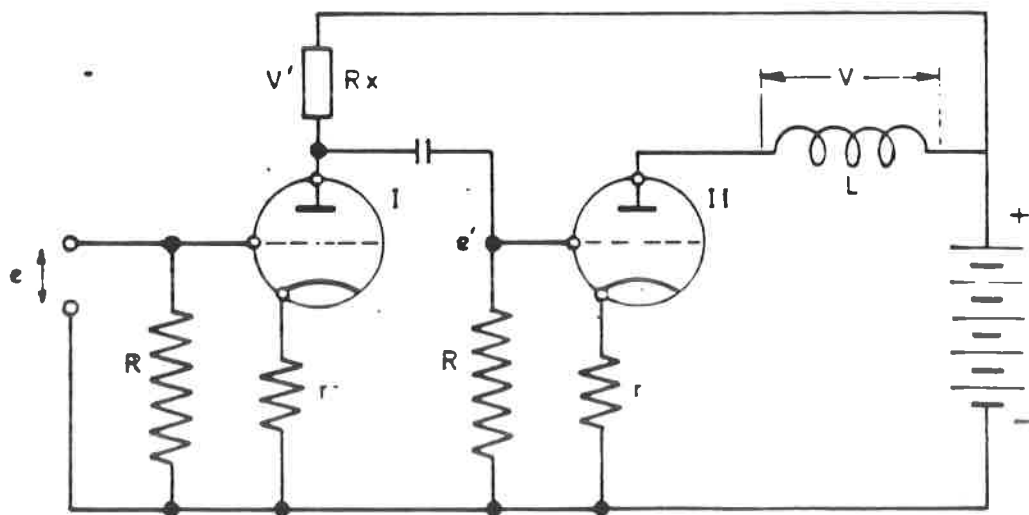


Fig. 43.03

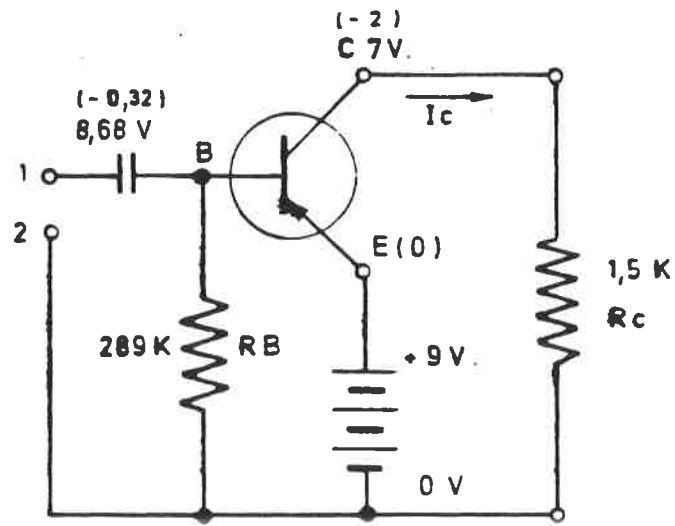


Fig. 43.04

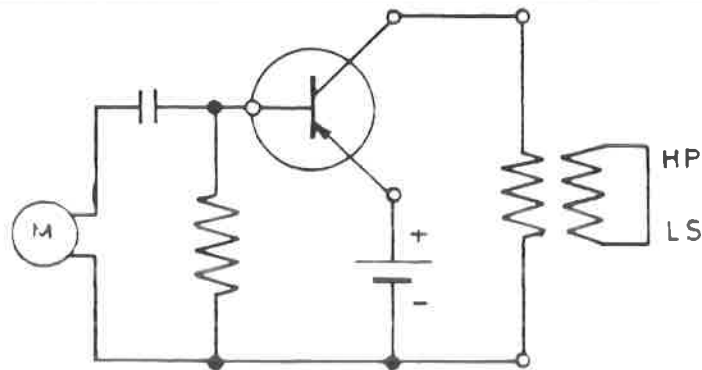


Fig. 43.05

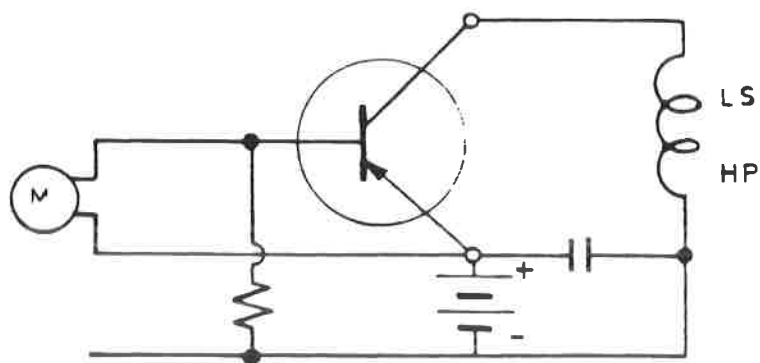


Fig. 43.06

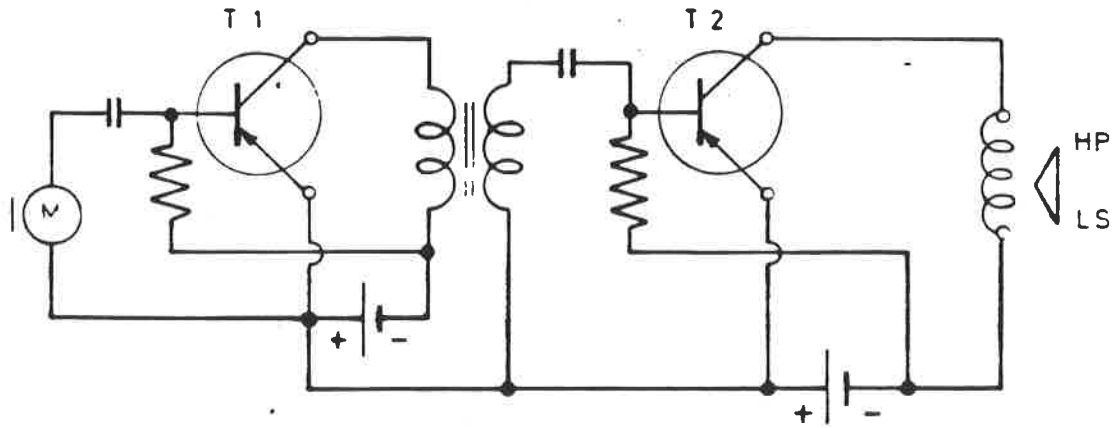


Fig. 43.07

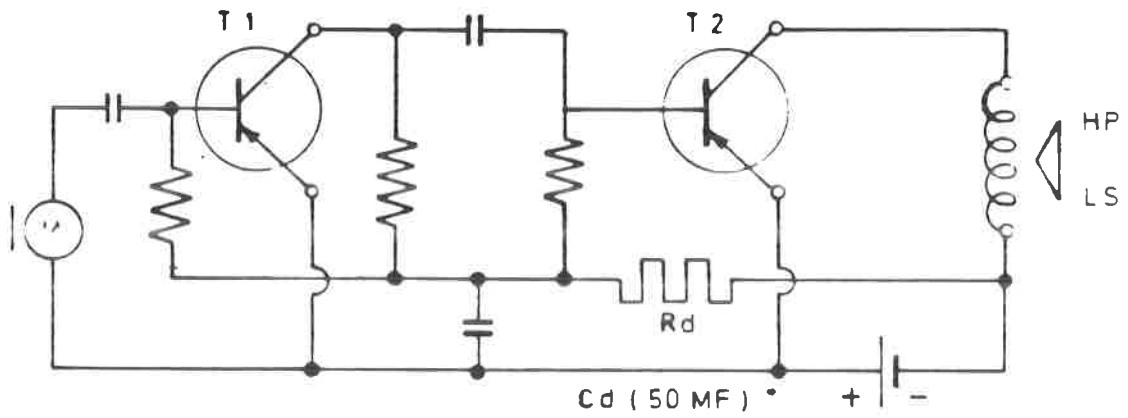


Fig. 43.08

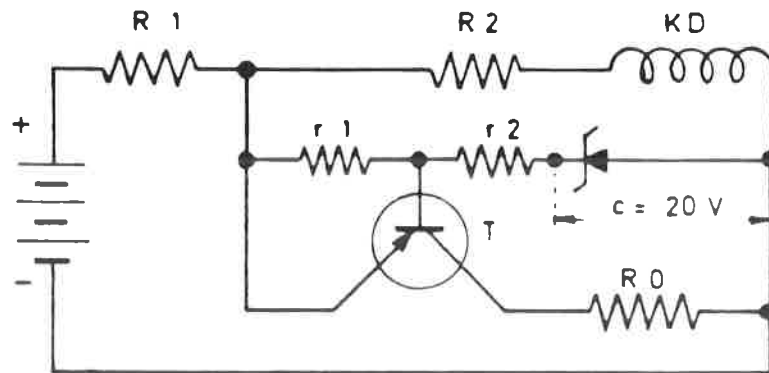


Fig. 43.09

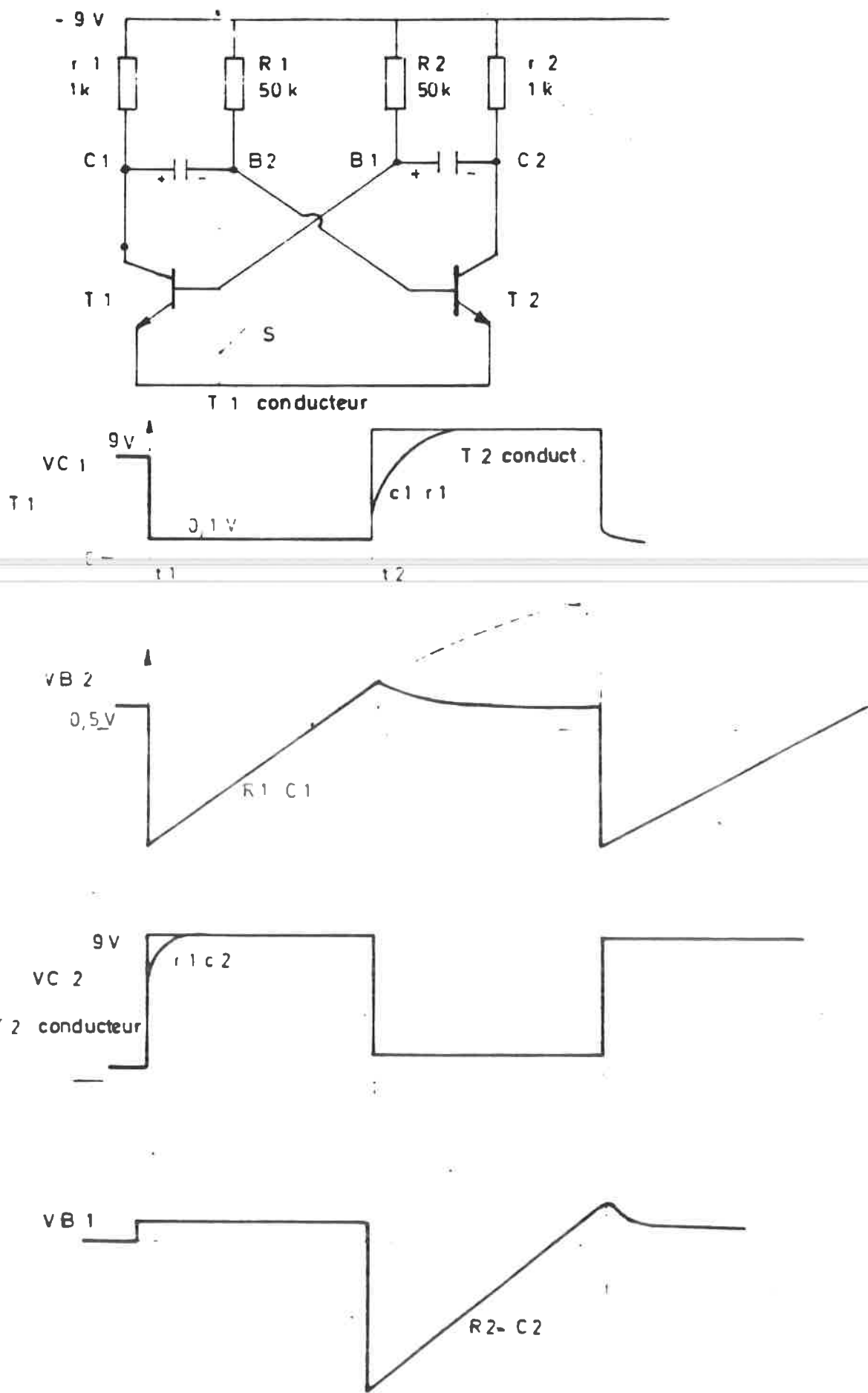


Fig. 43. 10.

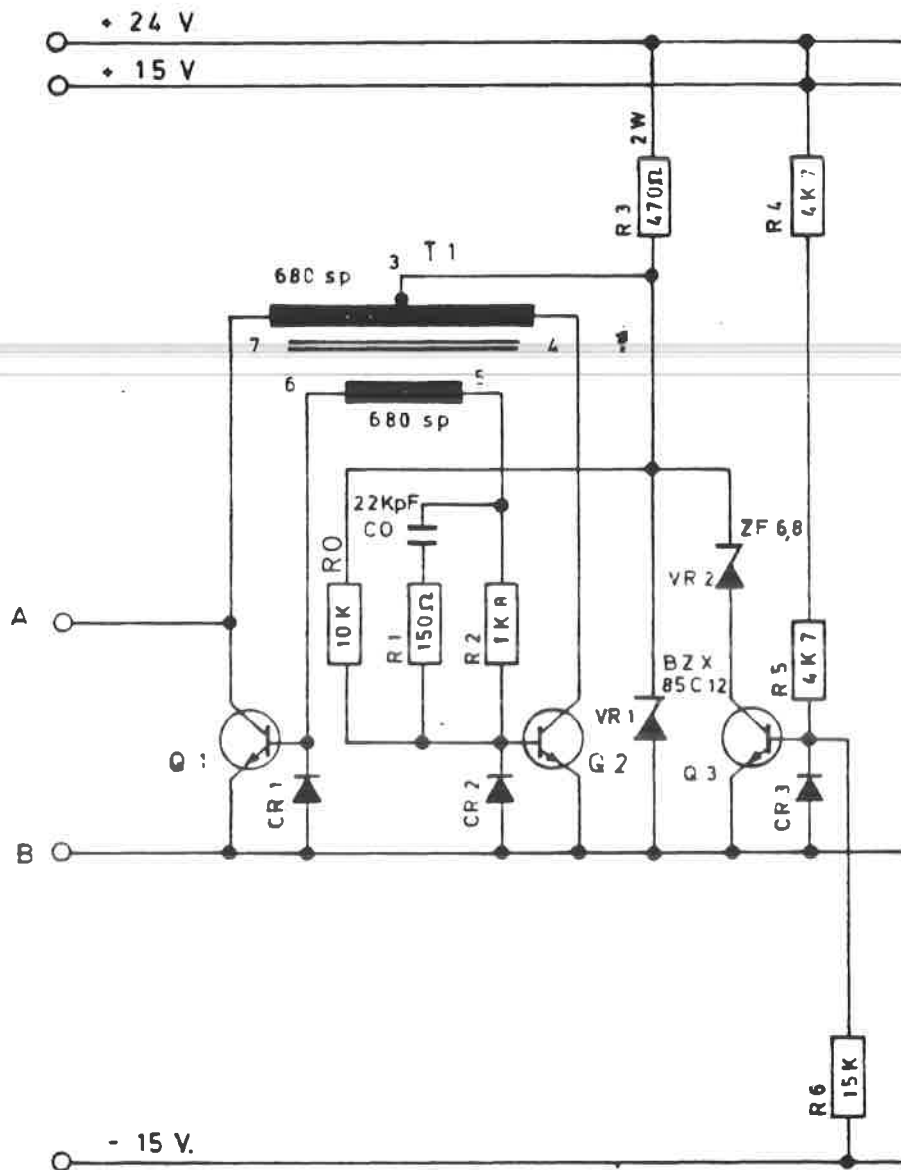
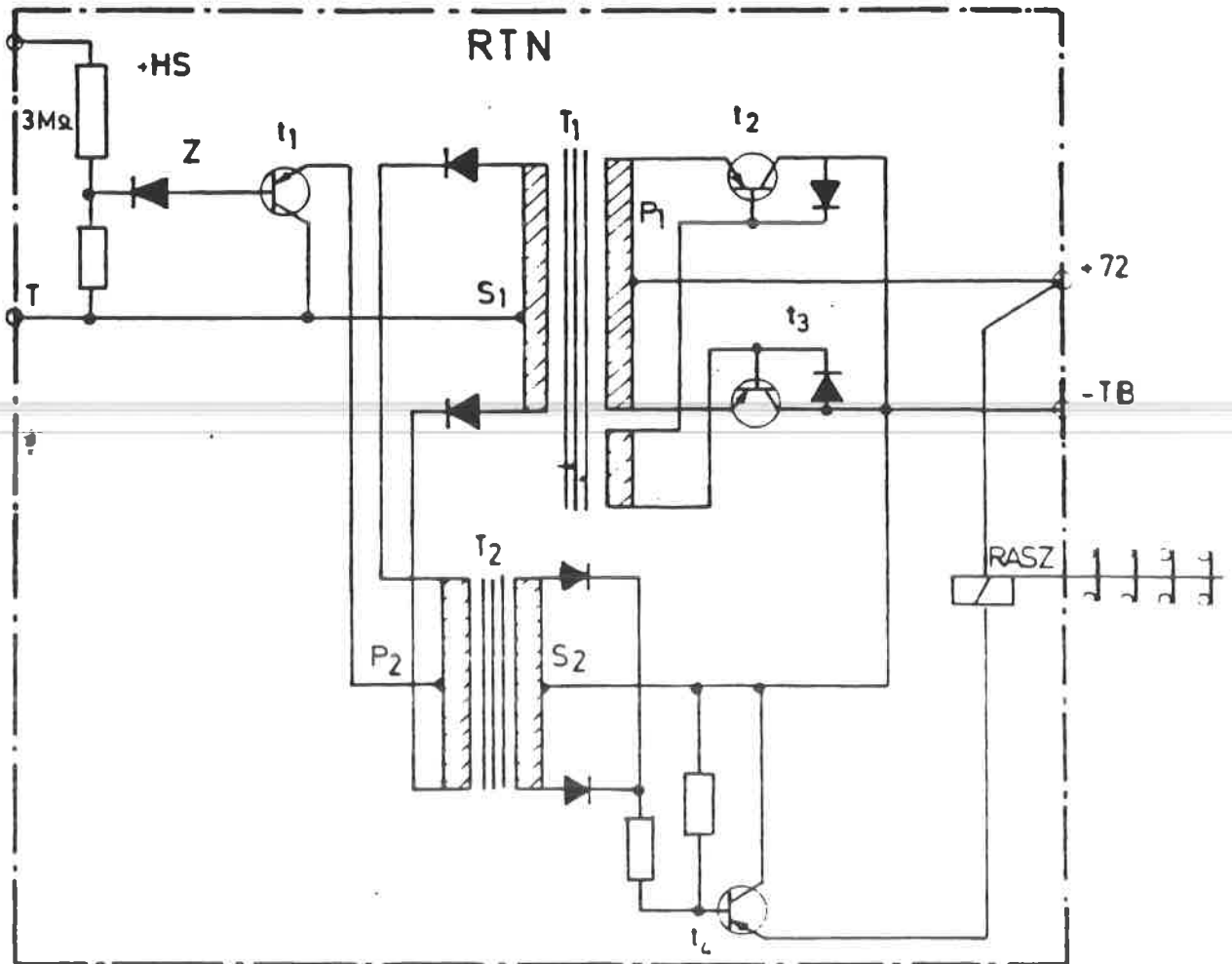


Fig. 43.11



RTN (Hle 20)

Fig. 43. 12

APPLICATION DU THYRISTOR DANS LA TRACTION A COURANT
CONTINU : LE HACHEUR.

44.01 - Schéma de puissance de principe.

Le hacheur qui n'est en fait rien d'autre qu'un interrupteur électronique fermé périodiquement pendant un temps donné va permettre de faire varier la tension aux bornes des moteurs au cours du démarrage sans la présence d'un rhéostat. Si cet interrupteur est fermé périodiquement pendant un temps T_e et ouvert le restant de la période $T - T_e$ (fig. 44.01), la tension moyenne à la sortie du hacheur vaudra :

$U_{moy} = U_{cat} T_e / T$: il suffira de faire varier le T_e , tout en gardant T constant pour disposer d'une tension moyenne variable.

Le rhéostat de démarrage ainsi que les différents couplages des moteurs de traction sont devenus inutiles, car toutes les courbes sont économiques: de plus grâce à la tension continûment variable, les pointes d'effort à chaque passage d'un cran de démarrage sont supprimées.

L'application de ce principe simple ne va cependant pas sans difficultés :

a) Ou les fréquences de fonctionnement exigées pour que le moteur fonctionne normalement. L'interrupteur est forcément électronique : fermer l'interrupteur ne pose pas de problèmes, il suffit d'envoyer une impulsion d'allumage à un thyristor (le thyristor principal); par contre l'ouvrir est plus délicat puisque pour bloquer un thyristor il faut disposer d'une tension négative à appliquer aux bornes du thyristor.

En courant continu, cette tension négative n'est pas disponible naturellement, il faut la fabriquer : c'est le rôle du circuit d'extinction que l'on retrouve dans tous les schémas de hacheur: ce circuit exploite toujours les propriétés des circuits L, C dont la charge oscillante est commandée par l'allumage du thyristor d'extinction

- b) La tension appliquée aux moteurs comporte une composante alternative dont le premier harmonique, à la fréquence de fonctionnement du hacheur, vaut en valeur efficace :

$$U_f = \frac{U_{cat} \sqrt{2}}{\pi} \sin \delta \pi \quad \left(\delta = \text{rapport cyclique } \frac{I_e}{I} \right)$$

Cette tension alternative est responsable d'une composante alternative dans le courant moteur qu'il y a lieu de limiter, grâce à l'emploi d'une self de lissage pour garder une commutation acceptable: une branche de déversement est en outre nécessaire, à cause de l'inductance élevée du circuit moteur; le courant traversant les moteurs pendant le temps de fermeture du hacheur continue de circuler à travers la branche de déversement quand celui-ci est ouvert.

- c) Un filtre d'entrée (leçon 45) est nécessaire car l'inductivité relativement élevée de la source de tension (sous-station et caténaire) impose la présence d'une capacité importante qui jouera le rôle de réservoir d'énergie qui doit débiter les impulsions de courant lorsque le hacheur est fermé.

On obtient ainsi le schéma de principe de la figure 44.02 où la self L représente la somme de l'inductance de la source et de celle éventuellement présente sur l'engin de traction.

- d) Remarque : Sur les engins AM 80-82-83 et XLe 20-27-21-11-12 possédant deux hacheurs (et un filtre) le fonctionnement de ceux-ci est déphasé de 180° l'un sur l'autre afin de réduire le dimensionnement du filtre d'entrée.

Ainsi, la fréquence de base de l'oscillation apparaissant aux bornes du filtre d'entrée vaut le double de la fréquence individuelle de fonctionnement de chacun des hacheurs; c'est-à-dire qu'à mêmes harmoniques de tension aux bornes du filtre ou du courant dans la caténaire, la dimension du filtre peut être réduite.

44.02 - Fonctionnement du hacheur classique

Le schéma de principe du hacheur est donné à la figure 44.03

Th1 est le thyristor principal, Th2 est le thyristor d'extinction, les éléments S2, C2, R2 constituent le circuit d'extinction, la diode D3, la diode Série et la diode D la diode de déversement (ou de roue libre).

La figure 44.04 donne l'évolution des potentiels aux points A et C du circuit et des courants I_1 débités par le filtre d'entrée et I_L du circuit d'extinction.

Le fonctionnement du hacheur peut être décomposé dans les phases suivantes :

- On suppose à l'instant initial les thyristors Th1 et Th2 bloqués et la tension nulle aux bornes de la capacité C2, $V_C = 0$. D'autre part, l'inductivité du circuit moteur est supposée suffisante pour que le courant moteur puisse être considéré comme constant, pendant une période de fonctionnement.
- On débloque le thyristor principal Th1 au travers duquel circule le courant I_1 ; le moteur est alimenté à la tension caténaire, $U_A = U$; il y circule le courant moteur I_M égal à I_1 .
- A un moment donné (c'est le paramètre avec lequel on va pouvoir régler la tension moteur), on débloque le thyristor Th2. Il se produit alors une oscillation dans le circuit oscillant C2 - S2, alimenté à la tension caténaire. La capacité C2 se charge au double de la tension du filtre d'entrée (qui fournit le courant de charge au travers du thyristor Th2); ($V_C = 2V$), puis se décharge dans le circuit moteur. Ce circuit étant à courant constant (présence d'une inductivité suffisante), le courant de décharge de la capacité C2 remplace au fur et à mesure le courant du thyristor principal Th1.

- Quand le courant de décharge de la capacité dépasse le courant moteur I_M , le surcroît de courant I_L est poussé au travers de la diode D_1 et est récupéré par le filtre d'entrée; le thyristor Th_1 est alors polarisé négativement par la chute de tension directe de la diode D_1 pendant tout le temps où le courant de décharge de la capacité est supérieur au courant moteur.

Il faut que ce temps X soit supérieur au temps de recouvrement du thyristor Th_1 dans les conditions les plus difficiles (courant moteur maximum, tension caténaire minimum, température maximum...) pour être certain de l'extinction du thyristor Th_1 . On remarque que le thyristor Th_2 s'éteint également durant cette phase et la phase précédente puisqu'il est polarisé négativement par la chute de tension directe de la diode D_2 depuis le début de la décharge du condensateur C_2 .

- Quand le courant de décharge repasse par la valeur du courant I_M , le circuit moteur est découplé du réseau, la diode D_1 et le thyristor Th_1 étant tous les deux bloqués. Il n'y a plus de circuit oscillant parce que l'inductivité infinie du moteur est en série avec C_2 et S_2 dans le circuit.

La capacité C_2 se décharge à courant I_M constant dans le moteur. Le potentiel du point A vaut celui du point C.

- Quand le potentiel du point A passe par zéro (à partir de ce moment la tension est nulle aux bornes des moteurs), la diode de déversement D devient passante et le circuit $S_2 - C_2$ forme de nouveau un circuit oscillant, amorti cette fois par la résistance R_2 (la tension aux bornes de C_2 étant maintenant négative, la diode D_4 devient passante).

Le courant I_L du circuit oscillant amorti ne peut plus changer de sens après son passage par zéro (thyristor Th_2 bloqué) et la capacité C_2 décharge complètement dans la résistance R_2 . Le courant dans la diode de déversement croît au fur et à mesure que décroît le courant I_L et il devient finalement égal au courant moteur.

La période de fonctionnement est terminée, les thyristors Th_1 et Th_2 sont éteints et la tension aux bornes de la capacité d'extinction C_2 est nulle. Le cycle peut recommencer par l'allumage du thyristor Th_1 .

Cette description du fonctionnement montre qu'on ne peut appliquer au moteur ni une tension moyenne nulle, ni une tension moyenne égale à la tension caténaire.

En effet, le thyristor principal T_1 ne peut être éteint qu'après un certain temps (au moins le temps de charge de la capacité C_2 au double de la tension caténaire) et la tension caténaire est donc appliquée au moins pendant ce temps-là de la période aux moteurs; de même, on ne peut allumer le thyristor T_1 qu'un certain temps après son extinction (au moins le temps de décharge de la capacité C_2) et pendant ce temps-là, les moteurs ne sont plus alimentés par la caténaire: les deux rapports cycliques (on appelle ainsi le rapport T_e/T) correspondants constituent les "butées" minimum et maximum du hacheur.

44.03 - Raccordement du condensateur d'extinction

a) relié directement au zéro (condensateur C_2 fig 44.03)

Cas des automotrices types 70Th, (les deux condensateurs en parallèle de 13,5 μ F - 6KV représentés aux figures 44.05 et 44.06), 73, 74, 78, 79, et 75, 76, 77 ainsi que les locomotives série 20. (les 4 condensateurs en parallèle C_{18} à C_{21} de 24 μ F - 6KV chacun représentés à la figure 44.07)

b) relié au potentiel positif de l'alimentation du hacheur (condensateur C_2 fig 44.14)

Cas des automotrices types 80-82-83 (le condensateur C_8 de 32 μ F - 3KV représenté aux figures 44.08 et 44.09) et des locomotives séries 27-21 (les deux condensateurs C_{14} - C_{15} de 33 μ F - 3 KV chacun représenté à la figure 44.10) -11 (figure 44.11 condensateur C_{17} à C_{20}) et 12.

Sur le diagramme d'évolution de la tension U_{c2} (fig. 44.04) il suffit de considérer que le potentiel absolu de la 2ème armature de C_2 n'est plus à zéro mais à U_L (cste).

Il en résulte :

- Une sollicitation moindre de la source, donc du condensateur du filtre d'entrée, puisque la source n'est plus traversée par le courant du circuit d'extinction; (fig 44.14).
- Une sollicitation moindre du condensateur d'extinction qui ne supporte plus entre bornes qu'une tension de crête égale à celle de la tension de source au lieu du double de celle-ci (fig 44.04)

44.04 - HLe série 11 - Amortissement du circuit oscillant - Pouvoir d'extinction

Les différentes commutations nécessaires sur les réseaux NS ou SNCB sont commandées par la position de l'interrupteur de choix du système d'arrêt automatique AIB (réseau NS) / MEMOR (réseau SNCB) et notamment le couplage de la résistance d'amortissement du circuit d'extinction des hacheurs grâce au SAD (fig 44.11 - zone 4).

L'amortissement du circuit oscillant, peut, suivant l'utilisation du hacheur être grand (R2 petite) ou petit (R2 grande) (fig 44.03).

Sur les locomotives type 11 la différence de fonctionnement sur le réseau 3 kV ou sur le réseau 1,5 kV, repose sur cette possibilité.

- a) **Sur le réseau 3 kV**, (fig 44.04) la résistance d'amortissement R2 a une faible valeur, si bien que l'on atteint presque l'amortissement critique.

Le courant IL du circuit oscillant amorti ne peut plus changer de sens après son passage par zéro (thyristor TH2 bloqué) et la capacité C2 se décharge complètement dans la résistance R2. Le courant dans la diode de déversement croît au fur et à mesure que décroît le courant IL et il devient finalement égal au courant moteur.

La période de fonctionnement est terminée, les thyristors Th1 et TH2 sont éteints et la tension aux bornes de la capacité d'extinction C2 est nulle. Le cycle peut recommencer par l'allumage du thyristor Th1.

- b) **Sur le réseau 1,5 kV** (fig 44.12) on donne à la résistance d'amortissement R2, une grande valeur.

Le courant IL dans le circuit oscillant s'annule sinusoidalement, pendant que la tension UC2 aux bornes du condensateur d'extinction C2 atteint sinusoidalement une tension négative.

Quand IL est nul, il ne peut plus changer de sens (thyristor Th2 bloqué) et il reste nul jusqu'à l'allumage de Th2 pendant la période suivante.

La période de fonctionnement est terminée; les thyristors Th1 et Th2 sont éteints et le condensateur C2 est chargé négativement; et il ne peut se décharger que lentement dans la résistance R2 (grande valeur).

A l'instant où Th2 est de nouveau allumé, C2 possède encore une tension négative importante V_{cr} (fig 44.12)

Il s'ensuit que C2 oscillera jusqu'à une tension égale à $2(V_L + V_{cr})$. Ce condensateur d'extinction prend une grande charge, et le courant de charge est également plus important.

Le pouvoir d'extinction du circuit d'extinction est donc augmenté d'une façon importante.

44.05 - Fonctionnement du hacheur en Vernier. HLe séries 27-21-11-12

a) Généralités.

Le rapport cyclique est limité par l'existence obligatoire d'une butée minimale. La limitation du rapport cyclique impose donc une tension moyenne minimale aux bornes des moteurs de traction. De ce fait, le courant, lorsque la force contre-électromotrice est faible, peut prendre des valeurs moyennes très grandes.

L'utilisation d'un thyristor dit "Vernier" (fig 44.10, 44.11 et 44.14) en lieu et place de la diode série D3 permet de supprimer la butée minimale. Le thyristor Vernier, par action sur sa gâchette, permet de régler la tension moyenne sur les moteurs jusqu'à 0. En effet, il suffit de décaler l'allumage du thyristor Vernier dans l'intervalle de la butée minimale du hacheur classique. On règle alors la tension depuis celle correspondant à la butée minimale, jusqu'à 0.

Sur la fig 44.13, l'intervalle de temps A-B représente la butée minimale; en A on allume donc simultanément le thyristor principal et le thyristor d'extinction (A-B représente environ 440 μ sec).

On voit que si on retarde l'allumage du Vernier, en C par exemple, le rapport cyclique est réduit et la tension de sortie moyenne est réduite.

L'utilisation d'une fréquence plus faible au démarrage n'est donc plus nécessaire.

b) Principe (fig 44.14)

A la figure 44.03, la diode s erie D3, dont le rôle est d'éviter la charge intempestive du condensateur d'extinction lors d'une chute brutale de la tension caténaire, est en réalité parcourue par un faible courant à la fin de la décharge à courant IL constant.

Ce dernier provient :

- du courant parcourant les composants de répartition de tension aux bornes des thyristors principaux,
- du courant d'amortissement du circuit d'extinction S2 - C2. On conçoit aisément que ce circuit selfique tend à faire passer un courant dans la diode s erie. Quand la diode de roue libre commence à devenir passante, une oscillation amortie commence, qui ne s'annule jamais, mais tend exponentiellement vers zéro.

L'introduction d'un thyristor Vernier impose donc une modification pour annuler ces 2 courants qui empêcheraient toute extinction naturelle du thyristor Vernier.

On ajoute un circuit R3 - L3 (fig 44.14) entre le point A et la masse. Durant la conduction des thyristors principaux et Verniers, un courant tendant vers la valeur $U_L/R3$ s'installe dans cette branche. Après l'extinction des thyristors principaux, la self L3 tend à maintenir ce courant à travers R3,1 (environ $1/10^{\text{ me}}$ de R3), D5, et à travers ThV dans le sens inverse. Ce courant parvient à éliminer rapidement les porteurs libres dans les jonctions des ThV; ils deviennent bloquants. Ensuite, la self L3 crée des oscillations amorties avec les RC des ThV, thyristors principaux et thyristors d'extinction. La carte A9 joue un rôle de protection contre le danger de non-allumage de ThV. En effet, dans ce cas, l'intensité I1 passerait par L3, R3,1 et D5 pendant le temps T_e , ce qui provoquerait un échauffement inadmissible de R3,1. Au-delà d'une valeur maximale acceptée par A9, cette dernière provoque le déclanchement du DUR.

Le thyristor Vernier cesse d'être conducteur pendant le temps de conduction de la diode de roue libre.

c) Répétition des impulsions

- En fonctionnement "hors Vernier" (existence d'une butée minimale), on allume simultanément les thyristors principaux et les thyristors Vernier (point A - fig 44.15).

En vue d'être certain du processus d'extinction, lorsqu'on allume les thyristors d'extinction, on provoque une impulsion de rappel sur les thyristors principaux et sur les thyristors Vernier (point C' - fig 44.15)

- En fonctionnement "en Vernier" on allume simultanément les thyristors principaux et les thyristors d'extinction (point A fig 44.16). A la moitié de la période d'oscillation du circuit d'extinction (passage par 0), on applique un rappel d'impulsion sur les thyristors principaux (point E fig 44.16). Suivant l'état de la régulation, on provoque l'allumage des thyristors Vernier à l'intérieur de la butée minimale (point F - fig 44.16).

En Vernier, on voit donc que la tension appliquée aux moteurs sera d'autant plus faible que l'allumage du thyristor Vernier a lieu plus tard dans l'intervalle de la butée minimale.

44.06 - Comparaison entre le rhéostat de démarrage et le hacheur

Les avantages du rhéostat de démarrage sont évidemment la simplicité et la robustesse ainsi que poids, volume et coût d'installations moindres.

Cependant dès qu'il faut faire un engin de traction performant le hacheur s'impose.

A) En automotrice, l'avantage spécifique est la suppression des pertes dans le rhéostat de démarrage; en service omnibus ces pertes valent jusque 20% de l'énergie consommée et le surcoût du hacheur est amorti en quelques années par le gain d'énergie.

B) En locomotive, l'énergie gagnée par la suppression des pertes dans le rhéostat n'est plus déterminante car une locomotive ne fait pas de services omnibus: les avantages spécifiques sont ici au nombre de deux.

- a) Possibilité de construction d'une locomotive mixte à grande vitesse (140 km/h et au-delà).

En effet avec une vitesse maximum de 150km/h, par exemple, la zone utile de la courbe plein champ (c'est-à-dire avec effort élevé) se situe au minimum vers 80 - 90 km/h compte tenu du coefficient de souplesse limite des moteurs de traction (fig 44.17) avec un rhéostat on ne pourrait disposer que d'une courbe inférieure vers 40 - 50 km/h dans le couplage série (éventuellement également de courbes série shunte entre 40 et 80 km/h), ce qui est nettement insuffisant pour assurer le démarrage et la remorque de trains de marchandises lourds.

Avec un hacheur par contre, il suffit de travailler à rapport cyclique limité car toutes les courbes sont économiques; la locomotive est universelle.

Cet avantage est capital en Belgique où il est impensable vu la grandeur du pays de devoir disposer de 2 séries de locomotives spécialisées.

- b) meilleure utilisation de l'adhérence grâce à la disparition des crans de démarrage rhéostatique; l'effort moyen de démarrage peut être égal à l'effort maximum autorisé par l'adhérence, ce qui permet un gain d'effort utile de 10 à 15% à sollicitation égale de l'adhérence. De plus, grâce à la rapidité d'action du contrôle électronique du hacheur, un patinage une fois déclenché est beaucoup mieux contrôlé sur un engin à hacheur et la reprise d'effort peut être beaucoup plus progressive lorsque l'adhérence est retrouvée: la conclusion est que on peut se permettre un risque plus élevé au patinage car les conséquences d'un patinage sont moins graves: d'où un nouveau gain sur le coefficient pratique d'adhérence.
- c) d'une manière plus générale le hacheur entraîne ipso facto l'utilisation d'une électronique de commande certes relativement complexe mais celle-ci est très souple et on peut enfin réaliser n'importe quelle caractéristique d'asservissement (tension constante, effort constant, puissance constante, vitesse constante, une combinaison de ces diverses caractéristiques...); cela permet de choisir pour chaque application le type de commande le plus adéquat.

La réalisation d'un frein électrique est simple, que ce soit un frein rhéostatique ou un frein par récupération, et ce qui est très important pour la facilité d'emploi, sa régulation est électronique et peut donc répondre à n'importe quelle loi : réaliser un freinage combiné électrique - pneumatique à partir de la seule commande de la dépression dans la conduite générale n'est plus un problème; l'électronique de commande se chargera de mettre prioritairement en service le frein électrique et de compléter, s'il y a lieu, par un effort pneumatique justement dosé.

Le réglage continu de l'effort entraînant meilleure souplesse et confort, la rapidité de réponse permettant de protéger plus efficacement le moteur de traction contre les patinages, des surintensités, des flashes sont des avantages appréciés du hacheur mais plus difficilement quantifiables.

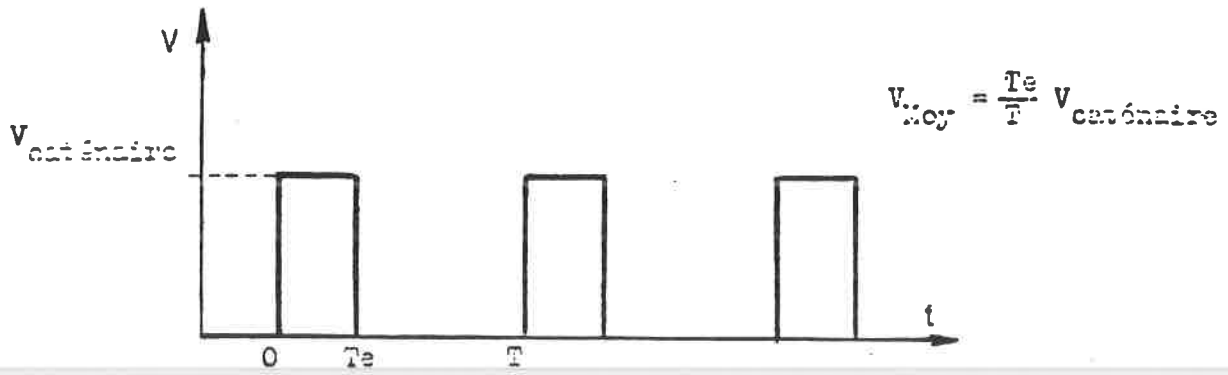


Fig. 44.01

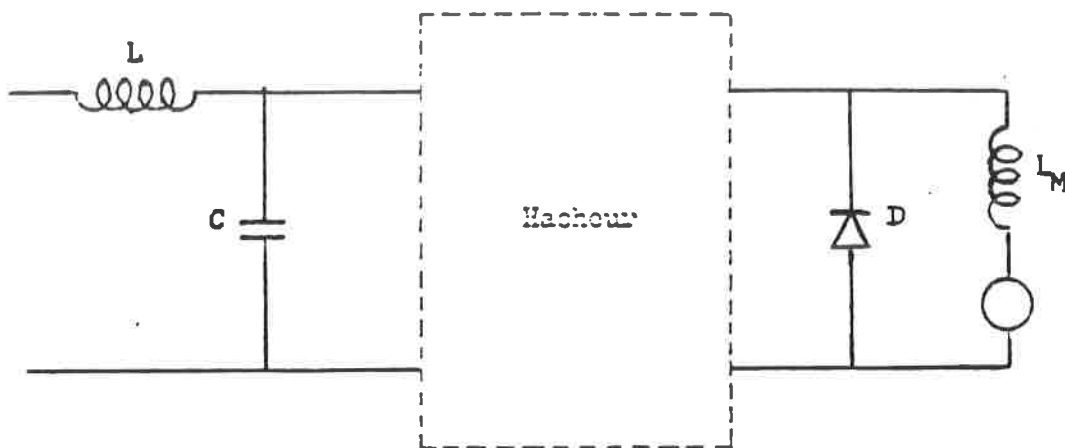


Fig. 44.02.

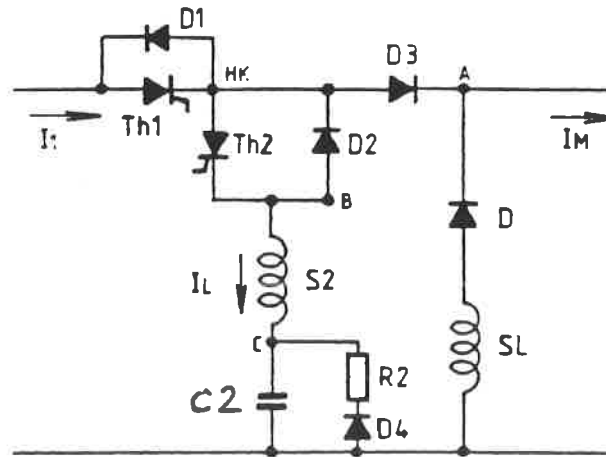


Fig. 44.03

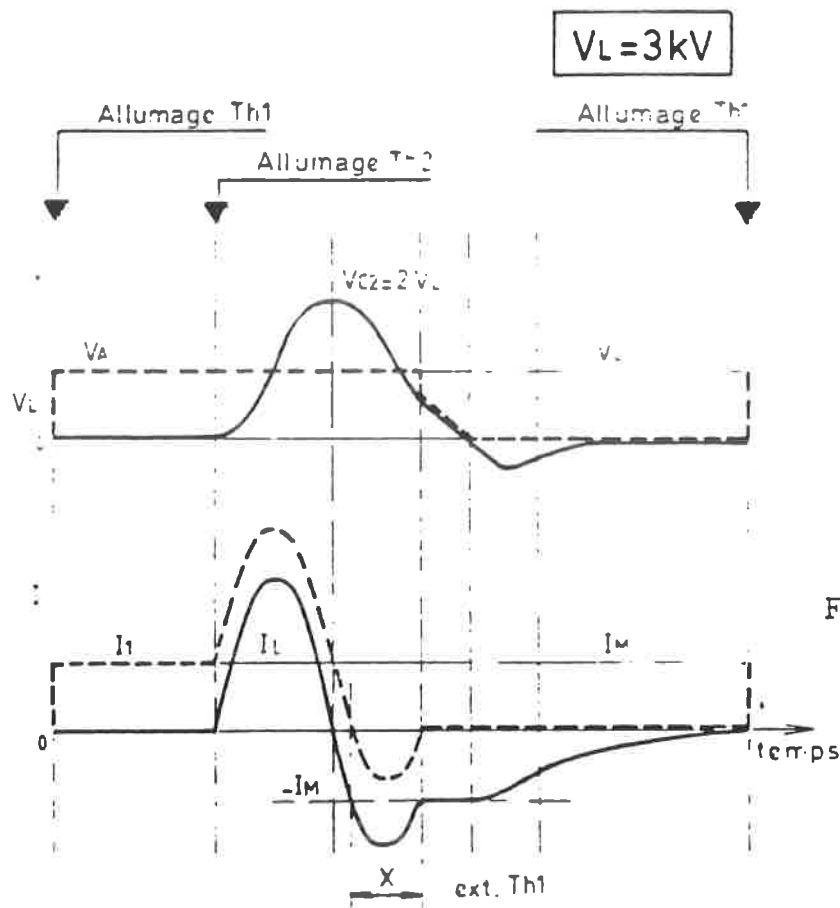
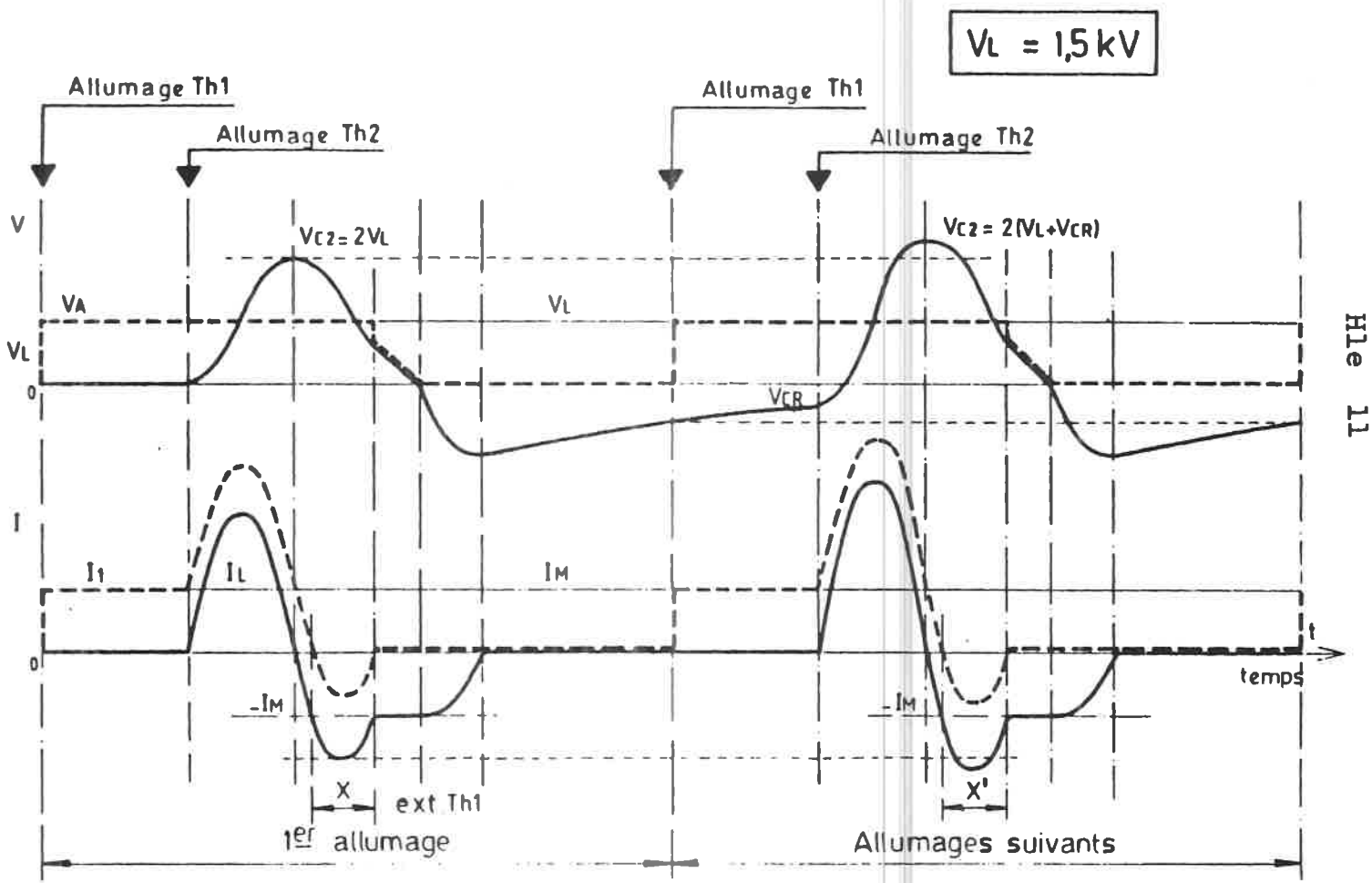
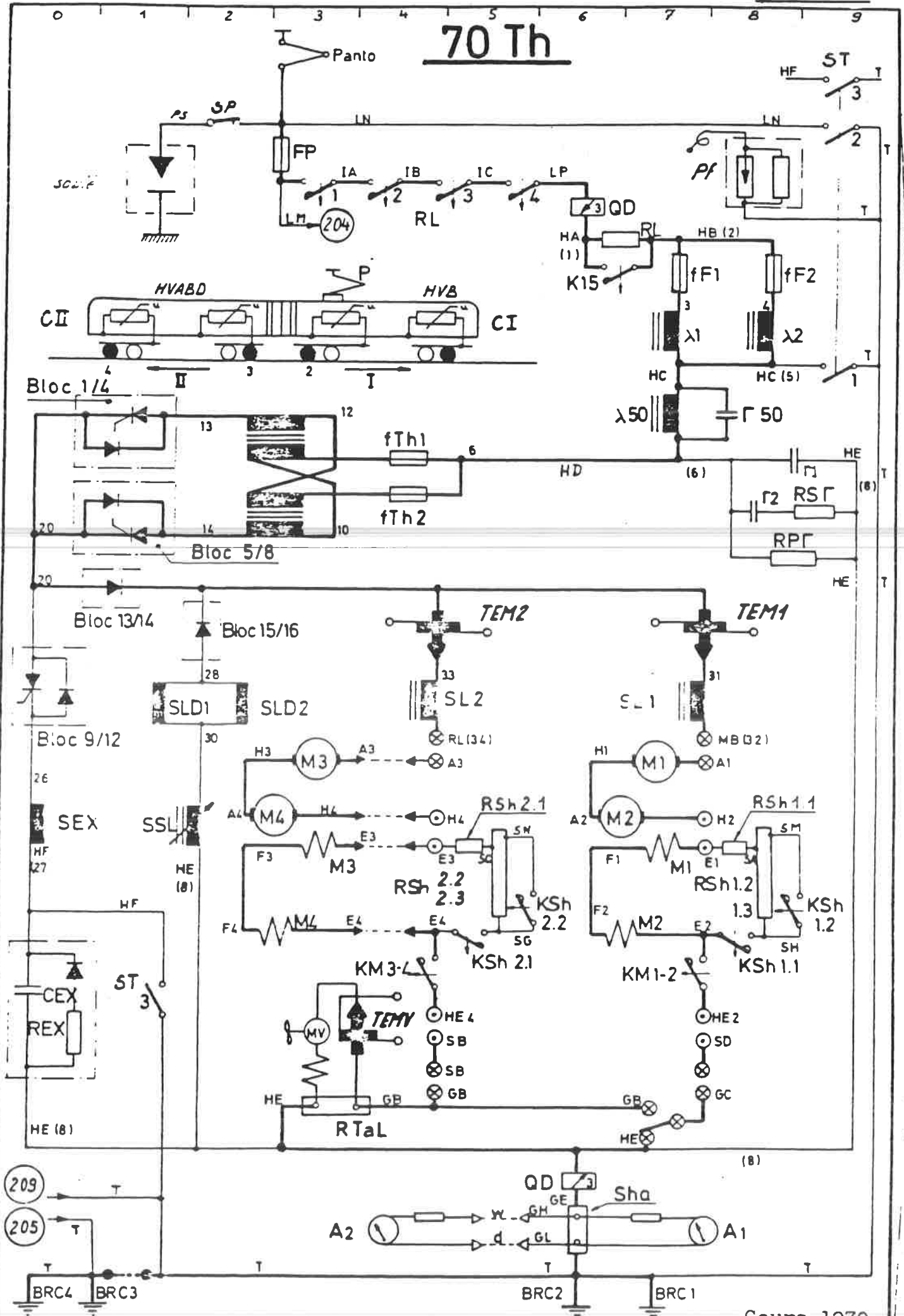


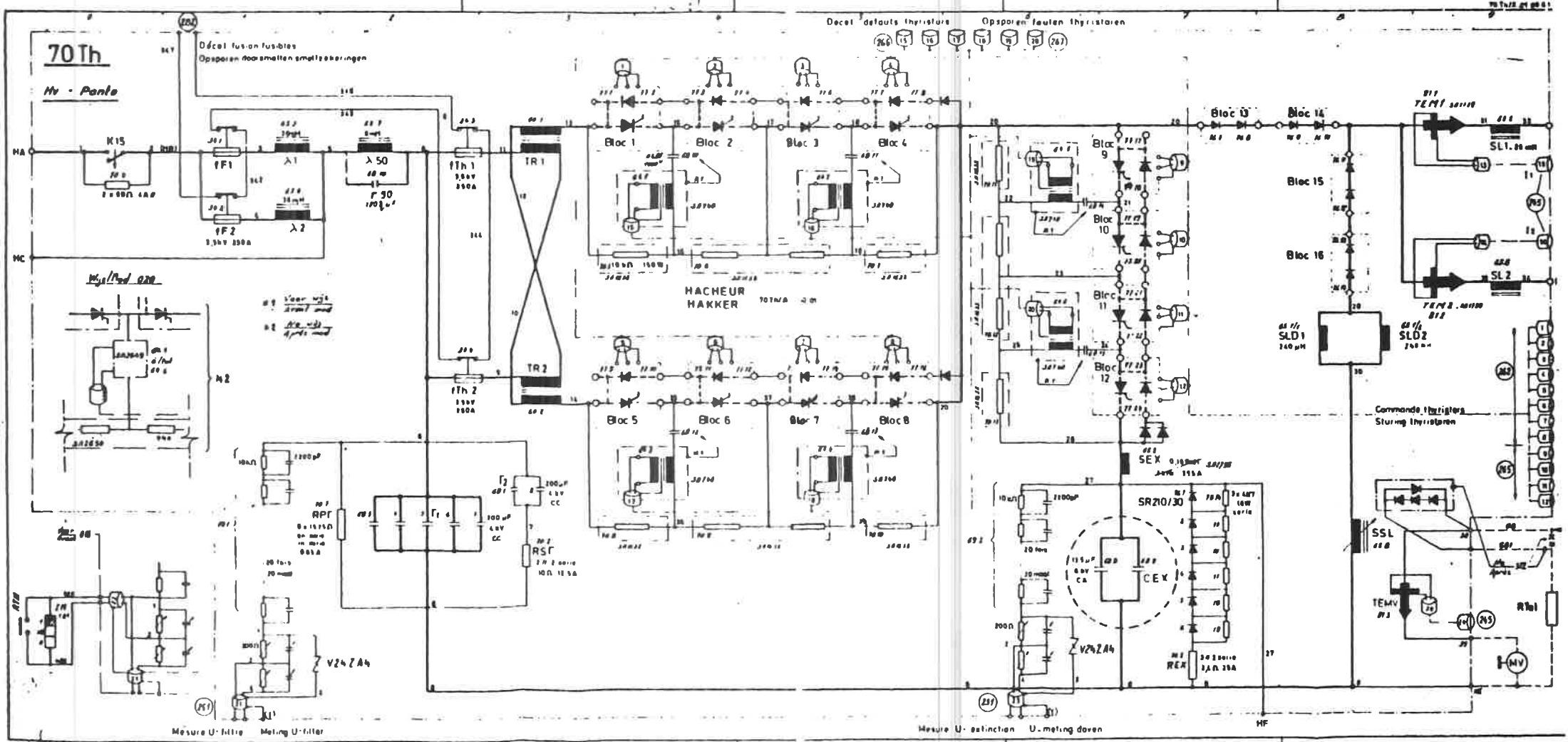
Fig. 44.04

FIG. 44.12



70 Th





99 - 415 - 422 - 34 120 117

Cours 1270
1989

AM 70 TH

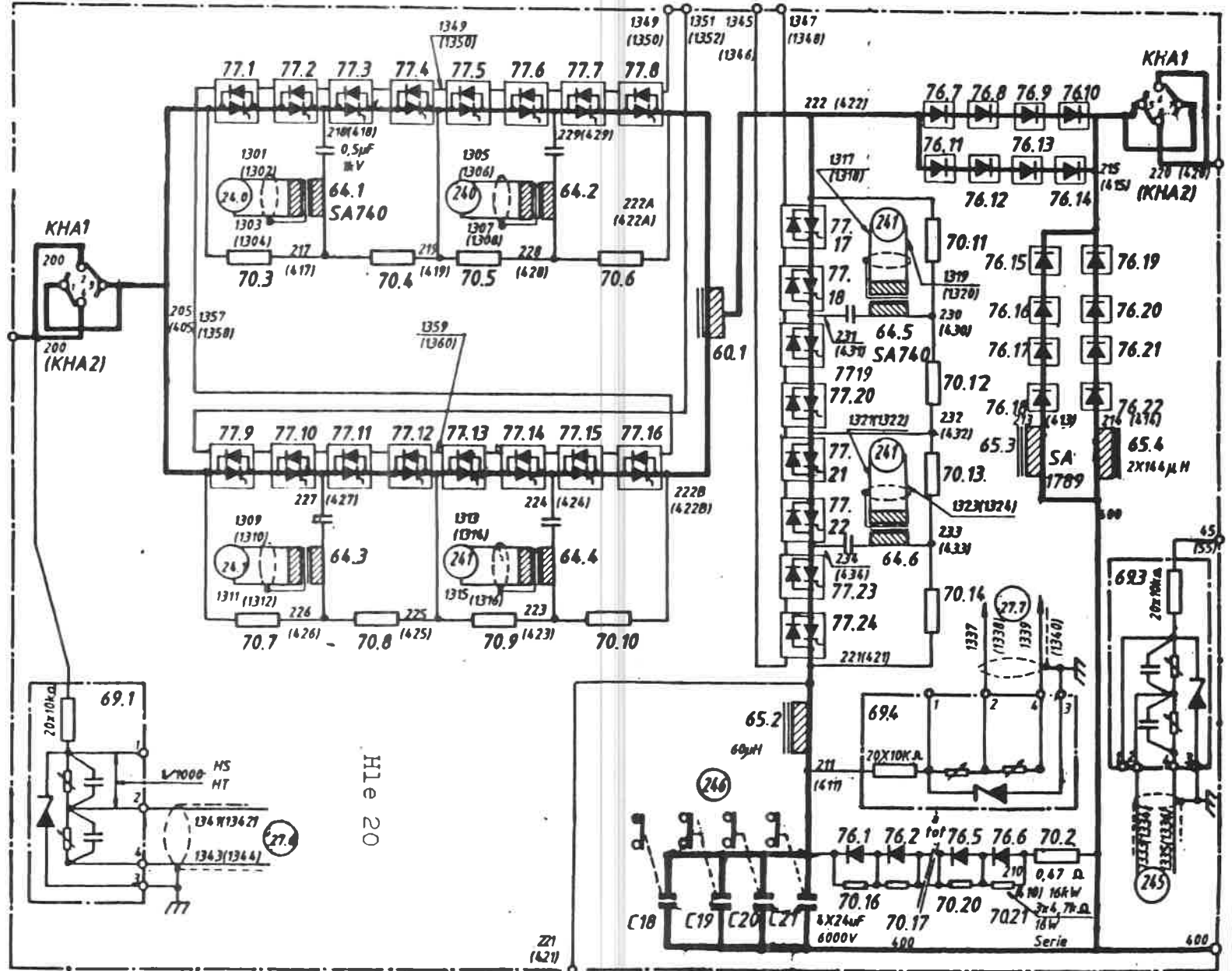
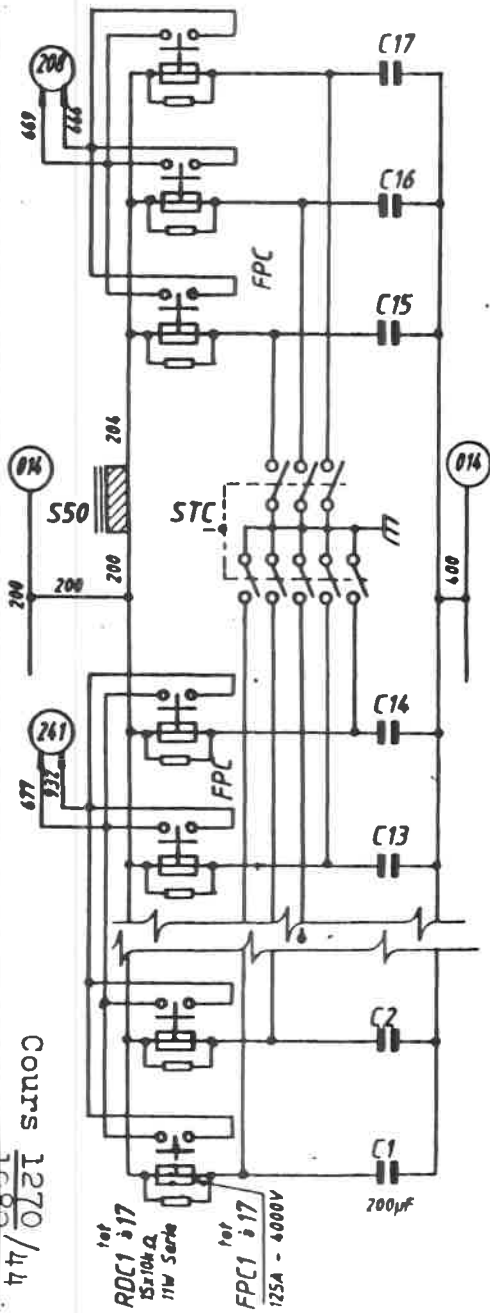
ANNEXE 5.

Ingangfilter Filtre d'entrée

Hakker 1 en 2 Hacheur 1 et 2

Ha1 en Ha2 zijn schematisch gelijk
 - de draden van Ha1 slaan niet tussen haakjes deze van Ha2 wel;
 - de juiste namen van de foestellen aan de
 naamsaanduiding een "1" voor Ha1 en een "2"
 voor Ha2 toevoegen

Ha1 et Ha2 sont schématiquement identiques
 - Les repères des fils de Ha1 ne sont pas
 indiqués entre parenthèses ceux de Ha2 bien;
 - Les noms exacts des appareils: ajouter aux indications des
 noms "1" pour Ha1 et "2" pour Ha2.



Cours 1270/44
1989

RDC1 17
1510kΩ
11W Serie
FPC1 17
125A - 4000V
200µF

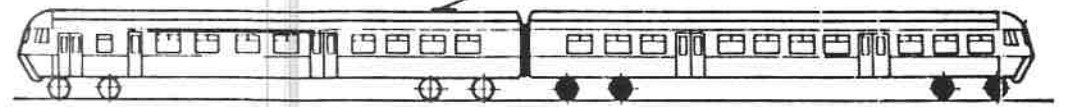
H1e 20

200µF

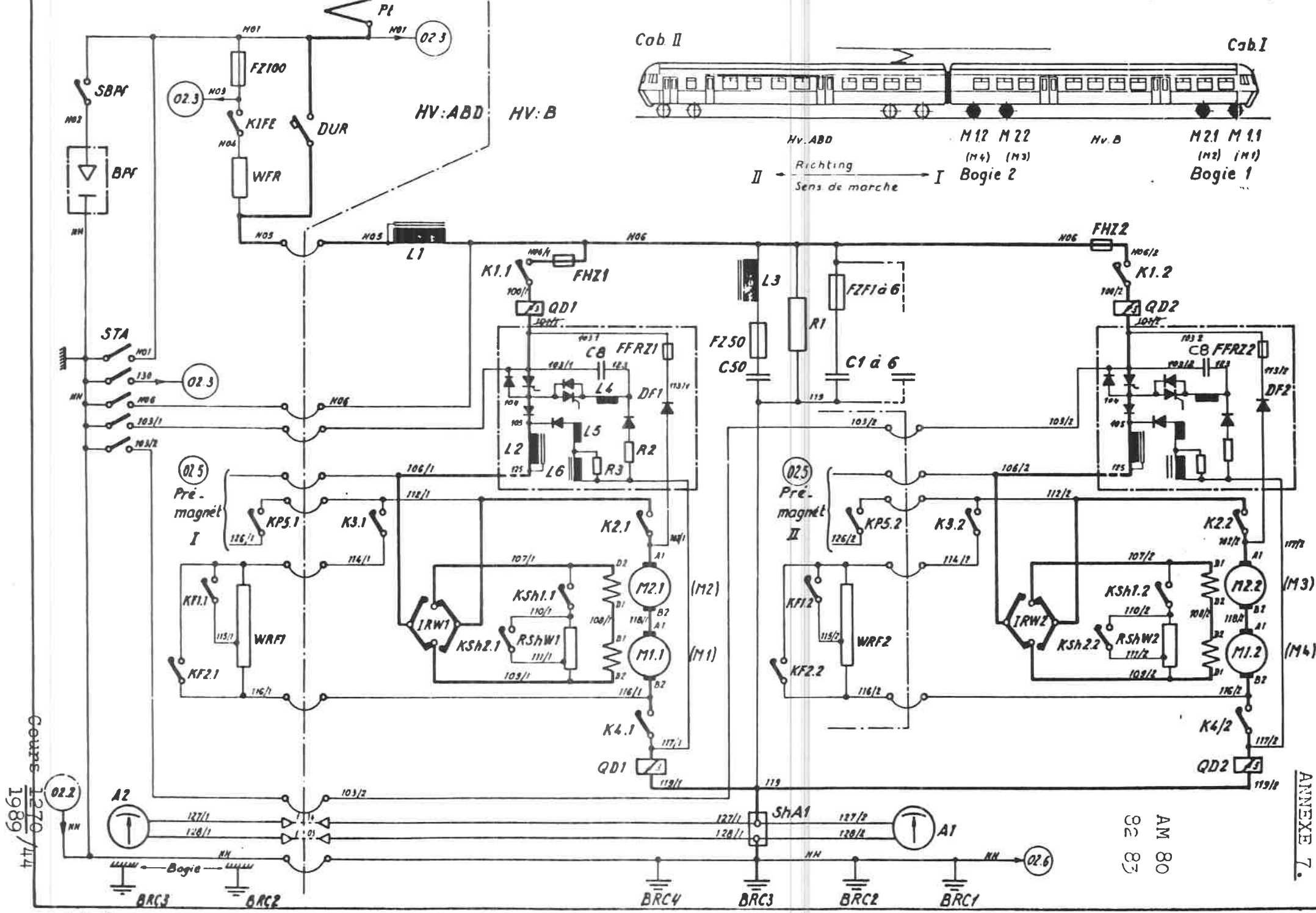
200µF

Cab II

Cab I



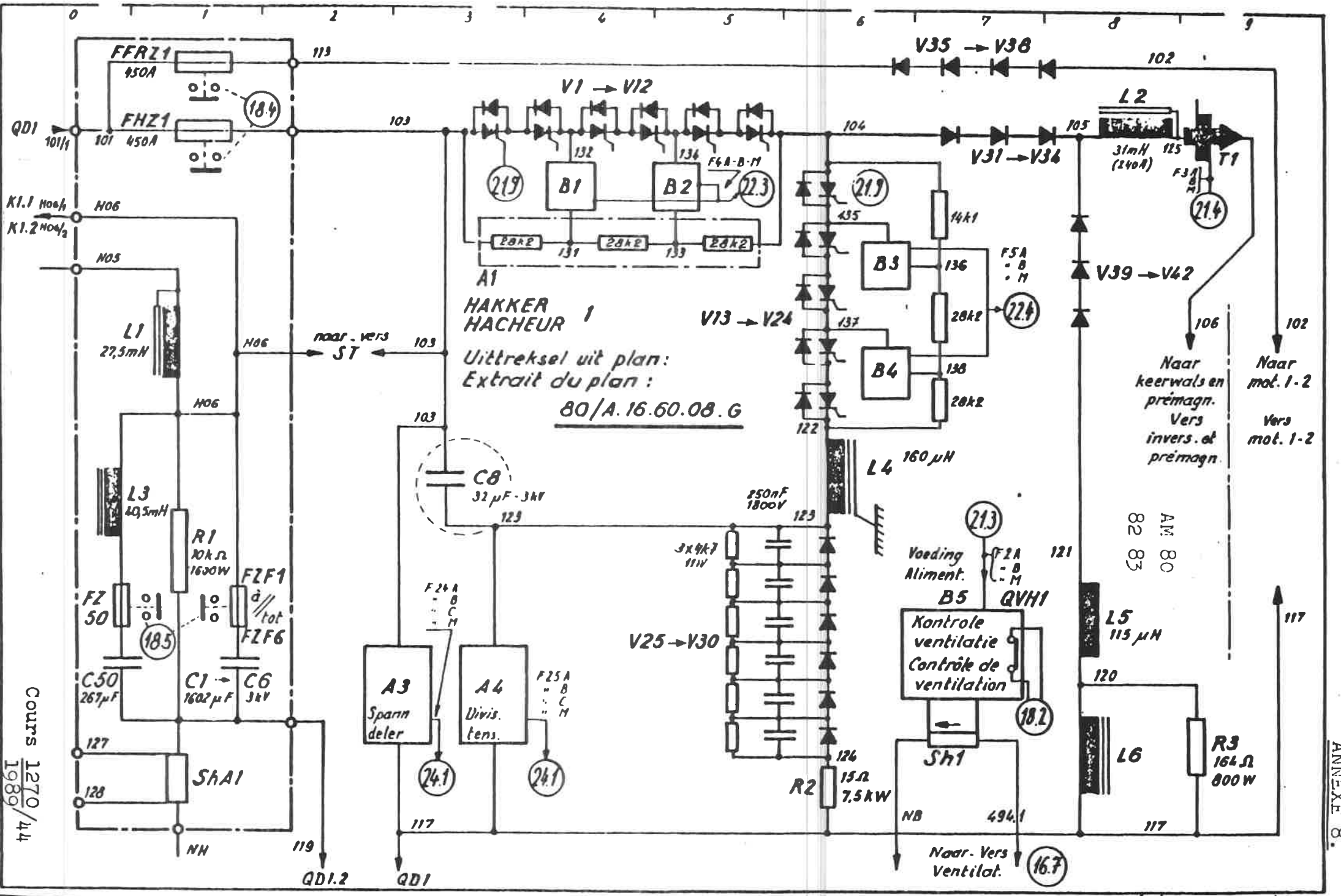
Hv. ABD M12 M22 Hv. B M21 M11
 (M4) (M3)
 II - Richtung -> I Bogie 2 Bogie 1
 Sens de marche



Cours 1270/44
1989

AM 80
92 85

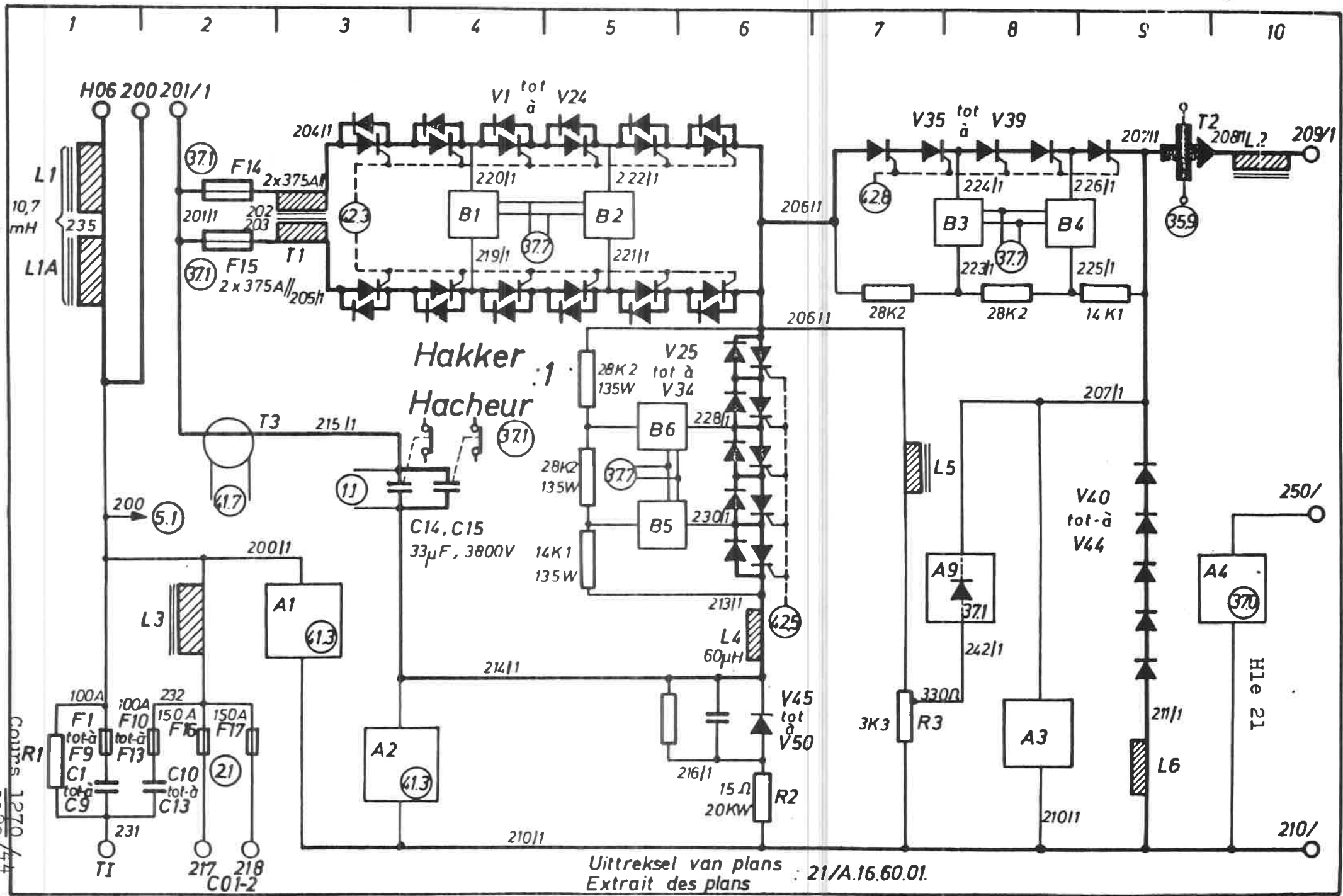
ANNEXE 7.



Cours 1270/44
1989/44

Uittreksel uit plan:
Extrait du plan:
80/A.16.60.08.G

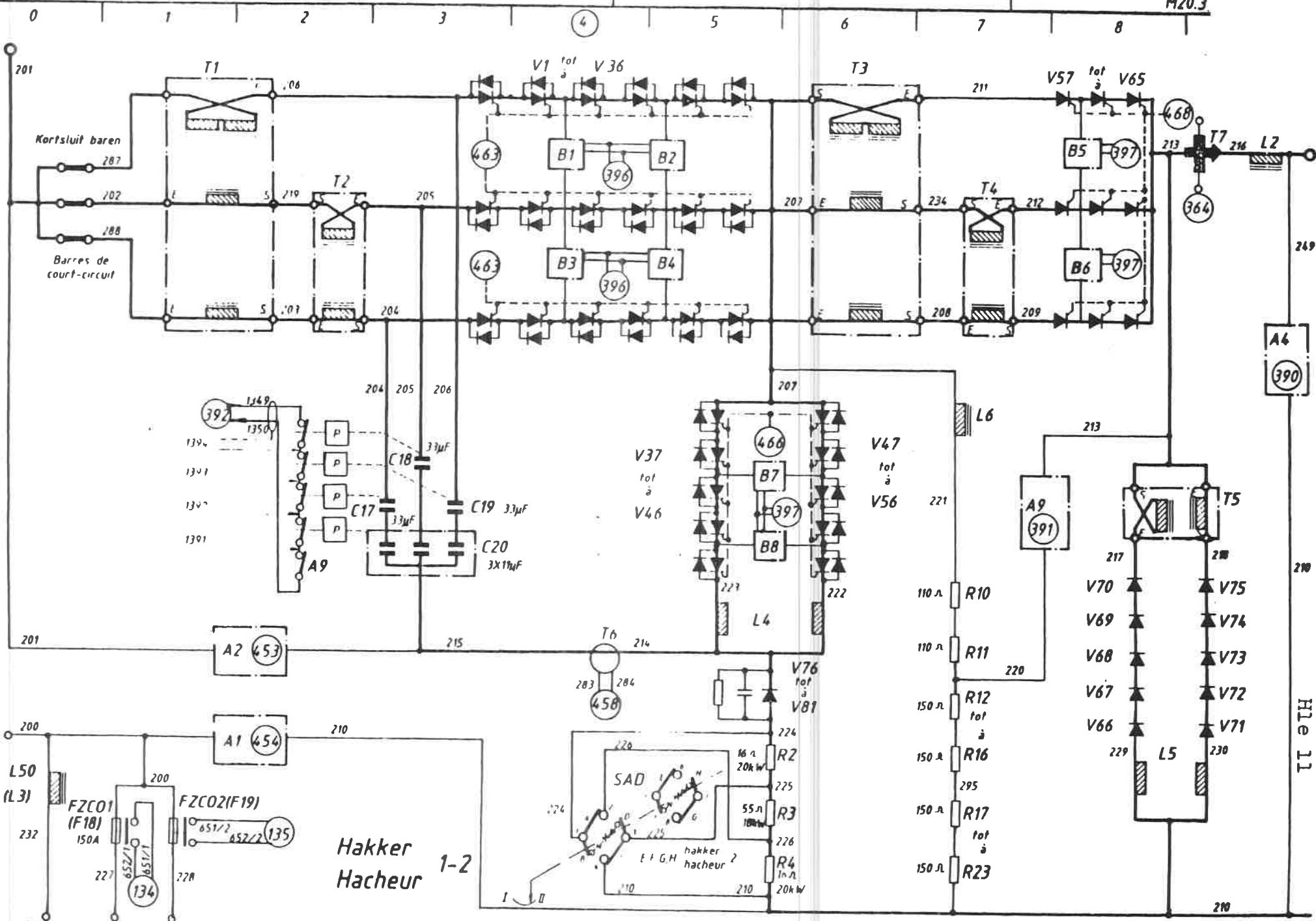
ANNEXE 8.



Cours 1270/44
 1989/44

Uittreksel van plans : 21/A.16.60.01.
 Extrait des plans





Hakker
Hacheur 1-2

I = 1500V
II = 3000V

Enkel in hakker 1
Seulement dans hacheur 1

Cours 1270/44
1989/44

H1e 11

ANNEXE 10.

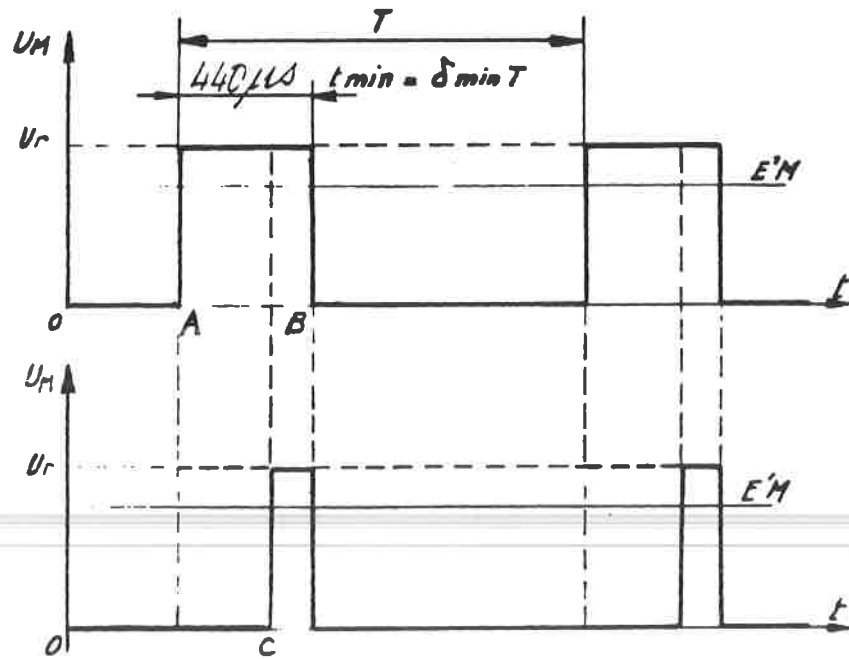


Fig. 44.13

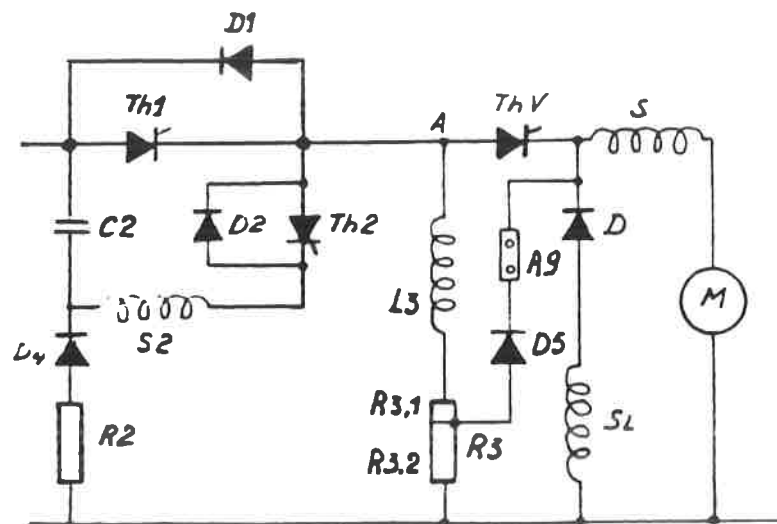


Fig. 44.14

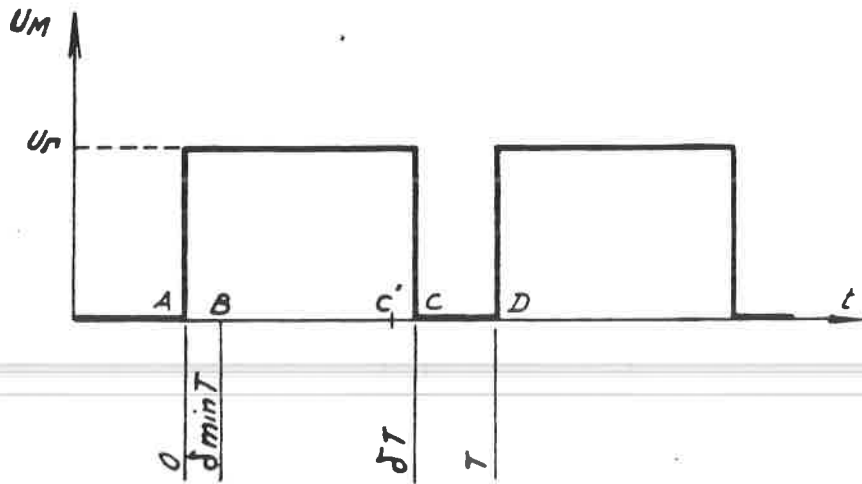


FIG. 44.15

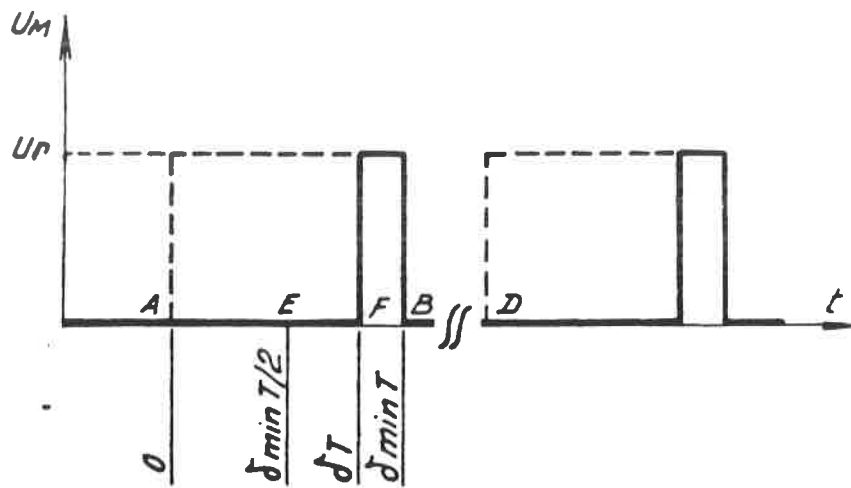


FIG. 44.20

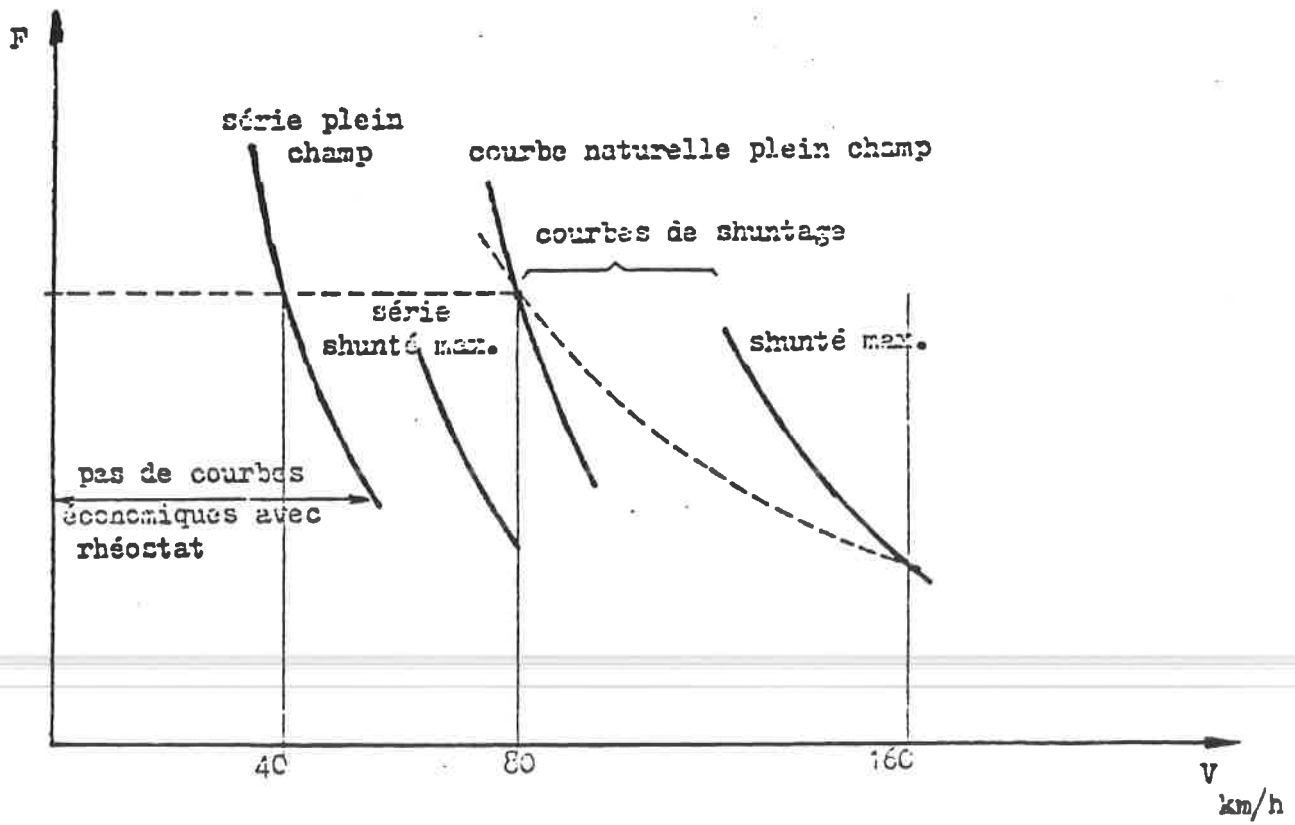


Fig. 44.17

COURS 1270 - FILTRE D'ENTREE DES HLE ET AM
A THYRISTORS

45.01. Préliminaires.

En annexe, est jointe l'ancienne leçon reprenant la théorie des filtres :

- courbes de résonance
- atténuation
- filtre de bande

Cette leçon développe les filtres d'entrée nécessaires aux locomotives et automotrices à hacheur ainsi que les autres éléments propres aux engins à hacheur.

45.02. Rôle du filtre d'entrée.

La raison d'être du filtre d'entrée est de limiter les surtensions apparaissant à l'entrée du hacheur lors des coupures périodiques du courant caténaire par le thyristor principal, surtensions dues à l'inductivité non négligeable de la source d'alimentation (sous-station + caténaire). Le dimensionnement de ce filtre d'entrée est fort complexe car il doit satisfaire à une série de contraintes parfois contradictoires :

- a) Limitation de la surtension à l'entrée des hacheurs provoquée par le fonctionnement des hacheurs (problème de résonance entre la fréquence de pilotage du hacheur et la fréquence propre du filtre).
- b) Limitation de la surtension à l'entrée des hacheurs provoquée par la coupure définitive du courant de traction par les hacheurs, surtensions principalement dues à l'inductivité non négligeable de la source d'alimentation (sous-station et la caténaire).
- c) Limitation de la surtension à l'entrée des hacheurs provoquée par les surtensions de manoeuvre présentes sur la caténaire.
- d) Limitation des harmoniques du courant de traction en ligne (condition imposée par les relais de signalisation de voies).
- e) Limitation de la composante de courant caténaire à 50 Hz provoquée par la tension résiduelle à 50 Hz présente sur la caténaire (condition imposée par les relais de signalisation de voies).
- f) Limitation du courant de charge de ce filtre à des valeurs admissibles pour le réglage des disjoncteurs en sous-station.

L'ensemble de ces contraintes conduit au filtre d'entrée complet comprenant la résistance de charge RIFEW (fig.45.01) ou WFR (fig. 45.02 et 45.03); la self principale SF, les condensateurs principaux CF et un circuit résonnant série accordé à 50 Hz constitués des condensateurs C 50 et d'une self L 50 (fig. 45.01 et 45.02) ou un circuit bouchon accordé à 50 Hz constitué du condensateur 68.11 et d'une self 65.2 (fig. 45.07 cas de AM type 86).

Les éléments SD, CF, C50 et L50 répondent aux conditions a, b, c, d, e.

La résistance RIFEW ou WFR court-circuitée après l'enclenchement par le DUR répond à la condition f. (fig. 45.01, 45.02 et 45.03).

En AM 70 Th, 73, 74, 78, 79 et AM 75-76-77 (quadruples), la résistance de charge RL connectées en série est court-circuitée par le contacteur K15 correspond à la condition f (fig. 45.04 et 45.05).

45.03. Critères.

Le filtre tel qu'il est défini répond aux divers critères dans les deux situations d'exploitation suivantes pour les engins possédant deux hacheurs :

- les deux hacheurs en service dans les conditions de courant et de tension les plus défavorables, le fonctionnement de l'un étant décalé d'une demi-période sur le fonctionnement de l'autre;
- un hacheur éliminé, l'autre étant en fonctionnement dans les conditions de courant et de tension les plus défavorables.

En outre, pour les automotrices, le filtre tel qu'il vient d'être défini répond aux divers critères pour toutes les situations qu'il est possible de rencontrer en exploitation pour une composition maximum de six automotrices accouplées, quel que soit le nombre de groupes hacheur-moteur en service.

Veillez trouver ci-après les critères à respecter par les locomotives et les automotrices à thyristors quant aux répercussions sur les installations fixes du réseau SNCB (voir théorie au § 45.08), pour le matériel récent ci-après :

- a) la locomotive série 27
- b) l'automotrice type 86.

a) La locomotive série 27.

Tous les critères suivants sont à respecter par un ensemble de 2 locomotives avec ou sans liaisons électriques dans les conditions les plus défavorables quel que soit le nombre de moteurs et, ou, de hacheurs en service.

1. L'ensemble des deux locomotives doit présenter à 50 Hz une impédance d'au moins 1,5 ohms non capacitif dans les conditions les plus défavorables.
2. Une tension de 200 V - 300 Hz étant supposée présente aux bornes de la sous-station, la valeur efficace globale de tous les harmoniques présents dans le circuit de retour de l'ensemble des 2 locomotives ne peut dépasser 50 A.

La valeur efficace globale est obtenue par la racine carrée de la somme des carrés des harmoniques dont la fréquence est différente d'au moins 5 Hz. En cas de différence inférieure à 5 Hz, les harmoniques sont superposés.

3. La valeur mesurée de chaque harmonique du courant de retour engendré par l'ensemble des deux locomotives et tombant dans la bande 1600 Hz - 2700 Hz ne peut pas dépasser 50 mA.
4. On ne devra jamais avoir simultanément, pour l'ensemble des deux locomotives :

$$\frac{di}{dt} > 5 \cdot 10^4 \text{ A/sec}$$

$$\Delta i > 1700 \text{ A}$$

5. En ligne, on ne peut retrouver d'harmoniques engendrés par les locomotives :
 - de fréquence inférieure à 55 Hz;
 - de fréquence comprise entre 73 et 77 Hz;
 - de fréquence comprise entre 110 et 140 Hz.
6. L'ensemble des deux locomotives doit présenter à 75 Hz une impédance d'au moins $0,4 \Omega$ non capacitif dans les conditions les plus défavorables.

b) L'automotrice type 86.

Tous les critères suivants sont à respecter par un train composé au maximum de 6 automotrices accouplées, dans les conditions les plus défavorables.

1. Le train doit présenter à 50 Hz une impédance d'au moins 1 ohm à déphasage non capacitif.
2. idem H1e série 27.
3. La valeur mesurée de chaque harmonique de courant total de traction d'un train de 6 automotrices tombant dans la bande 1600 Hz - 2700 Hz ne doit pas dépasser 50 mA.

4. On ne devra jamais avoir simultanément pour le train :

$$\frac{di}{dt} > 5.10^4 \quad \text{A/sec} \quad \text{et}$$

$$\Delta i > 1700 \text{ A.}$$

5. En ligne, on ne peut retrouver d'harmoniques engendrés par les automotrices :

- de fréquence inférieure à 100 Hz
- de fréquence comprise entre 110 et 140 Hz.

6. Les selfs du hacheur seront de construction telle que leur champ magnétique rayonné ne perturbera pas le fonctionnement des circuits de voie à impulsion de tension en service sur le réseau de la S.N.C.B.

45.04. Décharge du filtre d'entrée lors de l'ouverture du DUR.

Lors de l'ouverture du DUR, les condensateurs du filtre d'entrée se déchargent dans la résistance de décharge permanente (R 1 figures 45.01 et 45.02) spécialement prévue à cet effet. Cette décharge dure environ 60 secondes.

En outre, en locomotive, pour réduire la durée de décharge à moins de 20 secondes, le chauffage des cabines de conduite est mise en service après l'ouverture du DUR (pour autant qu'il n'ait pas encore été mis en service volontairement). Les condensateurs débitent alors également sur les résistances du circuit de chauffage.

En H1e série 20.

Le contacteur de chauffage K 1 est enclenché à l'aide du relais RAD (relais auxiliaire du DUR). Lorsque le DUR est déclenché, un interlock du DUR 1 se ferme et le relais RAD est excité. Après une temporisation de 2 secondes, le contacteur K 1 est alimenté. La temporisation de 2 secondes a été réalisée pour éviter que le DUR n'ait à couper que le courant de chauffage cabine.

Ce contacteur restera fermé jusqu'au déclenchement du relais RT 20, qui aura lieu 20 secondes après l'ouverture de l'interrupteur "Urgence".

En H1e série 27.

Au déclenchement du DUR, le contacteur KCh VL est alimenté afin de décharger le filtre d'entrée également dans les résistances des batteries de chauffe.

L'alimentation de ce contacteur est interrompue par le relais RVC, soit 20 secondes après l'ouverture de l'interrupteur "Urgence".

45.05. Dispositif de mise à la terre.

Le dispositif de mise à la terre manoeuvre des sectionneurs de façon à mettre simultanément à la terre :

- la ligne de toiture (fig. 45.01 à 45.04)
- les condensateurs du filtre d'entrée et de court-circuiter les condensateurs d'extinction (fig. 45.01 à 45.09) des hacheurs et convertisseurs statiques.

Avant de procéder à la mise à la terre, il faut permettre aux condensateurs de se décharger, aussi, le dispositif est-il complété par un verrouillage électrique et deux lampes de signalisation. Avant l'écoulement d'une temporisation de 20 secondes, une lampe rouge s'allume si l'on veut déplacer le sectionneur de mise à la terre; après l'écoulement de la temporisation de 20 secondes, la butée électrique du verrouillage s'efface et une lampe verte s'allume lorsqu'on veut déplacer le sectionneur de mise à la terre.

La manoeuvre du dispositif de mise à la terre après celle du robinet à 3 voies donne l'assurance que :

- les pantographes sont abaissés
- l'équipement électrique HT est mis à la terre et les capacités court-circuitées.

45.06. Dimensionnement du filtre d'entrée - Choix de la fréquence.

a. Le dimensionnement du filtre d'entrée est important car il détermine :

- les surtensions présentes à l'entrée du hacheur lorsque celui-ci fonctionne. Ces surtensions doivent être limitées pour la protection du hacheur.
- les harmoniques présents dans le courant absorbé par le hacheur. Ces harmoniques de courant en ligne doivent être suffisamment faibles pour ne pas perturber le fonctionnement des circuits de voie.

b. Surtension.

On démontre, par résolution d'équations différentielles linéaires du deuxième degré avec quatre conditions aux limites, les deux formules permettant de calculer la surtension apparaissant aux bornes du hacheur (en considérant que le courant absorbé par le moteur est rigoureusement continu, ce qui correspond à une self de lissage infinie), c'est-à-dire que $I_M = \text{cte}$.

- 1) si la fréquence f du hacheur est plus grande que la fréquence propre f_0 , on trouve, compte tenu du fait que la surtension est maximum pour $T_e = \frac{T}{2}$

$$\Delta_{\max} (V_c - V_o) = \frac{I_M}{2\omega_0 C} \cdot \operatorname{tg} \frac{\pi}{2} \times \frac{f_o}{f}$$

avec $\omega_0 = 2\pi f_o$ ($f_o =$ fréquence propre au filtre d'entrée $= \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$)

$c =$ condensateur filtre d'entrée.

- 2) si la fréquence f du hacheur est plus petite que la fréquence propre f_o , on obtient :

$$\Delta_{\max} (V_c - V_o) = \frac{I_M}{\omega_0 C} \cdot \frac{1}{\sin \frac{\pi f_o}{f}}$$

Ces deux formules sont représentées graphiquement à la figure 45.10 qui montre clairement le résultat et que l'on tire la conclusion fort importante :

il faut pour limiter les surtensions que la fréquence propre f_o soit nettement inférieure à la fréquence de fonctionnement du hacheur.

En effet :

- c'est dans le domaine $\frac{f_o}{f} < 1$ que les surtensions sont les plus faibles;
- la fréquence f_o est en fait variable avec la position du véhicule vis-à-vis de la sous-station, la self L représentant la somme de la self du circuit d'alimentation (caténaire + sous-station) et de la self du filtre d'entrée, présente sur le véhicule. La fréquence f_o est maximum lorsque l'engin se trouve en face de la sous-station et elle diminue au fur et à mesure que l'engin s'en éloigne.

En se limitant au domaine $\frac{f_o}{f} < 1$, on évitera donc les points de résonance ($\frac{f_o}{f}$ entier) lorsque le véhicule s'éloignera de la sous-station.

La conséquence est, qu'il faut prévoir sur le véhicule une self du filtre d'entrée telle que, en face de la sous-station, on ait encore $\frac{f_o}{f} < 1$.

Cette condition de limitation des surtensions conduit donc à filtre d'entrée donné, à augmenter la fréquence de fonctionnement, soit inversement à fréquence de fonctionnement donné, à grossir les éléments L et C du filtre.

c. Harmoniques.

L'équation du courant dans la self du filtre

$$I_{L \text{ eff}} = \frac{I_M \sqrt{2}}{\pi} \frac{\sin \delta \pi}{\omega^2 LC - 1}$$

permet de trouver dans les conditions suivantes :

- loin de la résonance $\omega^2 LC \gg 1$ (cas lorsque $f_0 \ll f$)
- rapport cyclique donnant la valeur maximum d'harmonique ($\delta = 0,5$),

la formule :

$$(I_L)_{\max} - (I_L)_{\min} = \frac{\pi^2 I_M f_0^2}{8 f^2}$$

Cette formule (représentée graphiquement à la fig. 45.11) montre comme pour la limitation des surtensions que la condition de limitation des harmoniques du courant de retour à la même conclusion :

la diminution des harmoniques de courant en ligne passe par une augmentation de la fréquence de fonctionnement du hacheur f ou un abaissement de la fréquence propre du filtre d'entrée f_0 .

d. Choix de la fréquence.

Si une augmentation de fréquence de fonctionnement du hacheur est souhaitable pour le dimensionnement du filtre d'entrée et la limitation des surtensions et des harmoniques de courant en ligne, par contre elle est défavorable :

- au rendement du hacheur à cause des pertes à la commutation dans différents éléments du hacheur, notamment les semi-conducteurs et le circuit d'extinction;
- à l'obtention, sans artifice supplémentaire, d'une tension de sortie très faible nécessaire pour limiter à l'arrêt (c'est-à-dire quand la force électromotrice du moteur est nulle) le courant dans les moteurs de traction et par conséquent le couple de démarrage.

En effet, on l'a vu à la leçon 44, il n'est possible d'éteindre le thyristor principal qu'après un certain temps de conduction $T_{e \min}$ dépendant de la rapidité des thyristors utilisés.

A l'heure actuelle, avec les thyristors les plus rapides utilisés, on obtient des temps minimum de conduction de l'ordre de 400 μs et donc une "butée minimale" de tension égale à $\frac{400}{T(\mu s)} \cdot V_{\text{cat}}$

N.B. : la physique interne du thyristor montre que les performances en rapidité et en tension sont contradictoires; il existe bien des thyristors ayant des temps d'inversion de quelques micro secondes mais leurs performances en tension sont dérisoires; dans un hacheur à haute tension, il faut des thyristors rapides capables de tenir des tensions élevées; le compromis actuel se situe vers 50 - 60 μs et 1 500 V.

Par exemple, cette butée minimale de tension, a conduit, pour les automotrices 70 à 79, compte tenu de la résistance de leurs moteurs, à une fréquence maximum de 200 Hz qui était compatible, vu le critère harmonique imposé par les installations de signalisation, avec une fréquence propre raisonnable pour le filtre d'entrée d'une trentaine de Hz.

Par contre, pour les automotrices 80, la fréquence maximum tolérée par les conditions de démarrage imposées, s'abaisse à 70 Hz; ce qui ne permet pas de respecter le critère harmonique avec un filtre raisonnable; dans ce cas il faut utiliser 2 fréquences de fonctionnement pour le hacheur la première, la plus basse, au démarrage pour limiter le courant de démarrage, où le critère "harmonique" est plus facilement respecté (influence du terme $\sin \delta \pi$ dans la formule donnant $I_{L \text{ eff}}$), la seconde, la plus élevée, au-delà d'un certain rapport cyclique où il n'y a plus de problème de limitation de courant vu la force contre électromotrice des moteurs, mais où le critère harmonique est le critère de dimensionnement; c'est ainsi que pour les automotrices 80 la fréquence de fonctionnement devient 195 Hz à partir d'un rapport cyclique 0,13. La fréquence propre du filtre d'entrée est de 25 Hz pour ces automotrices.

A fortiori, pour les locomotives puissantes, vu la très faible résistance des moteurs de traction, il devient impossible avec un filtre d'entrée raisonnable (c'est-à-dire ayant une fréquence propre d'une trentaine de Hz) de respecter des courants de démarrage admissibles; il faut soit :

- adopter des moteurs à excitation indépendante et limiter par le régulateur d'excitation, le courant d'excitation pour maintenir un couple de démarrage acceptable malgré un courant d'induit très élevé (cas des locomotives 20, où le courant d'induit à l'arrêt vaut 1.300 à 1.400 A (!) avec une fréquence de fonctionnement de 69 Hz; au-delà d'un rapport cyclique de 0,13 la fréquence passe à 112 Hz afin de respecter le critère harmonique).
- utiliser l'artifice du "vernier" qui permet grâce à une chaîne de thyristors supplémentaires, de découper l'impulsion minimum de tension; c'est le cas des locomotives 27, 21, 11 et 12 (leçon 44).

Lorsqu'on utilise un hacheur vernier, le choix de la fréquence du hacheur résulte uniquement du compromis "taille du filtre d'entrée - rendement du hacheur" soit :

- fréquence du hacheur : 150 Hz
- fréquence propre du filtre d'entrée : 30 Hz.

45.07. Entrelacement des hacheurs.

Sur les AM équipées de deux hacheurs et sur les locomotives (toujours 2 hacheurs) pour réduire les valeurs des éléments du filtre d'entrée, le fonctionnement des deux hacheurs est déphasé de 180 degrés l'un par rapport à l'autre. Ainsi, la fréquence de base des oscillations apparaissant aux bornes du filtre d'entrée vaut le double de la fréquence individuelle de fonctionnement de chacun des hacheurs, c'est-à-dire qu'à mêmes harmoniques de tension aux bornes du filtre ou de courant dans la caténaire, les dimensions du filtre peuvent être sérieusement réduites.

AM types 80-82-83

Ces AM comportent deux fréquences :

- l'une relativement faible (71,5 Hz) utilisée pour les rapports cycliques faibles (moins de 0,12). La fréquence de base apparaissant aux bornes du filtre d'entrée vaut donc 143 Hz lorsque les deux hacheurs sont en service;
- l'autre plus élevée (195 Hz) utilisée pour les rapports cycliques plus élevés. La fréquence de base apparaissant aux bornes du filtre d'entrée vaut donc 390 Hz lorsque les deux hacheurs sont en service.

HLE série 20.

La fréquence faible est de 69 Hz soit une fréquence de base aux bornes du filtre d'entrée de 138 Hz lorsque les deux hacheurs sont en service.

La fréquence plus élevée de 112 Hz soit une fréquence de base aux bornes du filtre d'entrée de 224 Hz lorsque les deux hacheurs sont en service.

HLE Séries 27-21-11-12.

La fréquence unique de 150 Hz (hacheur Vernier) donne une fréquence de base de 300 Hz aux bornes du filtre d'entrée lorsque les deux hacheurs sont en service.

45.08. Critères de non perturbation des installations de signalisation.

Le relais de signalisation, dont la désexcitation constitue le critère d'occupation d'une section de ligne, constitue l'élément terminal du "circuit de voie". Le circuit de voie n'étant pas isolé galvaniquement du circuit de retour du courant de traction à la sous-station, est particulièrement vulnérable aux perturbations et il faut éviter, quand la section de ligne est occupée que le courant de traction ne maintienne le relais de signalisation excité.

Une telle perturbation pourrait se présenter si le courant de traction ou certains de ses harmoniques "trompaient" le relais de signalisation parce que leurs caractéristiques seraient suffisamment proches du courant utile de signalisation.

La grande majorité des circuits de voie à la SNCB sont alimentés à 50 Hz et le relais de signalisation est du type relais moteur à 2 éléments; le circuit de voie type est donné à la fig. 45.12 (circuit de voie birail à connexion inductive)

Les cas de perturbation sont :

- a. Il existe dans le courant de traction une composante à 50Hz et le circuit de voie est déséquilibré c'est-à-dire que le courant de traction ne passe pas de manière égale dans les deux files de rail : il apparaît alors aux bornes de la connexion inductive côté relais de signalisation une tension de 50 Hz, qui peut, selon sa grandeur et sa phase vis-à-vis de la tension de l'enroulement local du relais de signalisation, maintenir le relais en position excitée (fig. 45.13).

Cette composante pourrait avoir comme origine soit :

- une fréquence de fonctionnement du hacheur à 50 Hz ou à un sous-multiple : de telles fréquences sont évidemment interdites.
 - une tension résiduelle à 50 Hz présente dans la tension caténaire qui appliquée à l'impédance formée par les engins moteurs, engendre une composante à 50 Hz de quelques volts existant réellement dans la tension caténaire, il faut limiter le courant 50 Hz par une impédance à 50 Hz suffisante dans toutes les circonstances; cela implique notamment que l'impédance à 50 Hz d'un engin moteur ne peut être capacitive car il existerait alors lorsque l'engin moteur est à une certaine distance de la sous-station une résonance à 50 Hz (lorsque l'inductance de ligne compense la capacité de l'engin moteur). Le filtre d'entrée d'un engin à thyristor doit donc toujours avoir une fréquence propre inférieure à 50 Hz.
- b. Le contenu harmonique global du courant de retour est élevé et l'alimentation à 50 Hz du circuit de voie est coupée : il apparaît alors aux enroulements du relais de signalisation des tensions alternatives de même fréquence qui peuvent selon leur phase maintenir le relais de signalisation excité (fig. 45.14) : cela justifie l'existence d'un critère de valeur efficace globale du contenu harmonique du courant de retour, qui implique notamment que la fréquence propre du filtre d'entrée soit inférieure à la fréquence de fonctionnement du hacheur afin d'éviter les points de résonance de la fig. 45.10.

Les autres types de circuit de voie utilisés à la SNCB sont moins facilement perturbables et ne donnent pas lieu à des critères aussi stricts.

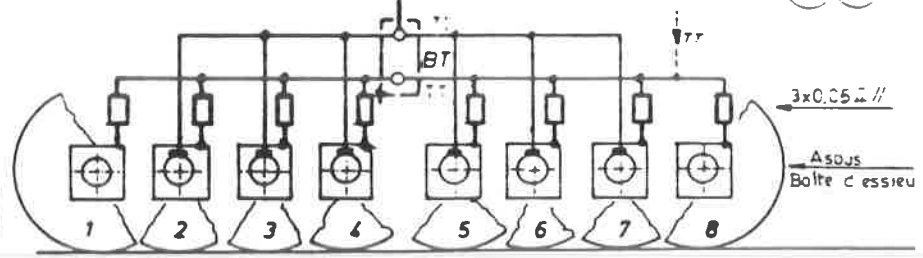
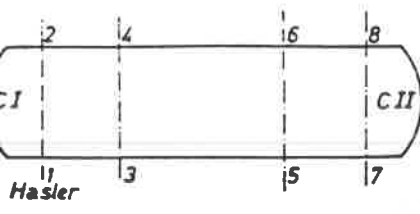
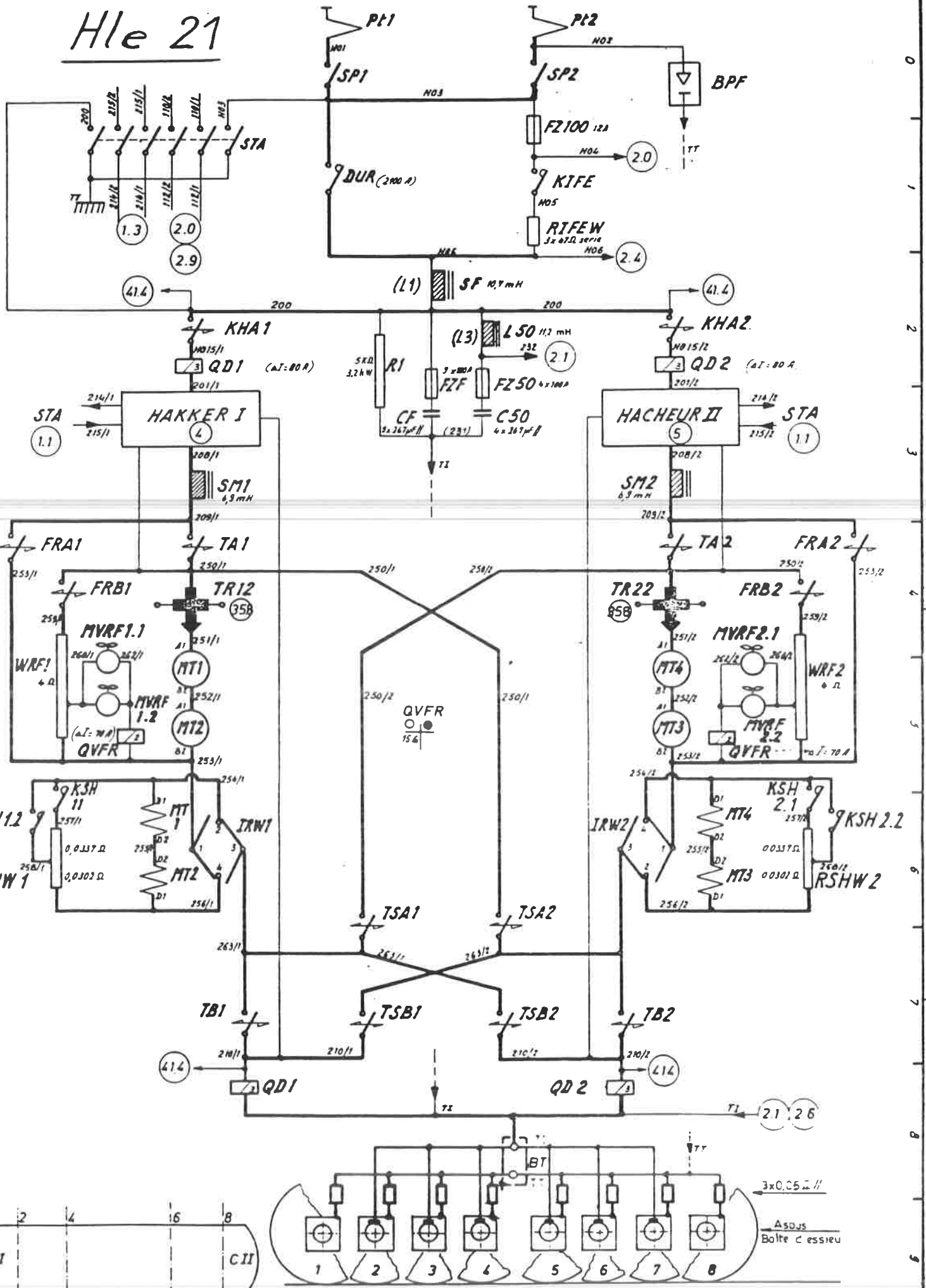
45.09. Protection.

Prenons l'exemple de l'AM type 86 à la figure 45.15 où l'on peut voir les contacts "Contrôle des fusibles hacheur et des fusibles condensateurs filtre d'entrée" dans le circuit du "Relais commande rupteur de ligne - RDUR". Cas de déclenchement des rupteurs de ligne KRL 1 et KRL 2 par le contact RDUR implanté en série dans le circuit d'alimentation (contact No fils 626 - 627).

45.10. Mesure de l'impédance du filtre d'entrée.

Lors des travaux d'entretien courant, on mesure l'impédance des bobines du filtre d'entrée et on contrôle le circuit de décharge conformément aux fiches techniques. Un exemple de fiche technique relative aux Hle séries 11-12-21-27 est repris à l'annexe 2. Les bornes de raccordement HO6 et TI se retrouvent à la figure 45.01.

Hle 21



21/x 01 00.01

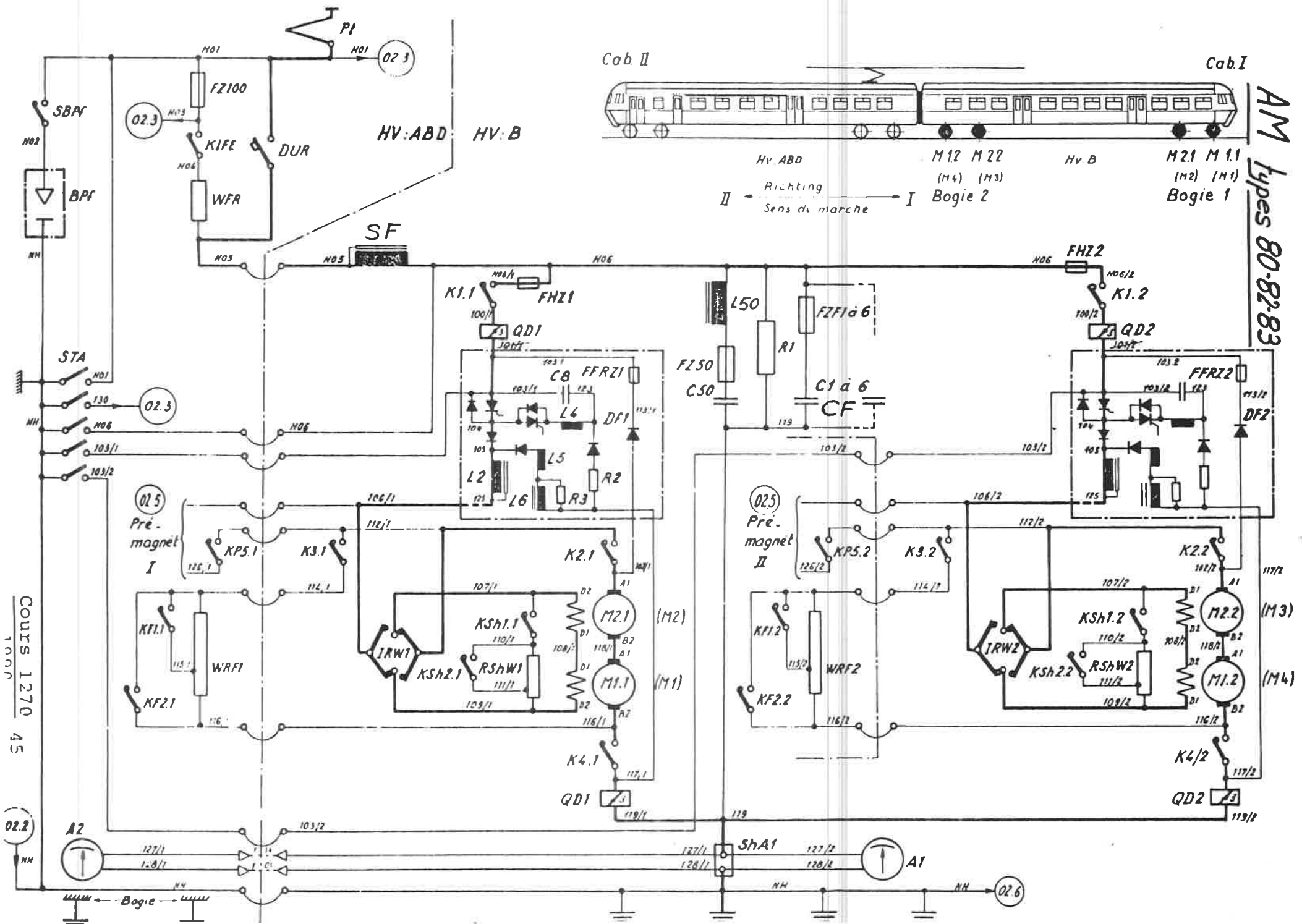
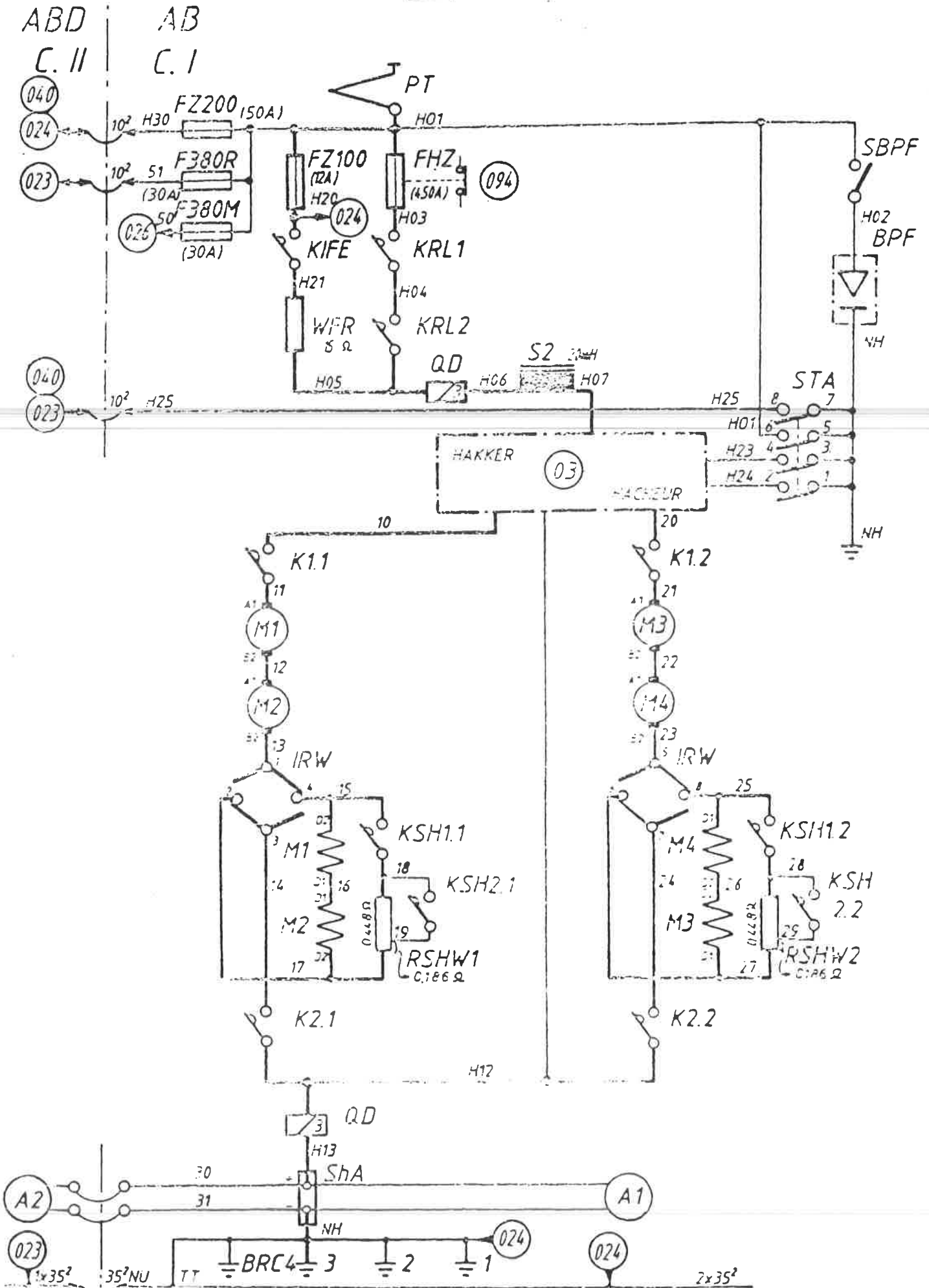


Fig. 45-02.-

AM type 86



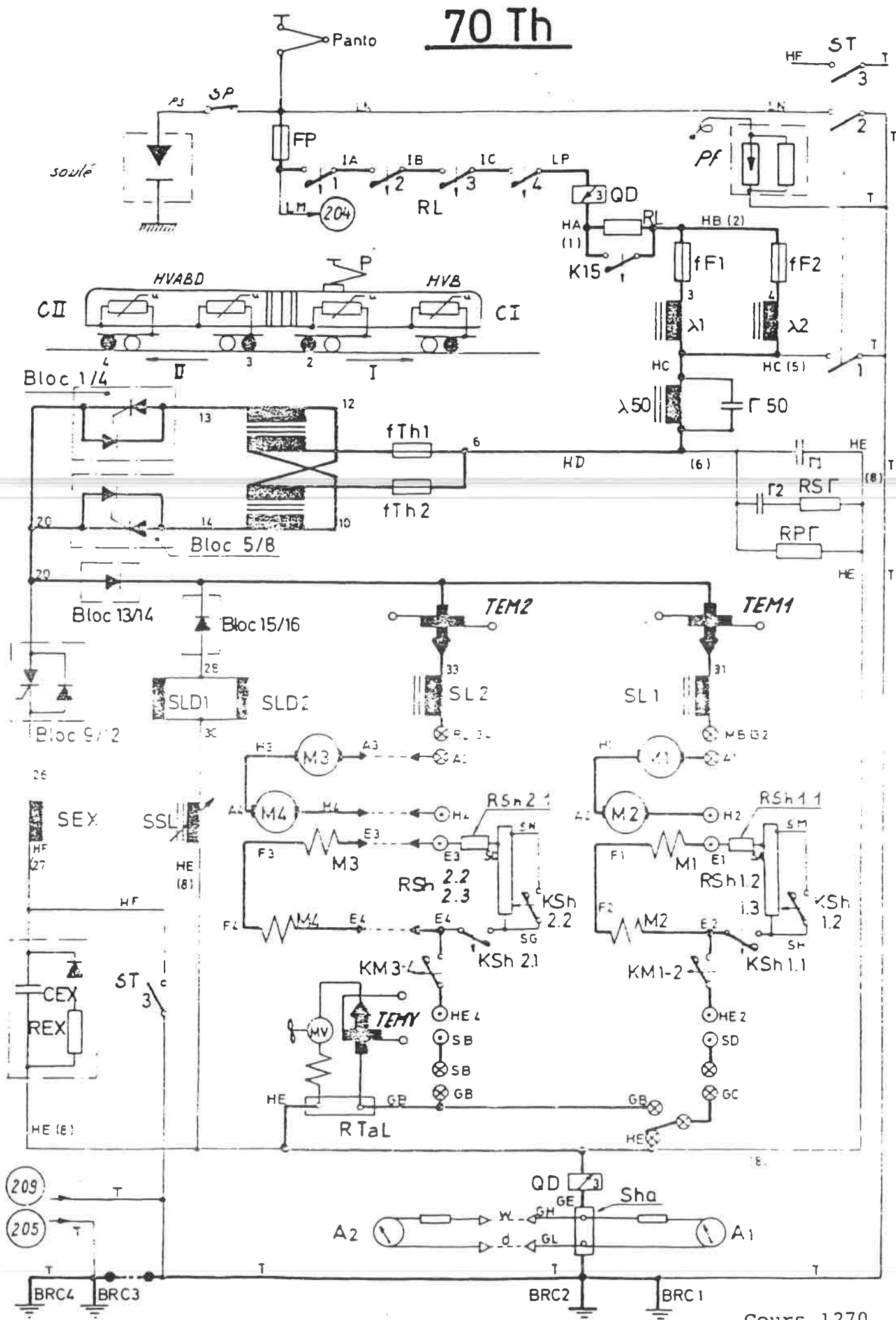
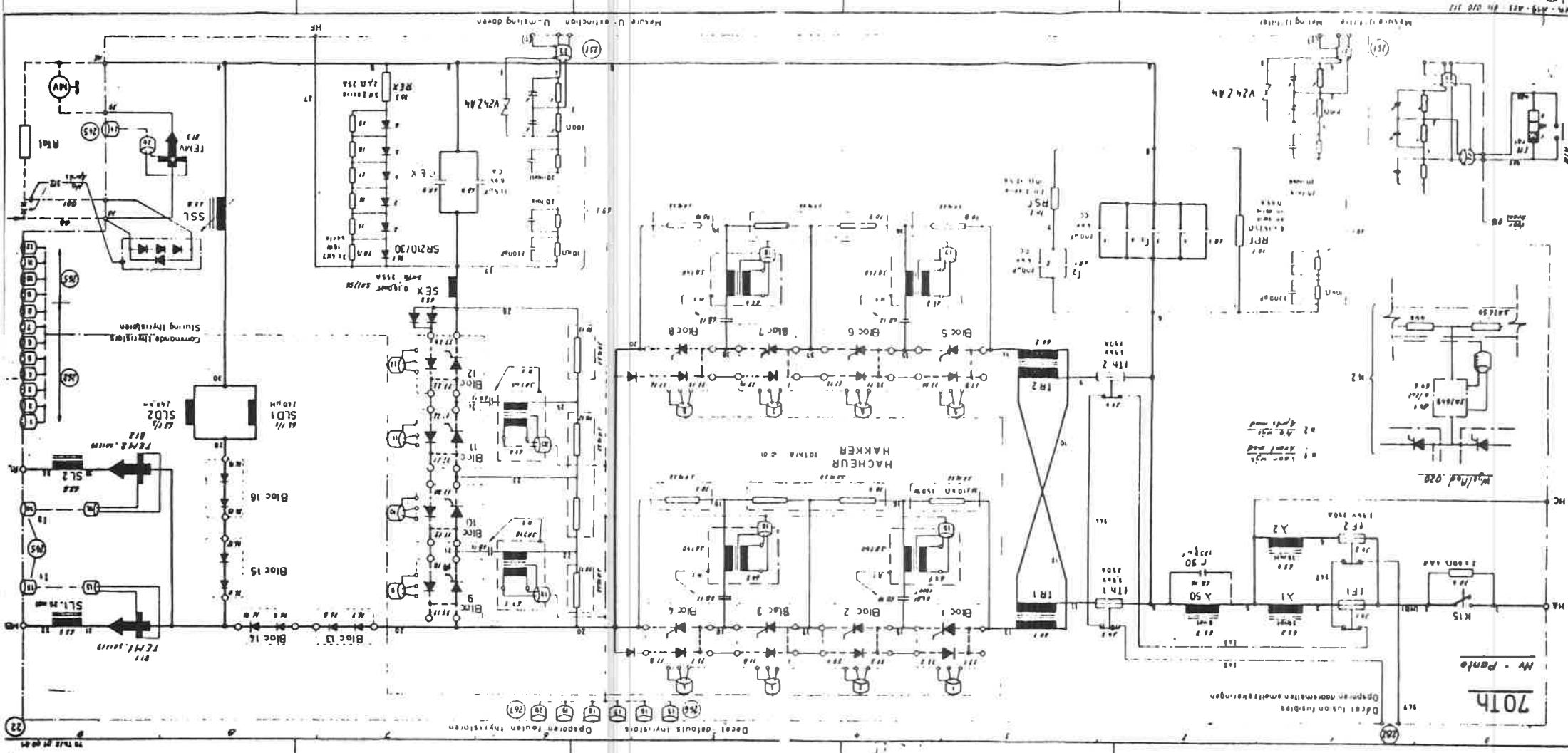


Fig. 45.05



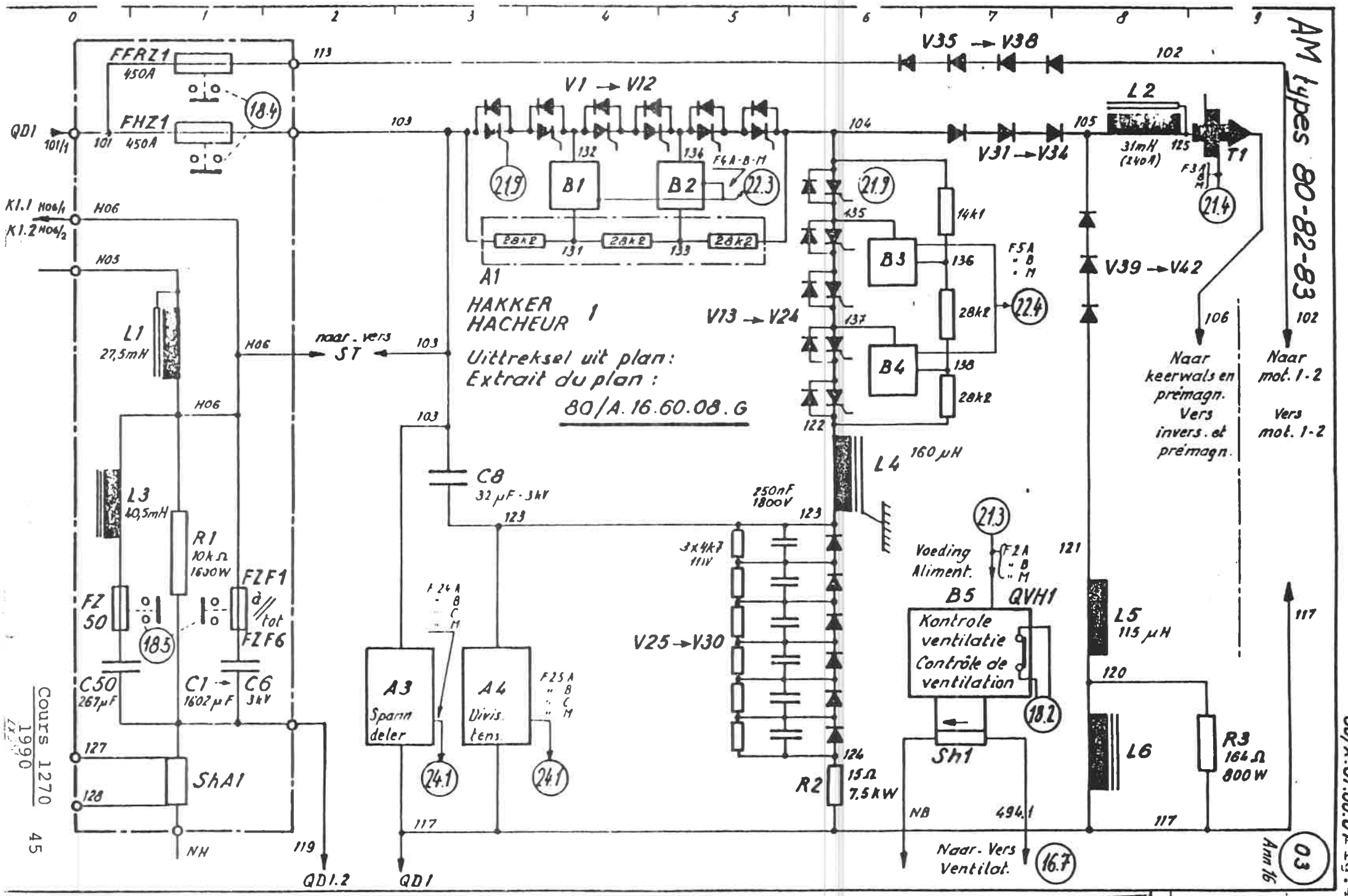
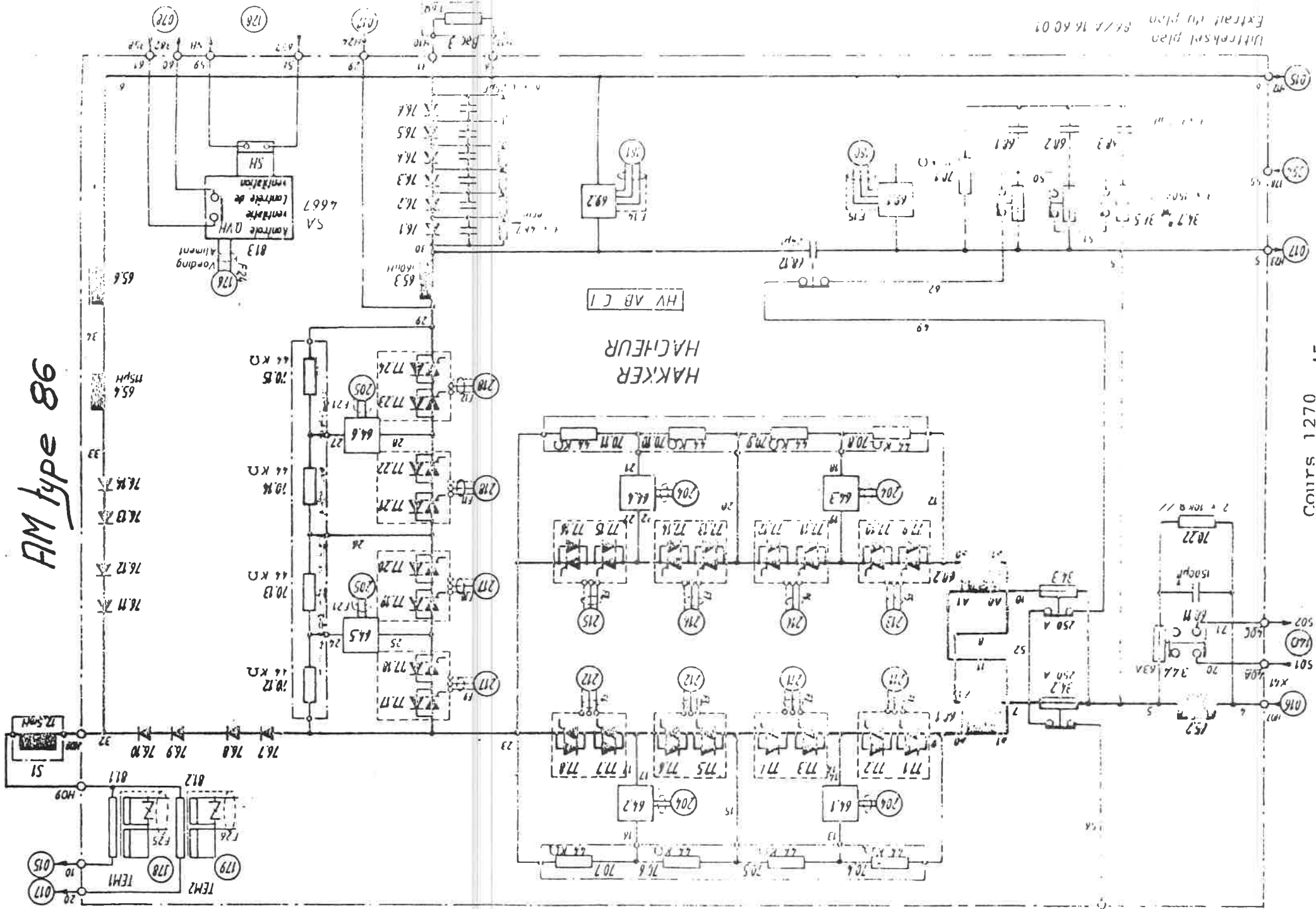
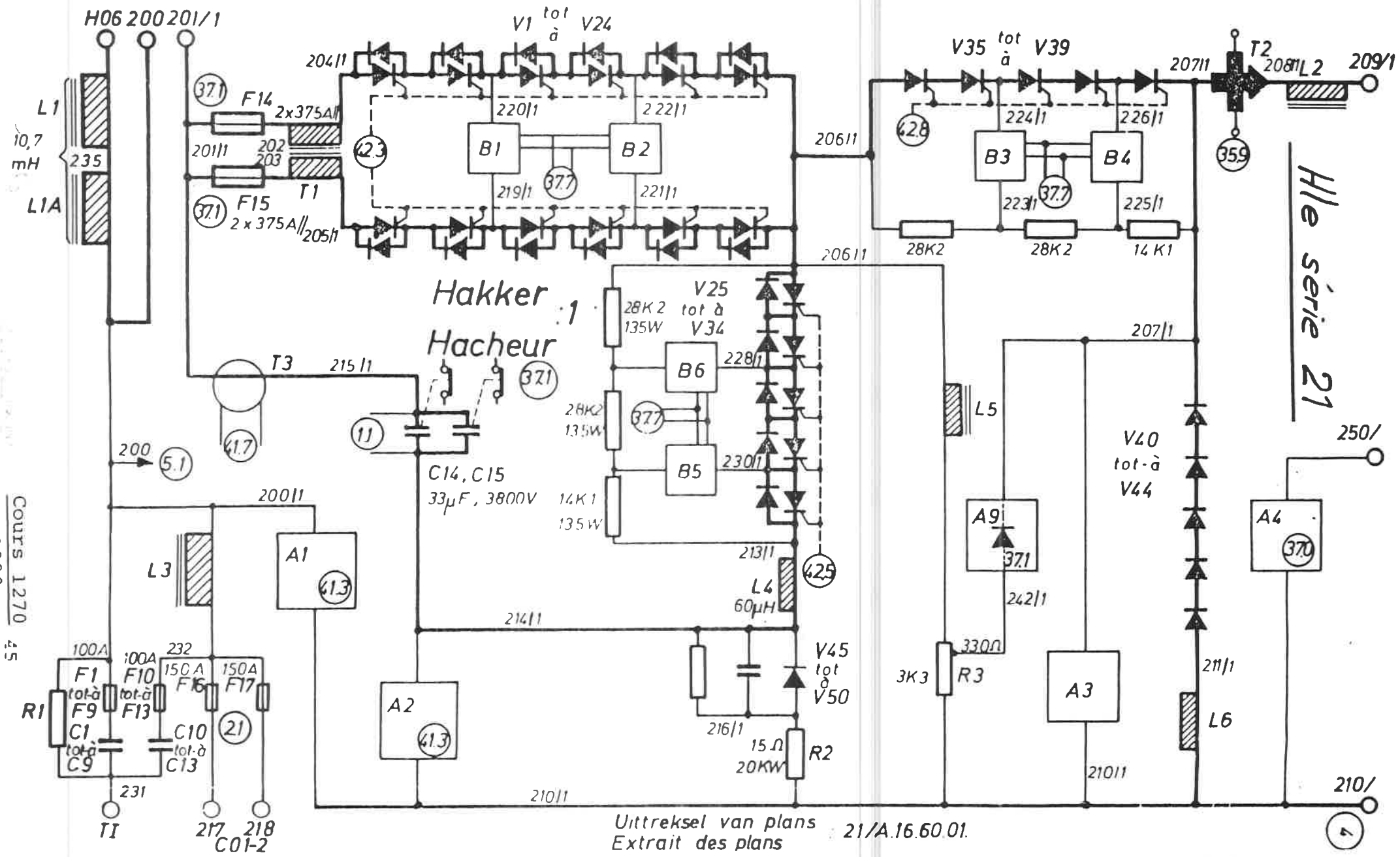


Fig. 45.07

FIM type 86



Ultraflex plan
66/2 36 AC 01



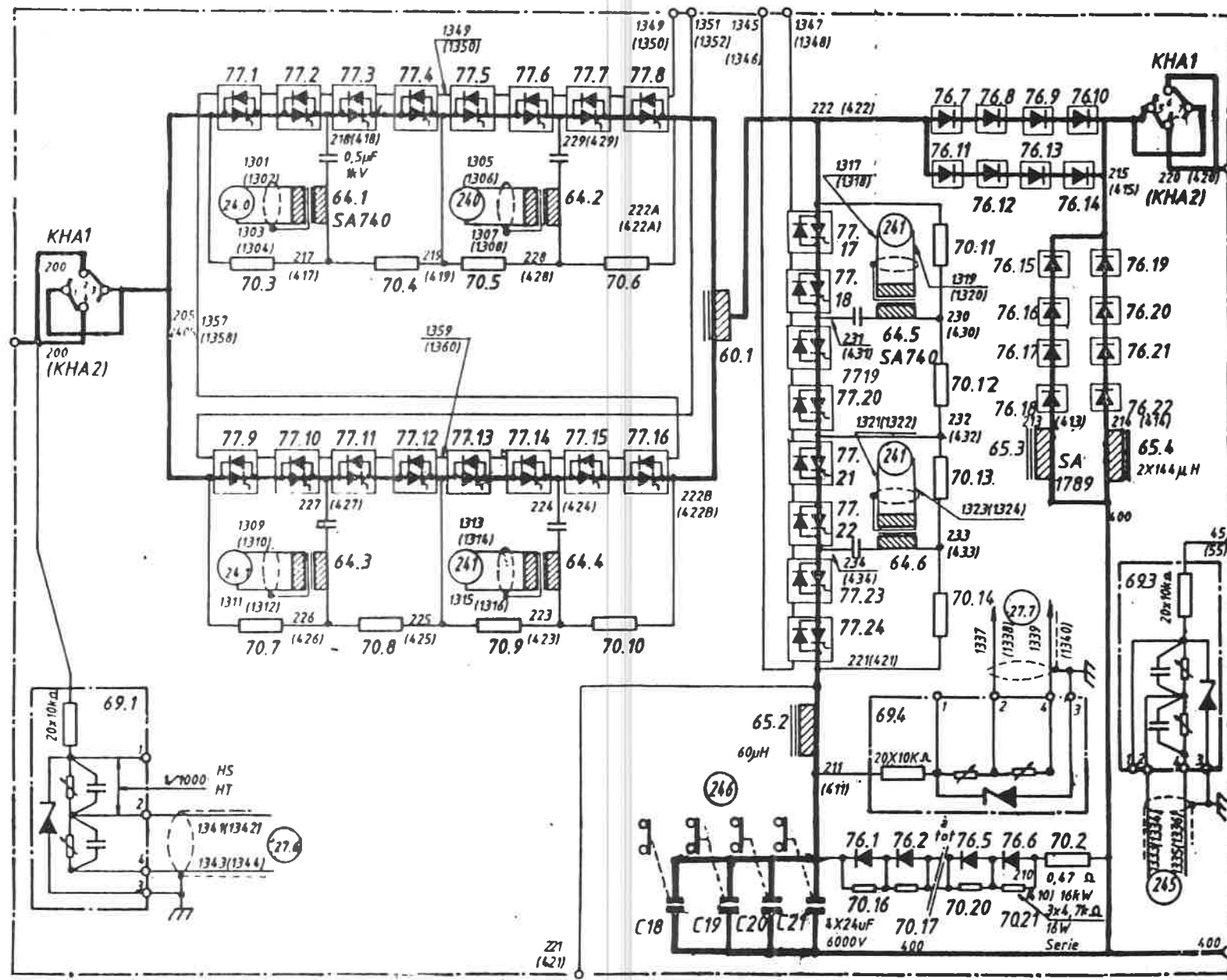
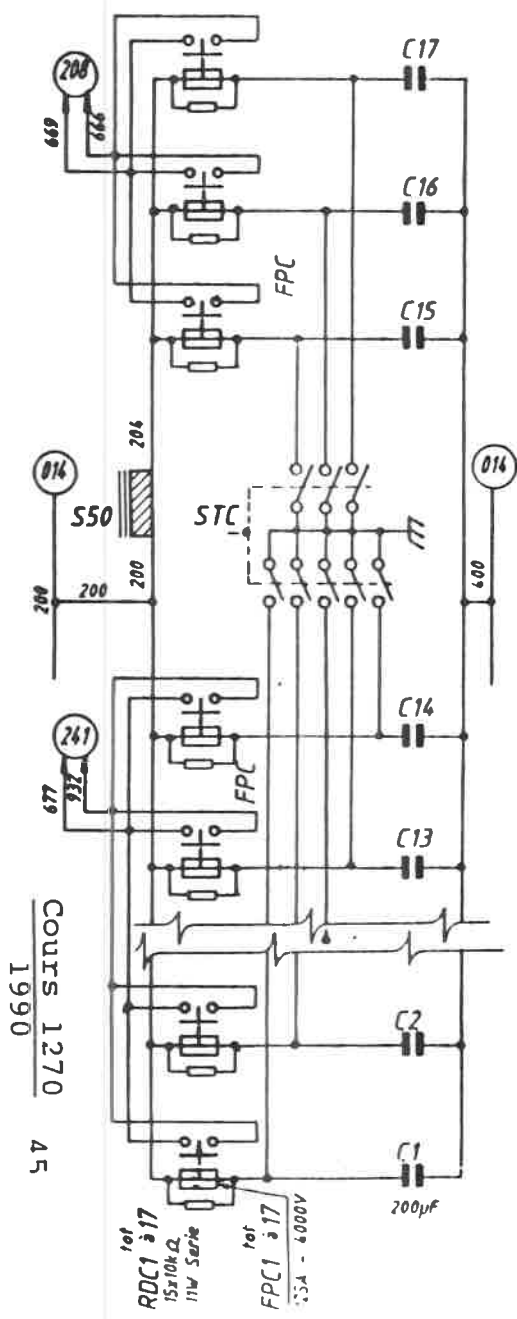
Uttreksel van plans : 21/A.16.60.01
 Extrait des plans

Ingangsfiler
Filtre d'entrée

Hakker 1 en 2
Hacheur 1 et 2

- de draden van Ha1 staan niet tussen haakjes deze van Ha2 wel;
- de juiste namen van de toestellen: aan de
naamaanduiding een "1" voor Ha1 en een "2"
voor Ha2 toevoegen

- Les repères des fils de Ha1 ne sont pas
indiqués entre parenthèses, ceux de Ha2 bien;
- Les noms exacts des appareils: ajouter aux indications des
noms "1" pour Ha1 et "2" pour Ha2

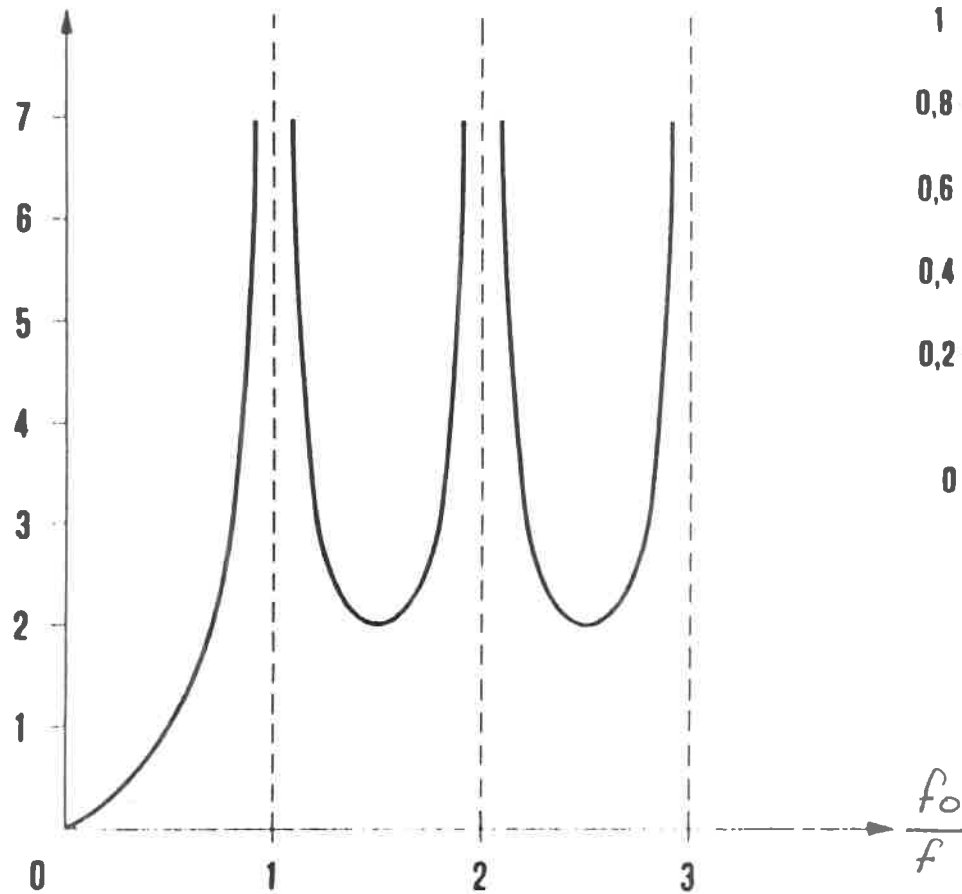


Alle serie 20

Fig. 45.09

Cours 1270
1990
45

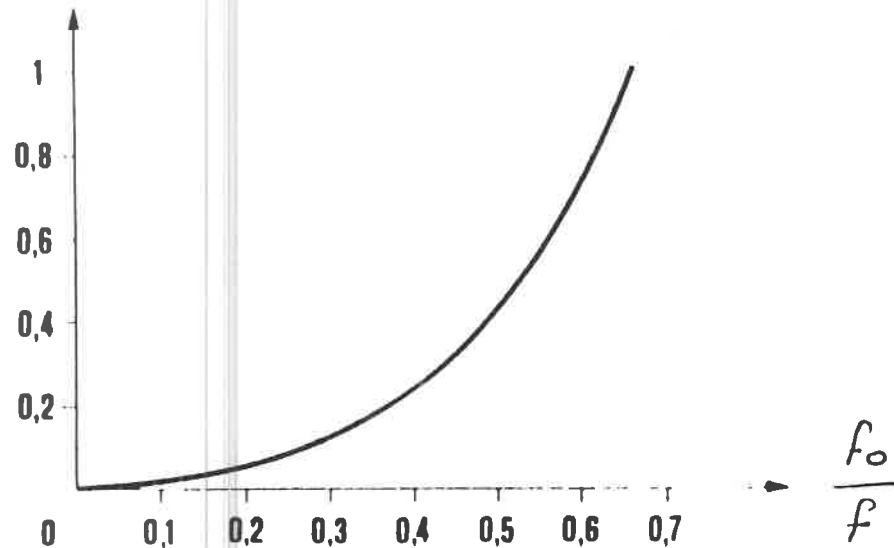
$(\Delta V_{ce})_{max.}$



Ondulation de la tension ΔV
aux bornes du condensateur en fonction
du rapport f_0/f

Fig. 45.10

$(\Delta I_{L_e})_{max.}$



Ondulation du courant ΔI dans
la self L_e en fonction du rapport f_0/f

Fig. 45.11

Fig. 45.12

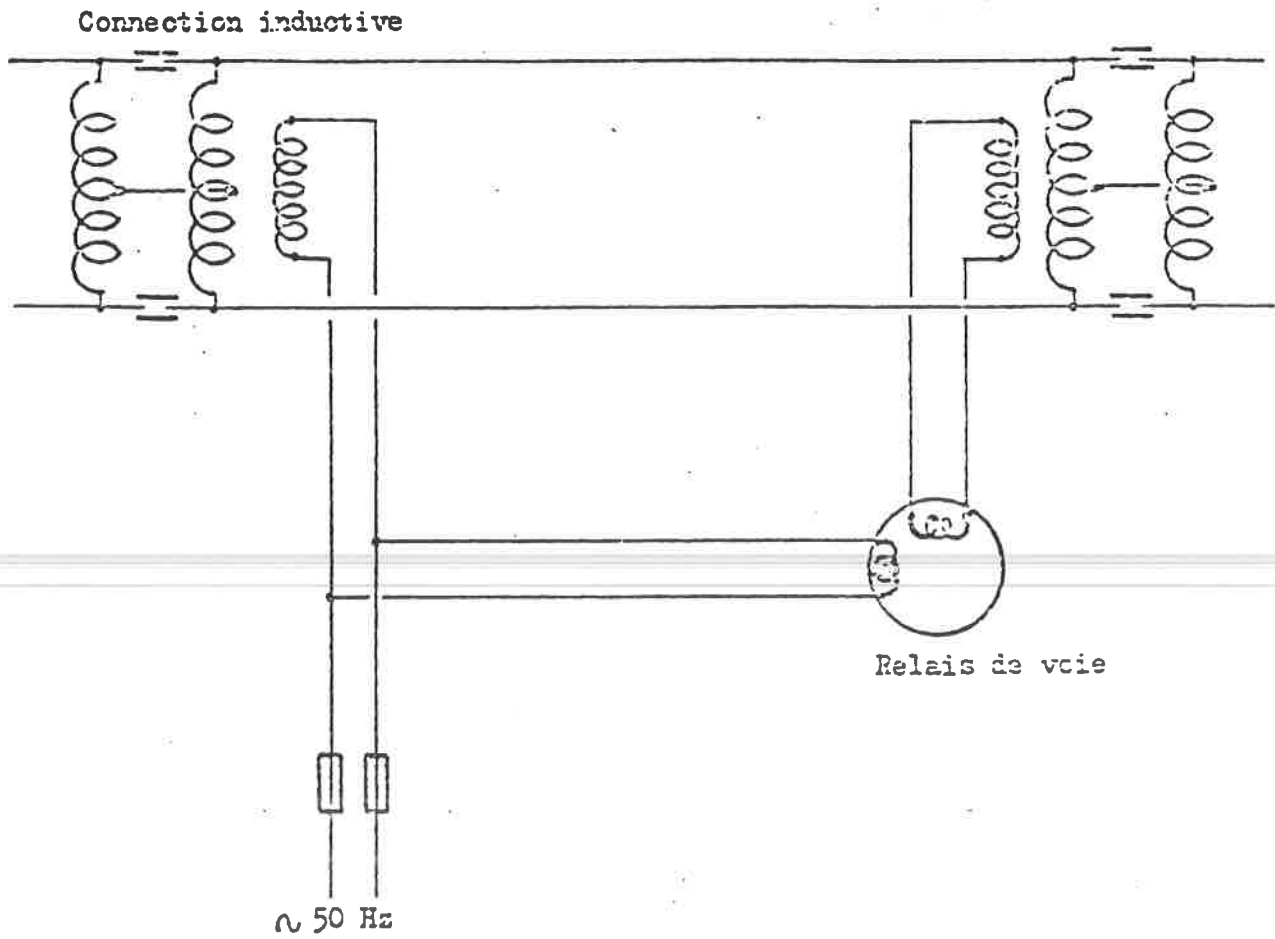


Fig. 45.13.

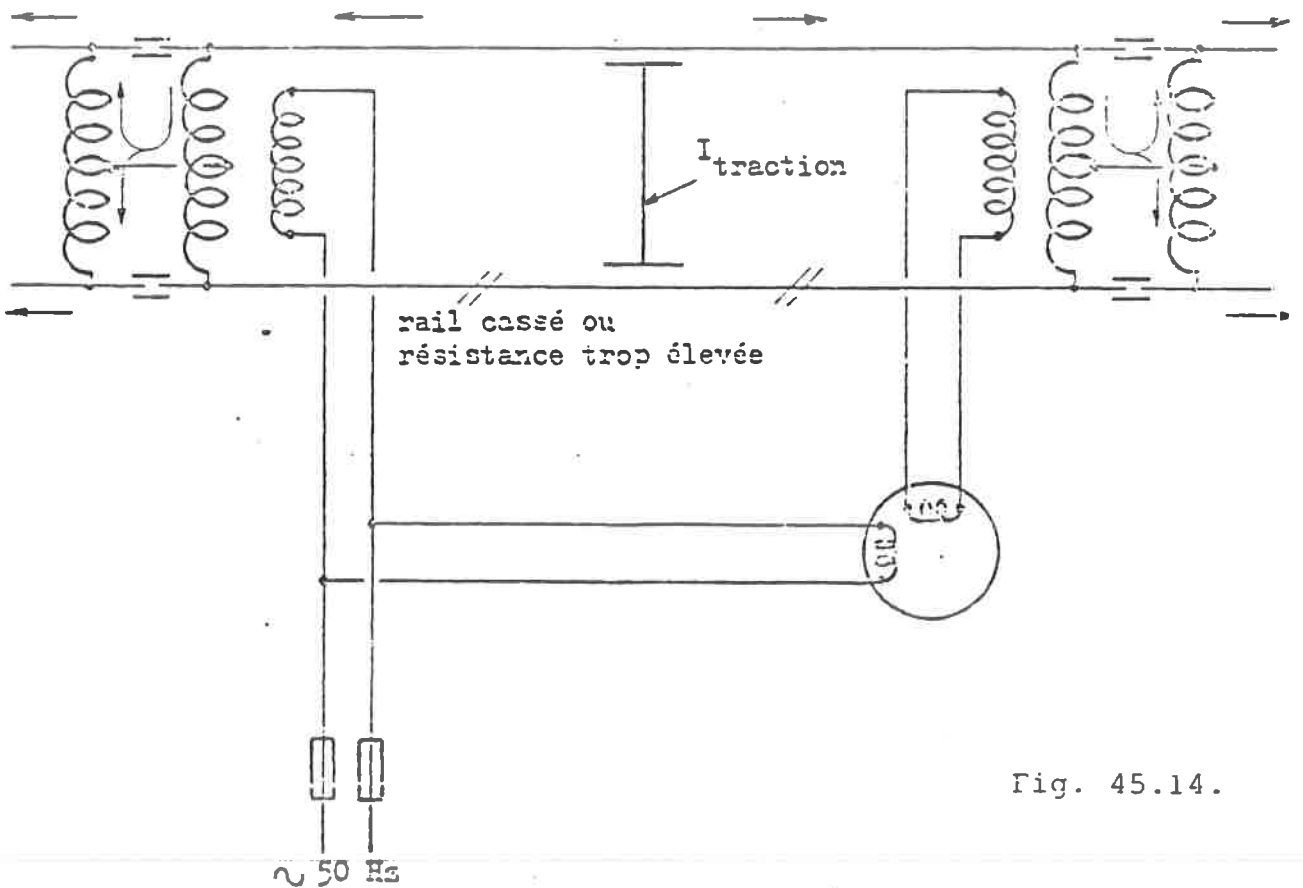
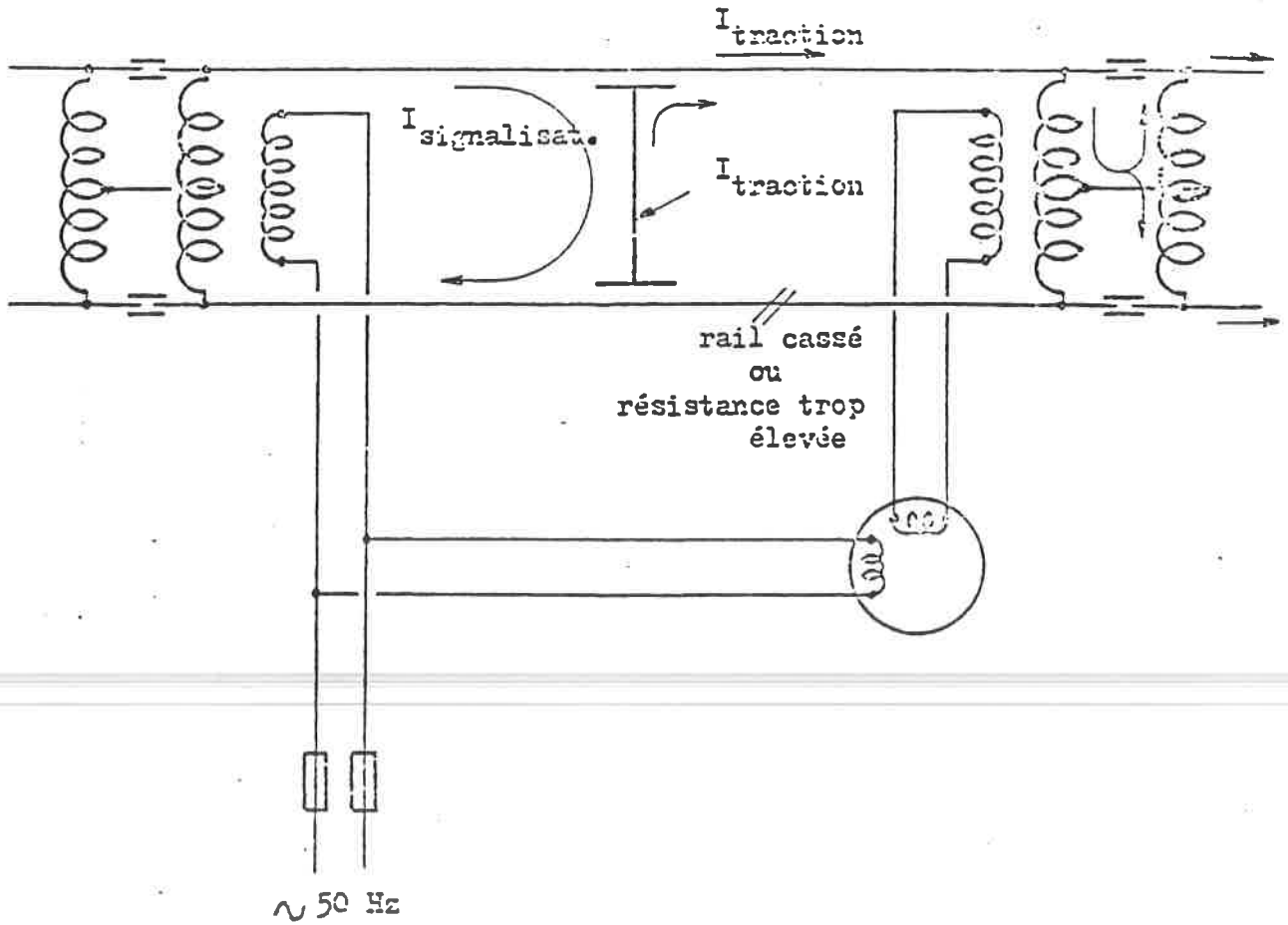
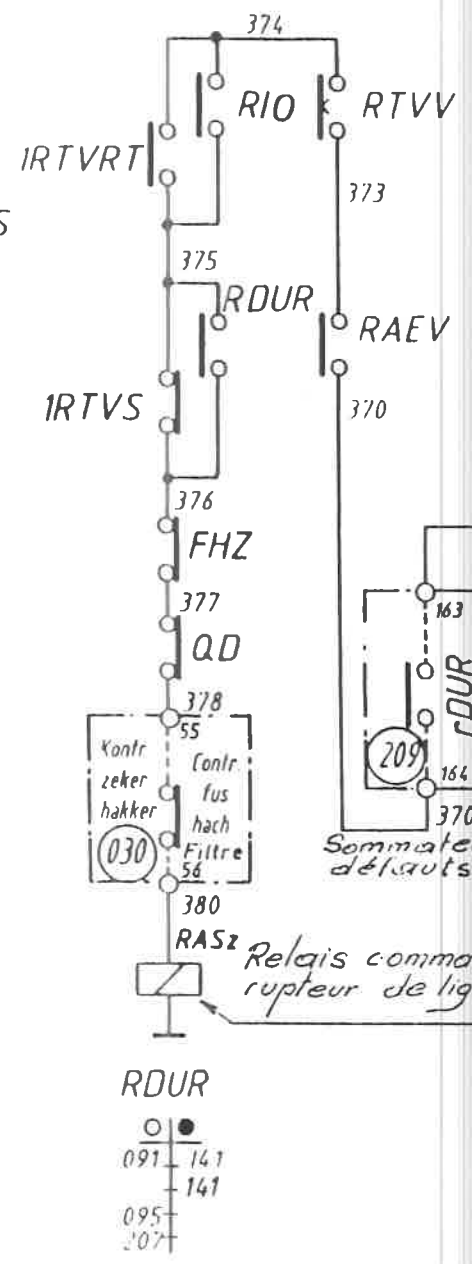
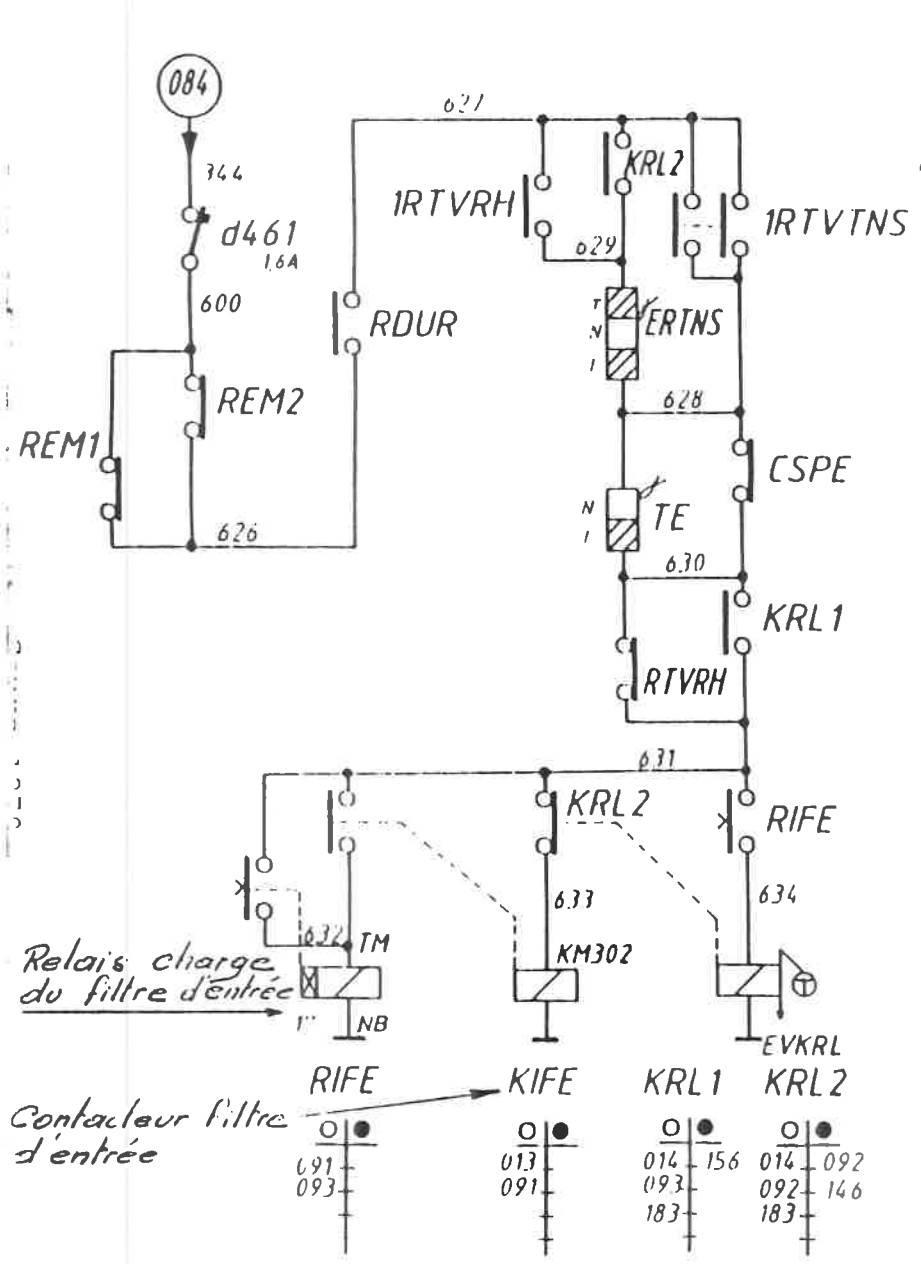
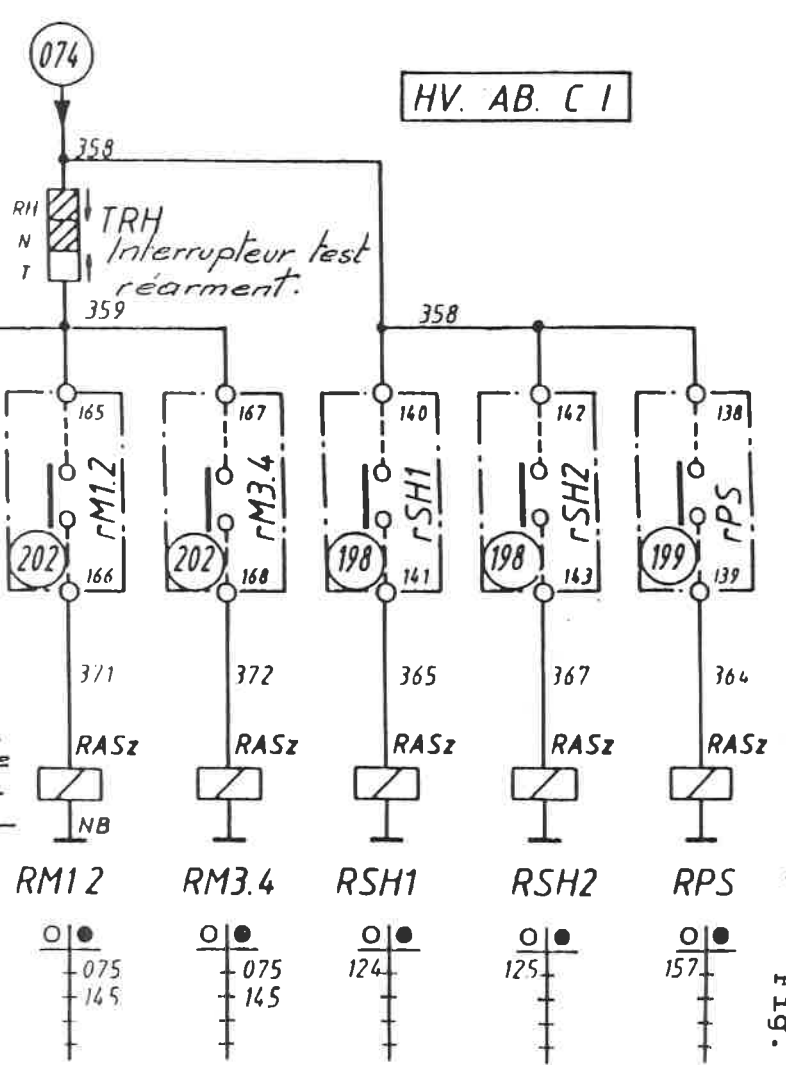


Fig. 45.14.



RL1-2 + FILTER + RDUR
RL1-2 + FILTRE + RDUR



HV. AB. C I

Fig. 45.15

Filtres45.01. Courbes de résonance.

Calculons la fréquence de résonance (f_r) dans le circuit suivant (fig. 45.01) :

$$E = 100 \text{ V}$$

$$R = 100 \ \Omega$$

$$C = 1 \ \mu\text{F} \quad (10^{-6} \text{ F})$$

$$L = 10 \text{ mH} \quad (10^{-2} \text{ H})$$

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \quad \text{d'où} \quad \omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{10^{-2} \cdot 10^{-6}}} = \frac{1}{\sqrt{10^{-8}}} = \frac{1}{10^{-4}} = 10^4$$

et puisque $\omega = 2\pi f$

$$\text{d'où} \quad f_r = \frac{10^4}{2\pi} = 1592 \text{ Hz}$$

Pour cette valeur de la fréquence, le courant est maxima :

$$i = \frac{100}{100} = 1 \text{ A}$$

Pour une quelconque fréquence différente de f_r , le courant sera plus faible.

On peut donc dire que l'impédance est minimum pour la fréquence de résonance.

Lorsqu'on prend le cas théorique : $R = 0$, la courbe d'impédance passe également par l'origine pour $f = 0$; pour $f = \infty$, elle devient asymptotique.

En effet, pour $f = 0$, $\omega = 0$

$$\text{donc} \quad \omega L - \frac{1}{\omega C} = 0 - \frac{1}{0} = -\infty$$

$$\text{et } i \text{ devient} \quad \frac{E}{\sqrt{R^2 + (-\infty)^2}} = \frac{E}{\infty} = 0.$$

2.

Pour $f = \infty$ $\omega = \infty$

$$WL - \frac{1}{\omega L} = \infty - \frac{1}{\infty} = \infty$$

et le courant tend vers 0

$$i = \frac{E}{\sqrt{E^2 + \infty^2}} = \frac{E}{\infty} = 0.$$

Considérons à présent un circuit LC parallèle (fig. 45 .02) :

$$i = IL - IC$$

avec $IL = \frac{E}{\omega L}$ et $IC = E \omega C$.

Si nous négligeons R, i devient égal à 0 lorsque :

$$IL = IC$$

ou encore : $\frac{E}{\omega L} = E \omega C$ c-à-d : $\omega C = \frac{1}{\omega L}$

$$\omega r = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

Pour $f = 0$, nous aurions :

$$\omega = 0$$

$$i = \frac{E}{0} - 0E = \infty$$

(au cas où l'on tiendrait compte de R, la courbe couperait certainement l'ordonnée).

Pour $f = \infty$:

$$i = \frac{E}{\infty} - \infty E = -\infty$$

Le signe - indique la valeur vectorielle de i.

Pour une valeur définie de R C, la courbe i prendrait une forme parabolique.

Le circuit LC décrit ci-dessus s'appelle aussi : "circuit bouchon".

En effet, pour la valeur proche de " f_r ", il ne passe pas de courant bien que le circuit soit le siège de grands courants de circulation.

Le circuit a une impédance maximum pour la fréquence de résonance.

45.02. Atténuation (affaiblissement).

Les circuits résonants peuvent être utilisés comme filtre afin de bloquer certaines fréquences ou bien d'en laisser passer par préférence.

Ces circuits sont désignés généralement sous le nombre "quadripôles".

Un quadripôle passif donne donc une atténuation de la puissance de sortie dépendant exclusivement de la fréquence.

Appelons W_1 et W_2 la puissance d'entrée et de sortie : nous aurons :

$$\frac{W_2}{W_1} < 1$$

En électronique, il est d'usage de considérer qu'un filtre est efficace lorsque les fréquences limites sont affaiblies à moitié

dont $\frac{W_2}{W_1} = 0,5$

Ou bien, si l'on considère les rapports de tension d'entrée et de sortie :

$$\frac{E_2}{E_1} = 0,707 \quad (0,5 \times \sqrt{2}).$$

Ceci revient à dire qu'un affaiblissement de 0,7 en tension correspond à 0,5 en puissance.

Sur la fig. 45.01, l'atténuation de 1/2 est indiquée en pointillé (0,707 1).

On appelle "fréquence de coupure" f_c la fréquence pour laquelle l'affaiblissement est supérieur à 0,5.

On peut donc dire de la figure 45.01 que le quadripôle affaiblit toutes les fréquences inférieures à f_{c1} et supérieures à f_{c2} .

Il ne laisse donc passer que . . . bande des fréquences comprises entre f_{c1} et f_{c2} .

4.

Circuit bouchon.

Sur la figure 45.02, nous voyons qu'au contraire de la fig. 45.01 toutes les fréquences comprises entre f_{c1} et f_{c2} sont bloquées.

Quadripôles.

Un quadripôle se représente généralement comme indiqué à la fig. 45.03.

Au lieu d'indiquer pour l'affaiblissement le rapport $\frac{W_2}{W_1} = 0,5$ on l'indique en décibel : dB.

La définition est la suivante :

$$A_{dB} = 10 \log \frac{W_2}{W_1}$$

Puisque la bande passante du filtre est définie par la limite d'affaiblissement de 0,5 :

$$A = 10 \log 0,5 = - 0,3 \text{ dB.}$$

Donc suivant la définition de la limite de fonctionnement, le filtre atténue jusqu'à - 3 dB.

Sur la figure, l'on voit que l'affaiblissement est plus grand pour des fréquences inférieures à f_c ; seules les fréquences inférieures à f_c passent.

45.03 Filtres de bande.

Les différentes combinaisons de circuits LC en série ou en parallèle permettent de conférer des caractéristiques spéciales aux quadripôles en ce qui concerne les bandes de fréquence passantes :

1. Filtre passe-bas (fig. 45.04).

Celui-ci laisse passer toutes les fréquences $< f_c$ (le courant continu passe).

Au-dessus de f_c , l'affaiblissement étant de - 3 dB, on dit que les fréquences $> f_c$ ne passent pas.

2. Filtre passe-haut (fig. 45.05).

Nous voyons sur le schéma que le courant continu ne passe pas. Seules les fréquences $> f_c$ ont une atténuation plus petite que - 3 dB.

3. Filtre passe-bande (fig. 45.06).

Les fréquences $< f_{c1}$ ne passent pas; les fréquences $> f_{c2}$ ne passent pas, seule la bande comprise entre f_{c1} et f_{c2} est considérée comme passante (bien que fortement affaiblie!).

4. Filtre éliminateur de bande (fig. 45.07)(circuit bouchon).

Seules les fréquences situées de part et d'autre de f_{c1} et f_{c2} passent.

La bande comprise entre f_{c1} et f_{c2} est bloquée par définition puisque l'affaiblissement est > -3 dB.

45.04 Filtres RC.

Ces circuits forment un groupe spécial dans l'électronique (ordinateurs).

Résumons les lois de charge et de décharge d'un condensateur C via une résistance R (fig. 45.08).

- Charge

$$V = V_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right) \quad (e = 2,716).$$

Après un temps $t = RC$, le condensateur est chargé à 63 %; en effet :

$$V = V_0 (1 - e^{-1}) = V_0 \left(1 - \frac{1}{2,716} \right)$$

$$V = 0,64 V_0$$

Le produit RC est la constante de temps. C'est le temps nécessaire pour charger complètement un condensateur à travers une résistance en maintenant le courant de charge constant et égal à celui qui circule au moment de la mise sous tension du circuit.

La décharge s'établit suivant la même fonction exponentielle.

Les circuits RC classiques sont le différentiateur et l'intégrateur :

a) Différentiateur (dérivateur) : voir fig. 45.09).

La charge est supposée purement ohmique et du même ordre de grandeur que R. Les signaux de sortie sont proportionnels aux signaux d'entrée.

b) Intégrateur (fig. 45.10).

Les signaux de sortie sont proportionnels à la somme des signaux reçus à l'entrée. Ils font donc l'intégration en fonction du temps des signaux d'entrée.



Fig. 45.01

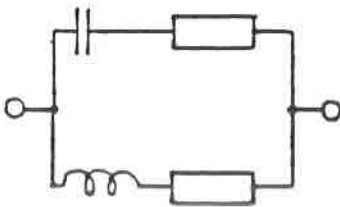
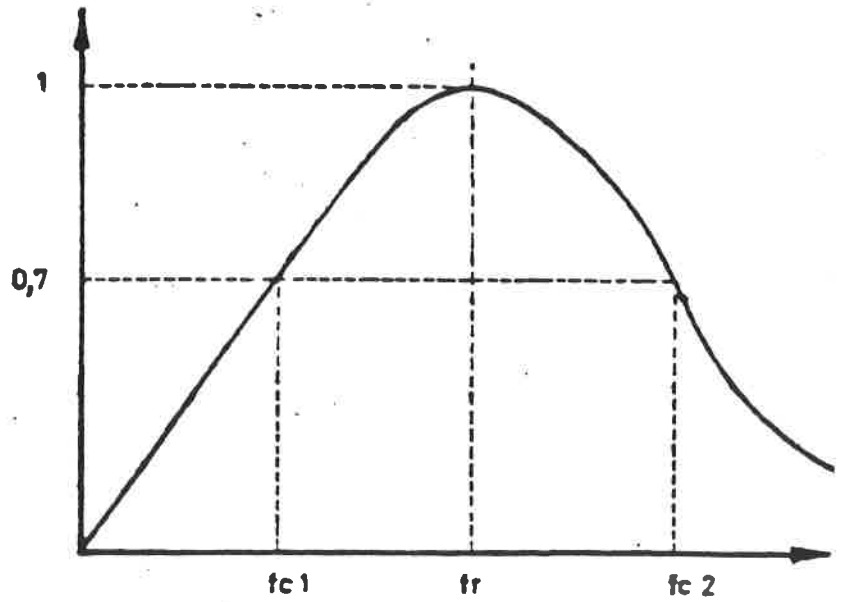


Fig. 45.02

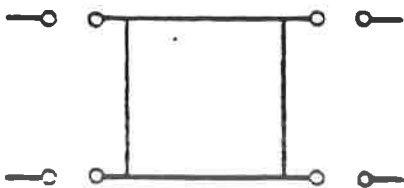
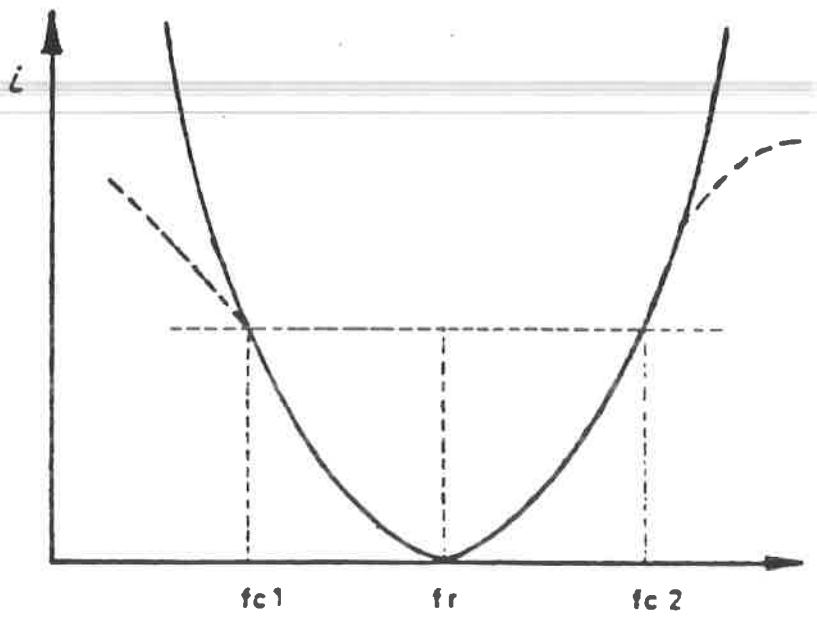
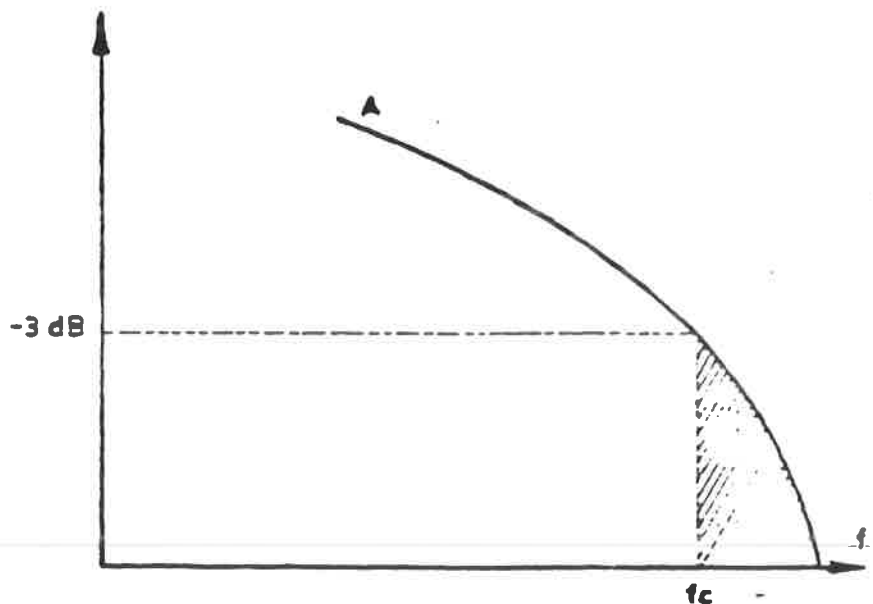


Fig. 45.03



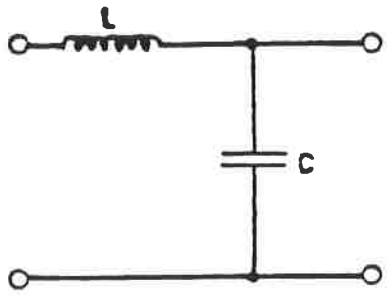


Fig. 45.04

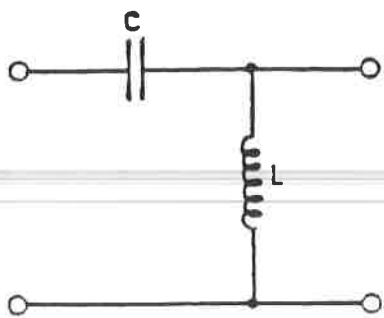
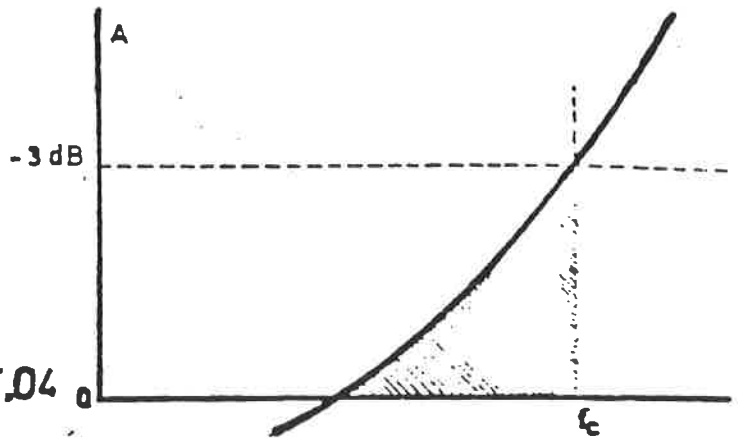


Fig. 45.05

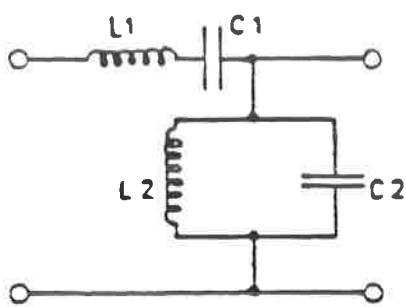
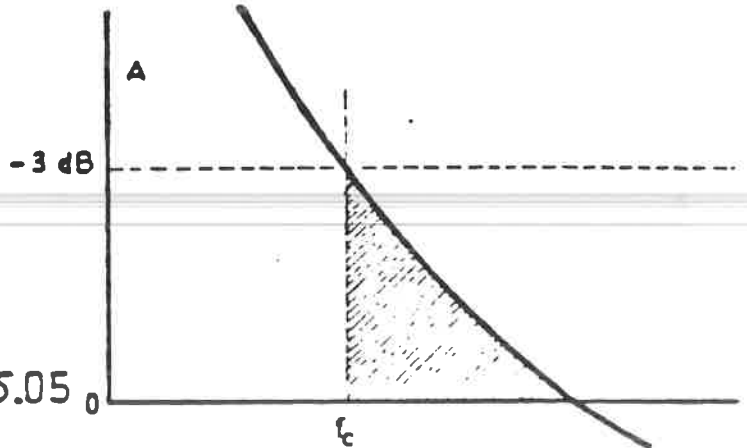


Fig. 45.06

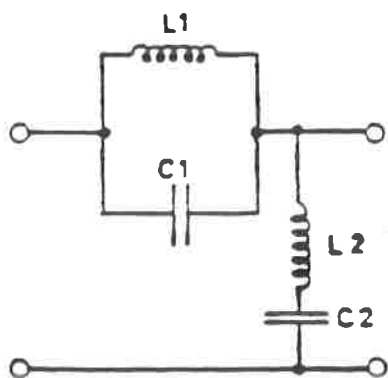
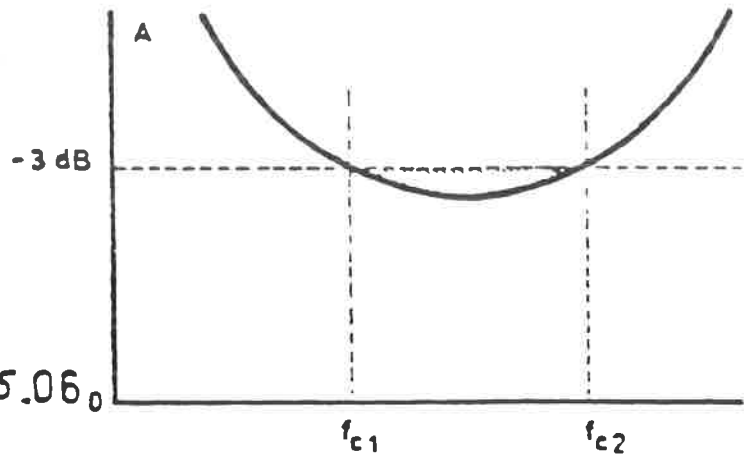
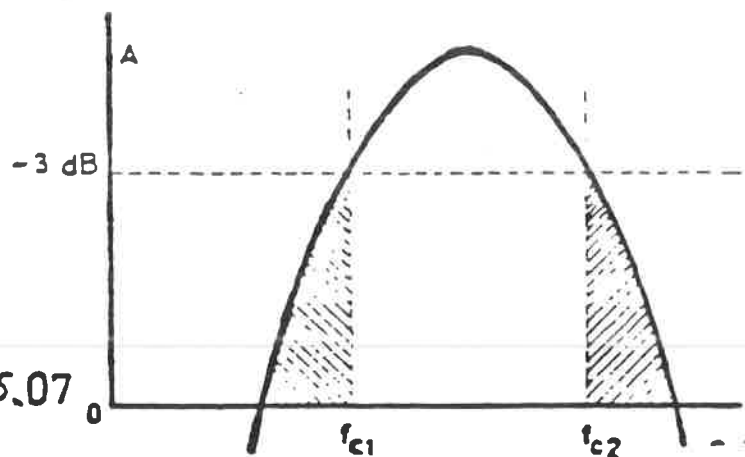


Fig. 45.07



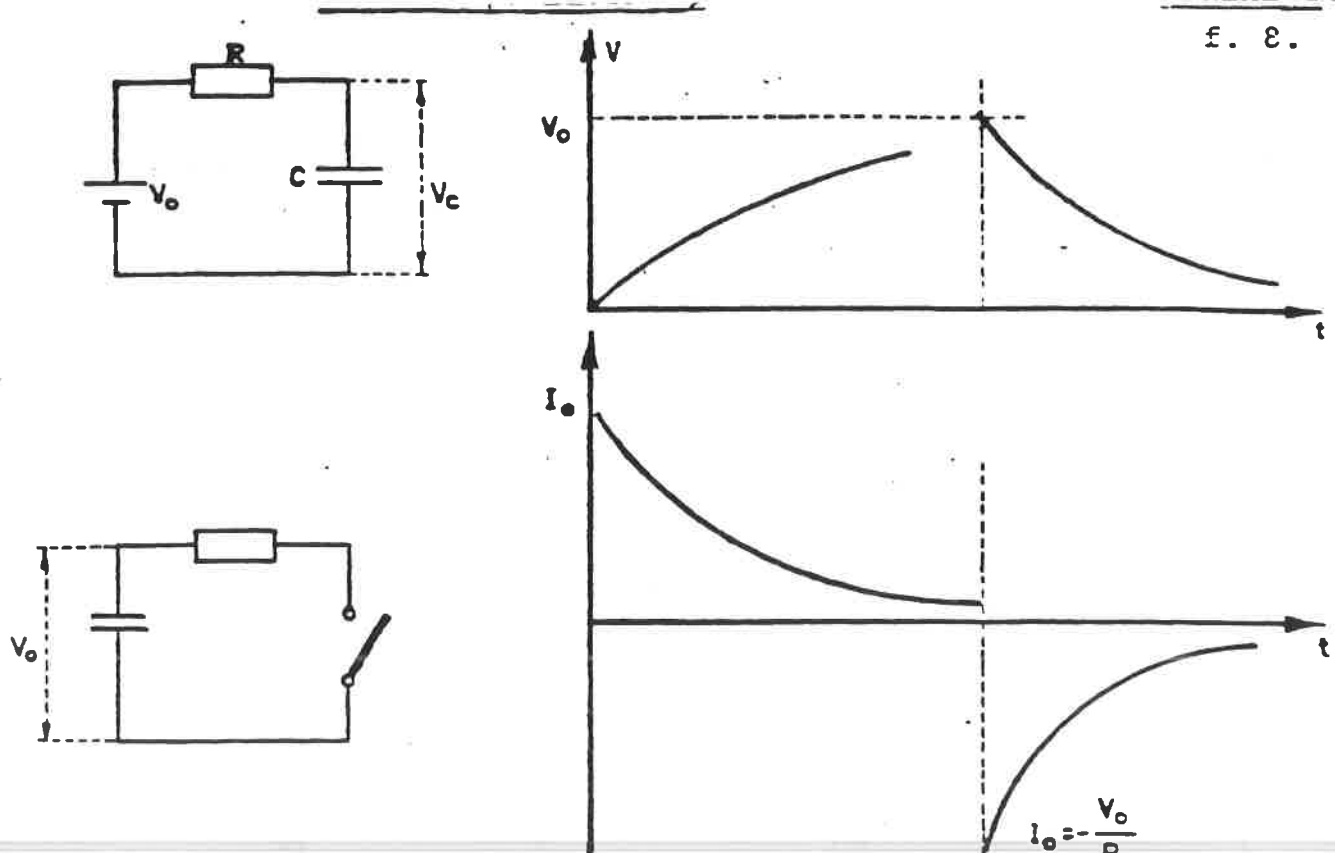


Fig. 45.08

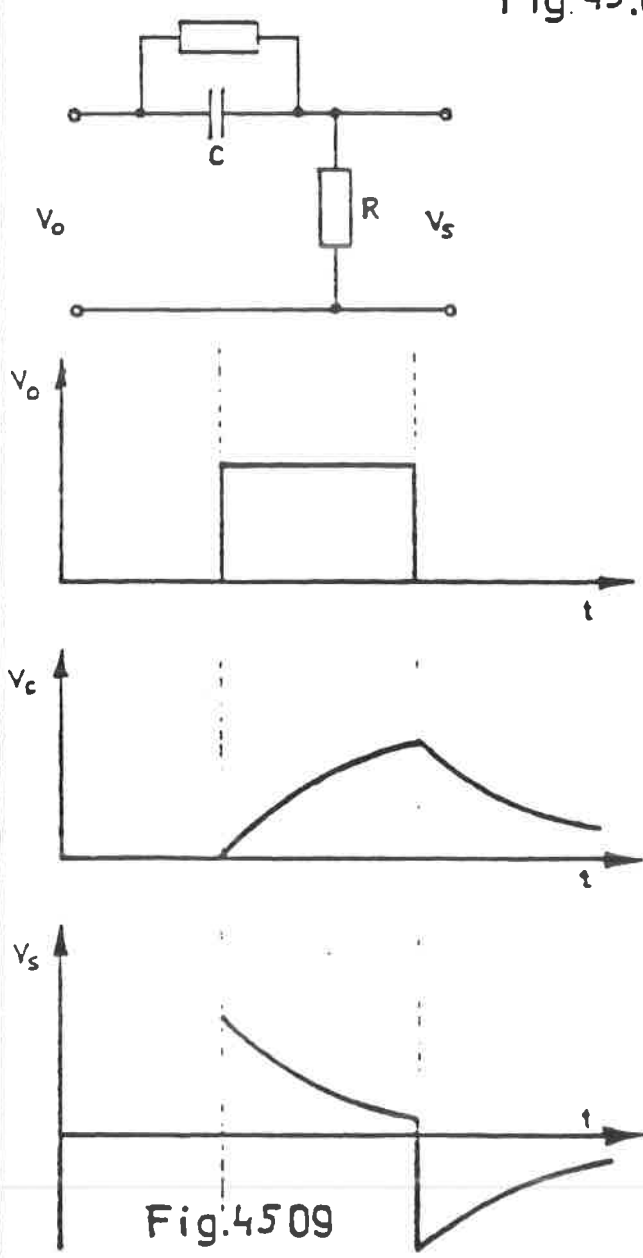


Fig. 45.09

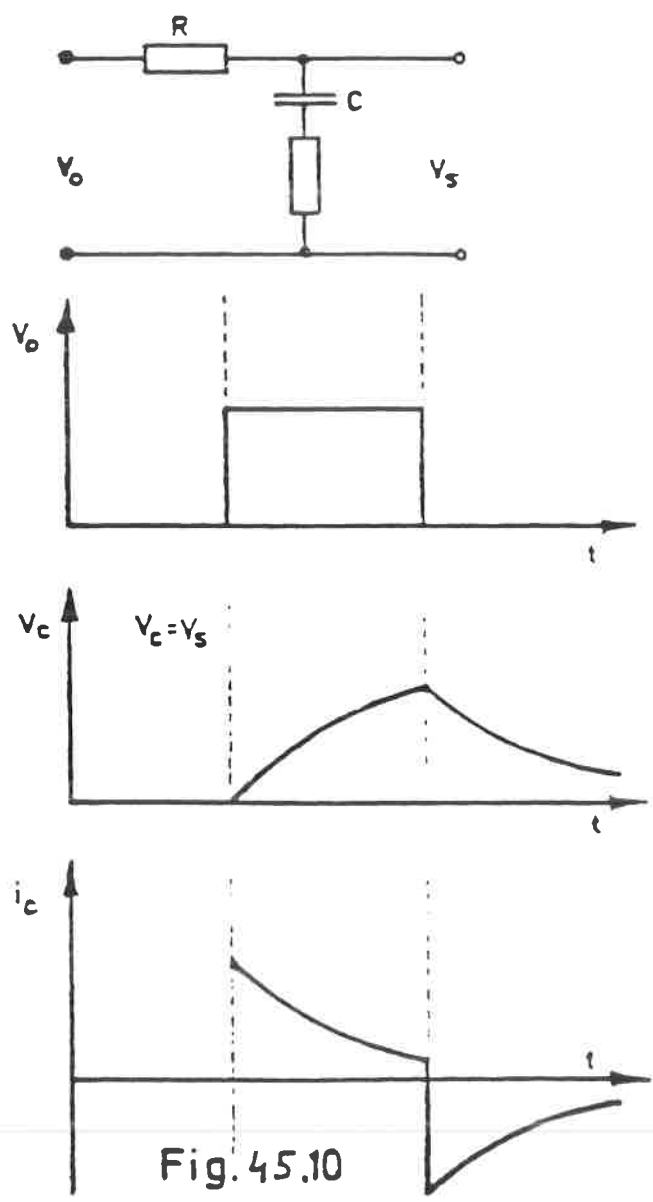


Fig. 45.10

(B)

M
20.33

HLE 11-12-21-27
Entretien courant
Mesure d'impédance des bobines du filtre
d'entrée et contrôle des circuits de décharge

111.76.01

1/3

111.76.01.01 Mesurer l'impédance du filtre d'entrée

0. Les condensateurs de la HLE (et tous les appareils qui y sont raccordés) peuvent rester sous tension. Le risque d'électrocution existe

(voir fiche $\frac{100.02.21}{200.02.71}$)

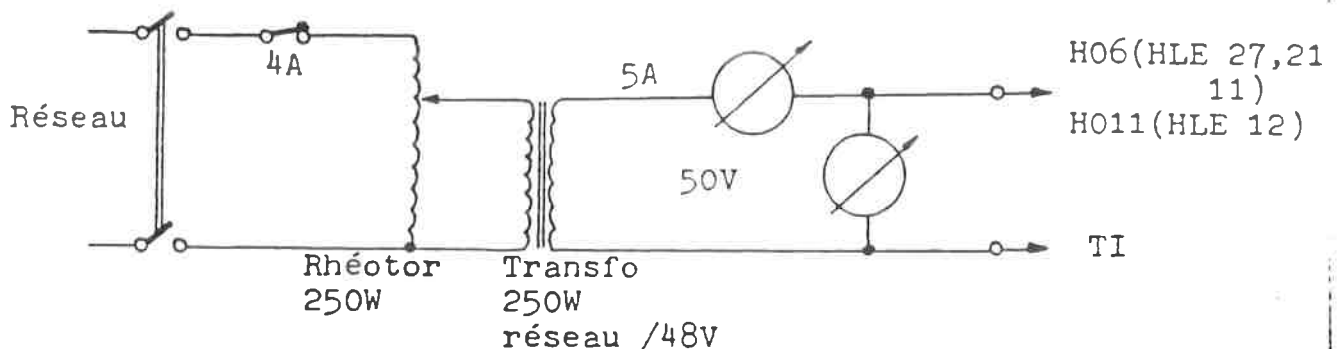
On doit faire tous les travaux suivants en cas d'absence de la caténaire et avec panto isolé pneumatiquement par le robinet à trois voies.

N° du travail	Périodicité	T1	HLE
111.76.01-01	1	1,00	11,12,21,27

I. Description du travail

I.1. Mesure de l'impédance des selfs

Montage pour le mesurage



Le dispositif de mesurage est raccordé aux bornes H06 et T1 (HLE 11, 21 et 27), ou H011 et T1 (HLE 12), dans le compartiment haute tension. Les connexions sont réalisées avec une résistance aussi basse que possible (fils courts épais et bornes solides).

- Mesurage 1 (dispositif de mise à la terre en position "terre")

Amener le dispositif sous tension avec un rhéotor réglé pour une tension de sortie minimale.

Au moyen du rhéotor, amener doucement le courant jusqu'à 5A.

Comparer la mesure du voltmètre avec les valeurs du tableau.

Ramener le rhéotor.

- Mesurage 2 (dispositif de mise à la terre en position "ligne")

Même opération que pour le mesurage 1.

A un courant de 5A, le voltmètre doit maintenant indiquer une tension entre celle du premier mesurage et la même + 12,5 V

01.03.90.

Mesurage supplémentaire éventuel

Si la tension mesurée avec le dispositif de mise à la terre en position "ligne" est inférieure à celle mesurée avec le dispositif en position "terre", l'impédance doit être en plus mesurée entre les fils 200 et 232, toujours avec le dispositif de mise à la terre en position "ligne".
L'impédance mesurée doit être supérieure à la valeur indiquée dans le tableau.

Attention

Ce point n'est pas d'application pour les HLE 21 de la 1ère série, où c'est toujours un défaut dans le filtre d'entrée qui est à l'origine d'une plus basse impédance lors de 2ème mesurage.

Vue d'ensemble des mesurage sur les différentes HLE

	HLE 27	HLE 21 1ère série	HLE 11	HLE 12	HLE 21 2ème série
1er mesurage dispositif en position terre	24V±1,5V	35V±1,5V	31V±6V	19V±3V	23V±2V
2ème mesurage dispositif en position ligne	M1<M2< (M1+12,5V) sinon : mesure supplémentaire (M3)	M1<M2< (M1+12,5V) pas d'écart d'autorisé	M1<M2<(M1+12,5V) sinon : mesure supplémentaire (M3)		M1<M2 pas d'écart autorisé
Mesurage supplémentaire éventuel Circuit 50 Hz	Impédance				
	> 10 ohm	Pas d'ap- plication	> 10 ohm	> 11 ohm	Pas d'ap- plication

Remarque

Les ateliers tiendront une liste avec, par HLE, les résultats des mesurages successifs.

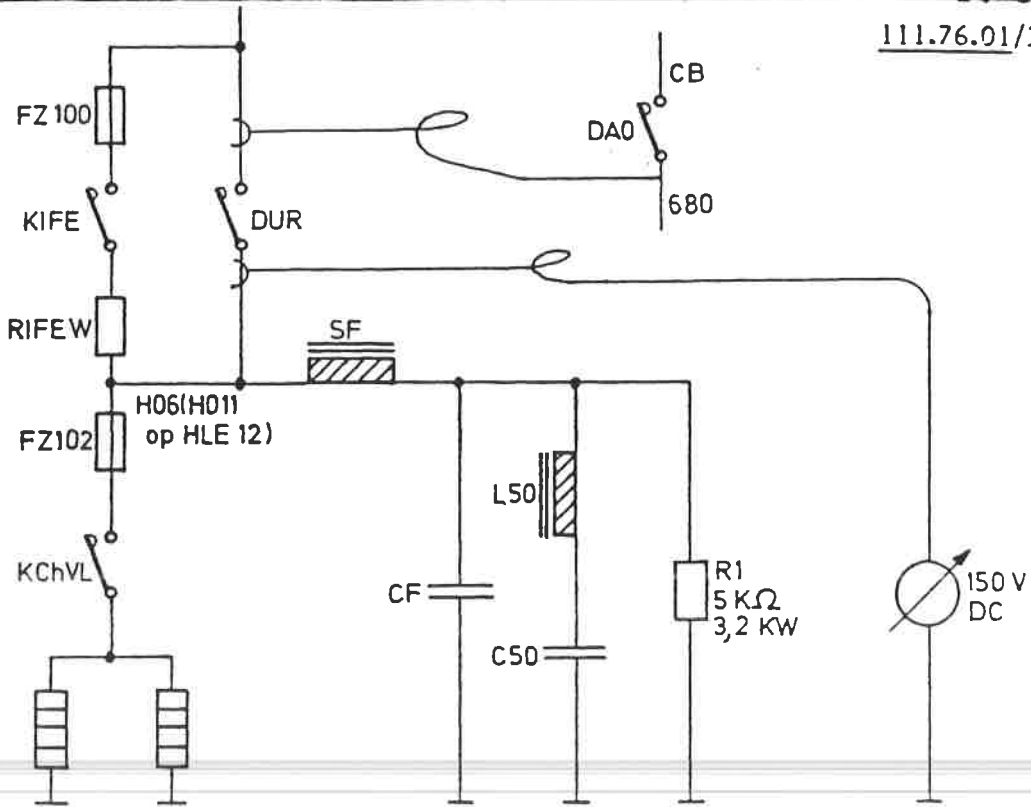
Si subitement, une importante déviation est notée, même dans les limites de tolérance, sans que des selfs ont été remplacé, il faudra vérifier le filtre d'entrée.

1.2. Contrôle des circuits de décharge du filtre d'entrée

Les essais sont à exécuter avec l'interrupteur IE BP en position N et la boîte à clefs en position "Ligne".

- Connecter un fil entre l'entrée du DUR et le fil 680 du disjoncteur DAO dans l'armoire B.T.
- Connecter un voltmètre entre la sortie du DUR et la masse de l'HLE.

01.03.90



Enlever le fusible FZ 102

- Enclencher le DUR, lire l'indication du voltmètre.
Le DUR déclenchera après + 10 secondes (suite défaut convertisseur), la tension sur les bornes du filtre doit diminuer jusqu'à 50 % de la valeur initiale après un temps maximal que l'on peut voir dans le tableau suivant (décharge par R1).

En cas de différence, il faut vérifier le circuit avec la résistance R1.

HLE	27	21	11	12
Temps max. t	17"	15"	16"	19"

- Remettre le fusible FZ102. Refaire l'essai ci-dessus.
La tension descendra maintenant à 50 % après un temps maximum "t" que l'on peut retrouver dans le tableau ci-dessous (décharge par R1 en parallèle avec le chauffage du poste de conduite).
- En cas de différence, vérifier les circuits du chauffage du poste de conduite.

HLE	27	21	11	12
Temps max. t	4"	3"	4,5"	4"

Après les essais, ne pas oublier d'enlever le fil entre le DUR et l'armoire B.T.

AUTOMOTRICES A THYRISTORS

46.01. Schéma de traction.

Le schéma de traction d'une automotrice double à thyristors est représenté à la fig. 46.01.

Le rupteur de ligne RL a encore pour but, la protection contre une surintensité. Il est fermé lors du premier essai de traction après la levée des pantographes.

Le rupteur ne s'ouvrira à nouveau qu'après un abaissement des pantographes ou bien par manque de haute tension.

Lors de la fermeture du RL il y a lieu de tenir compte de la grande capacité du filtre d'entrée T (1500 μ F). La pointe de courant de charge du condensateur ferait déclencher la sous-station.

Afin d'éviter cet inconvénient, l'on prévoit une résistance de limitation de 100 Ω que l'on court-circuite après 1" au moyen du contacteur K 15.

Outre le fusible principal de 300 A (FP) quelques fusibles spéciaux sont prévus dans le circuit HT : F₁ F₂ et f Th 1 - f Th 2.

Ces fusibles du type "Ferraz" fonctionnent plus rapidement que le rupteur en cas de court-circuit. Ils protègent donc efficacement les blocs de thyristors contre les surintensités de courant.

Par ailleurs, ces fusibles sont pourvus d'un micro-switch qui fait ouvrir le rupteur et allume en même temps une lampe de signalisation spéciale dans la cabine de conduite (RMAE).

Le filtre d'entrée se compose de deux différentes selfs et condensateurs qui ont pour but :

- 1° de limiter les surtensions provoquées par le hacheur ($\lambda 1$ et $\lambda 2$)
- 2° de former un circuit "bouchon" pour la composante 50 Hz du courant de traction ($\lambda 50$ et T 50)
- 3° de dériver les harmoniques d'ordre supérieur via le condensateur T.

Le hacheur est précédé d'un transformateur d'équilibre TR1 - TR2 qui a pour but de limiter les variations de tension aux bornes des thyristors et de répartir ainsi les courants de façon égale dans les deux blocs.

2.

- Le circuit d'extinction est constitué par les blocs 9 à 12, la self d'extinction (S ex) et le condensateur d'extinction (C ex)
- La diode de "roue libre" est formée par les blocs 13 - 16 précédés par des selfs de lissage
- En outre, il est prévu une self de lissage dans chaque groupe de moteurs de traction (SL 1 et SL 2).
- Les transducteurs de mesure TEM 1 et 2 ont pour but d'envoyer une information à la commande électronique du hacheur
- Les moteurs de traction se trouvent branchés en permanence en S - P
- La position "Série" consiste dans le fait que le hacheur ouvre à 50 % ce qui baisse d'autant la tension sur les moteurs de traction.
- Ensuite nous remarquons encore les contacteurs KM 1-2 et KM 3-4 lesquels ne se ferment qu'en traction évitant ainsi que les moteurs puissent fonctionner comme dynamo en débitant dans la diode de déversement (BL 13-16) lors d'une circulation comme véhicule.

Le "lissage" du courant moteur se fait au moyen de 3 selfs : SSL - SLD₁ - SLD₂ ainsi que du bloc de diodes 15-16.

- Enfin remarquons que le moteur-ventilateur du hacheur est branché en parallèle sur une résistance talon placée dans le circuit des moteurs 3-4.

La ventilation de l'armoire à redresseurs est donc proportionnelle au courant de traction.

Une sécurité coupe la traction lorsque le courant moteur descend en dessous d'une certaine valeur (7 A).

En cas d'isolement des moteurs 3-4 la résistance s'incorpore automatiquement dans le circuit des moteurs 1-2.

46.02. Automotrices quadruples.

La décision de construire des automotrices quadruples fut motivée par le souci de limiter le nombre de pantographes à 3 dans un train composé de 12 voitures.

Des phénomènes de résonances s'étaient en effet produits avec des trains de 6 automotrices doubles circulant à grande vitesse.

Depuis lors, des modifications à la suspension des caténaires ont éliminé ce problème.

C 1270 / 46
1983

La conséquence de ce choix entraînait un gain de place par suite de la suppression de deux cabines de conduite. Ceci permettait enfin de prévoir une cabine spacieuse sur toute la largeur de la caisse.

Comme équipement de traction, il fut prévu deux hacheurs à thyristors, semblables à ceux des AM doubles mais les deux rupteurs furent remplacés par un DUR.

Ce disjoncteur servira en même temps pour la protection générale des auxiliaires haute tension.

46.03. Schéma de traction (AM.Q)

Sur le schéma de traction (fig. 46.02) nous remarquons les deux hacheurs formant un circuit de traction indépendant pour chaque groupe de 4 moteurs de traction.

Les blocs de thyristors, selfs et filtres ne figurent pas en détail au schéma, seule la résistance de limitation du filtre d'entrée y est représentée ainsi que les contacteurs K 15-1 et 2.

Le rôle de ces contacteurs est connu.

Les tambours d'inversion IB 35 sont à commande électropneumatique comme sur les automotrices doubles à thyristors.

L'isolement des moteurs de traction s'effectue ici au moyen des appareils IB 35. Ceux-ci peuvent être commandés à distance à partir de la cabine de conduite la plus proche (pour autant que l'on dispose de basse tension et de pression d'air suffisante).

L'alimentation des électrovalves des commutateurs IB 35 s'effectue via l'interrupteur de commande des pantographes. La raison en est que ces appareils ne peuvent fonctionner sous charge.

Lors d'un déclenchement du DUR par relais différentiel, par exemple, l'on pourra réenclencher le DUR après réarmement. Seulement si le défaut est permanent l'on pourra isoler le hacheur avec ses 4 moteurs de traction sans quitter la cabine de conduite.

Il suffira d'abaisser un instant le pantographe. Un interlock du relais de protection empêchera l'enclenchement des commutateurs IB 35.

L'isolement du groupe de moteurs en défaut pourra s'effectuer ultérieurement dans la cabine de conduite concernée en tournant un interrupteur de sélection qui permet ainsi de continuer avec 75 % de traction au lieu de 50 %.

4.

46.4. Commande électronique du hacheur (fig. 46.03 et 46.04).

Les circuits électroniques sont réunis dans cinq boîtiers qui comprennent différents oscillateurs, des circuits intégrés et des amplificateurs d'impulsion.

1° Le boîtier (1813) servant pour la stabilisation de l'alimentation + et - 12 volts

2° Le boîtier (1814) assure la conversion de courant de 24 à 15 volts pour la mesure du courant de traction.

Les tensions + et - 15 volts alimentent tous les circuits intégrés de la régulation (amplificateurs opérationnels et circuits logiques intégrés).

Ce boîtier comprend également l'oscillateur 800 Hz servant à alimenter les transducteurs qui servent à mesurer le courant dans les branches des moteurs ainsi que dans le moteur-ventilateur du hacheur.

3° Le boîtier (1815) alimente les circuits de commande du hacheur.

4° Le boîtier (1817) amplifie les impulsions pour l'allumage des thyristors d'extinction.

5° Enfin le boîtier (1818) a pour fonction de détecter les thyristors avariés.

Le signal de mesure de courant I_m est comparé avec le courant consigne I_c .

Le rapport I_m/I_c déterminera l'instant d'allumage du thyristor d'extinction (rapport cyclique). Si par exemple I_m est trop grand, l'allumage de Th_2 se fera plus tôt.

Le signal I_m est formé par la somme des signaux des transducteurs des deux groupes moteurs $I_m = I_1 + I_2$.

Le relais à maxima de courant (électronique) fera déclencher le DUR lorsque I_1 ou I_2 dépasse 300 A.

La consigne courant I_c est déterminée par plusieurs facteurs :

- 1) $I_c < 380$ A avec 4 moteurs en service
- 2) $I_c < 190$ A avec 2 moteurs en service
- 3) $I_c < 100$ A en cas de pivotage.

Le rapport cyclique du hacheur n'est pas déterminé uniquement par le rapport I_m/I_c mais également par la position du manipulateur :

- 1) manoeuvre = 15 %
- 2) série = 50 %
- 3) série - parallèle = 95 %

Sur position 0 bien entendu tous les thyristors sont bloqués.

46.5. Commande des thyristors principaux. (fig. 46.04)

L'oscillateur 200 Hz (31) fonctionne aussitôt que l'équipement électronique est mis sous tension. Il a pour but d'assurer la synchronisation des différentes régulations.

Dès que l'on commande la traction, le générateur d'impulsion (32) envoie des impulsions de courte durée et de faible puissance.

Celles-ci sont introduites dans le tiroir 1817 a (34) pour être amplifiées de manière à pouvoir allumer les thyristors principaux.

L'allumage se fait par l'intermédiaire de 8 transformateurs d'impulsion dont le secondaire est relié à la grille des thyristors.

L'impulsion finale qui aboutit sur la grille a une forme très particulière qui permet un allumage rapide et infailible (fig. 46.05).

46.6. Commande des thyristors d'extinction Th 2.

L'élément variable du système est l'instant d'allumage du thyristor d'extinction Th 2.

Le tiroir 1815 reçoit les impulsions de l'oscillateur et est synchronisé avec celles-ci.

Les impulsions qui sortent de ce tiroir ont la même forme en dents de scie ; cependant ils sont décalés dans le temps.

Le signal continu du régulateur va par exemple diminuer lorsque le rapport I_m/I_c augmente ce qui aura pour conséquence de faire avancer les impulsions dans le temps.

Le hacheur ouvrira moins.

C'est l'interférence de la droite inclinée de la dent de scie avec l'horizontale représentant le signal continu qui déterminera donc l'instant d'allumage du Th 2. (fig. 46.05).

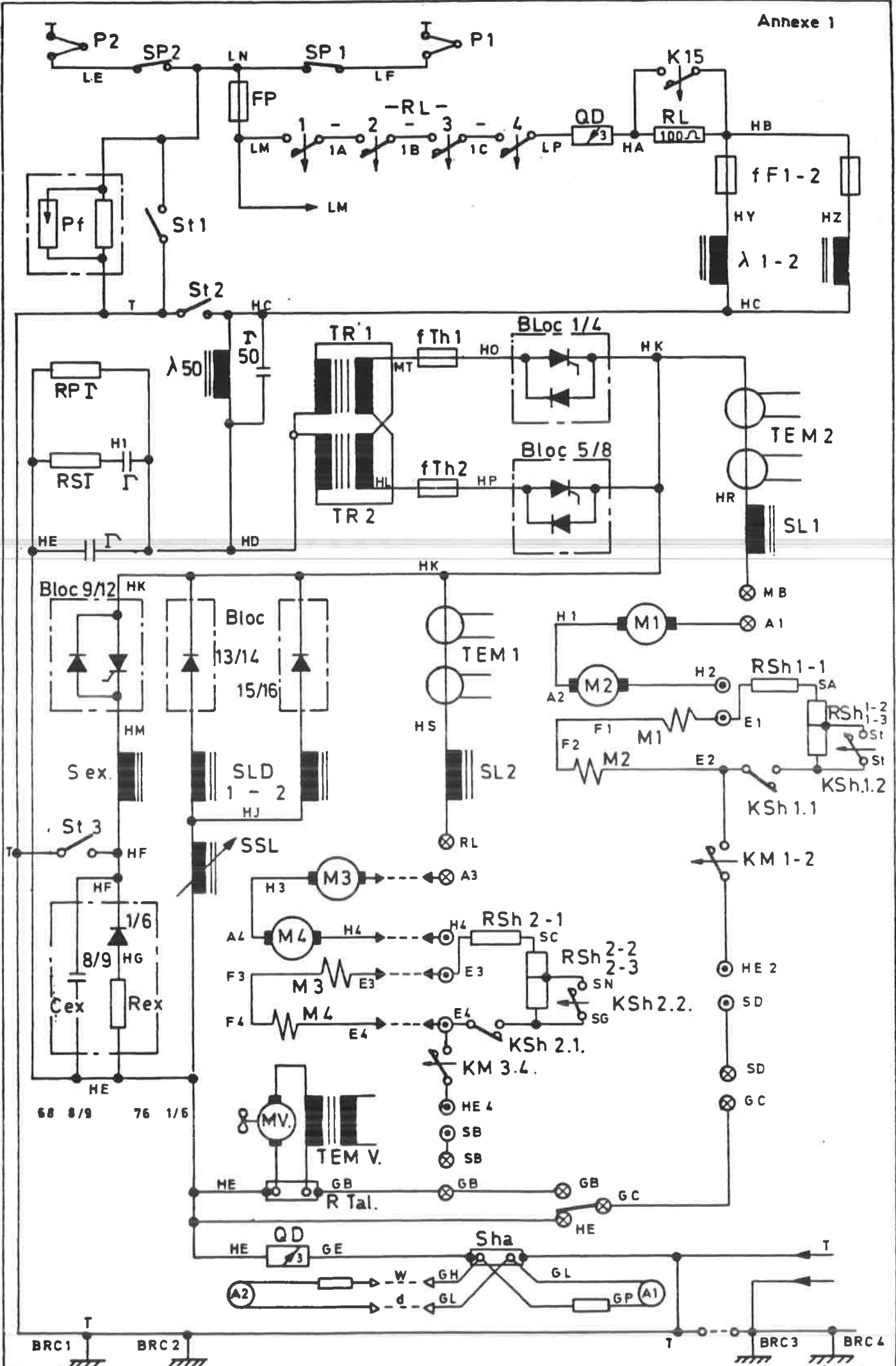
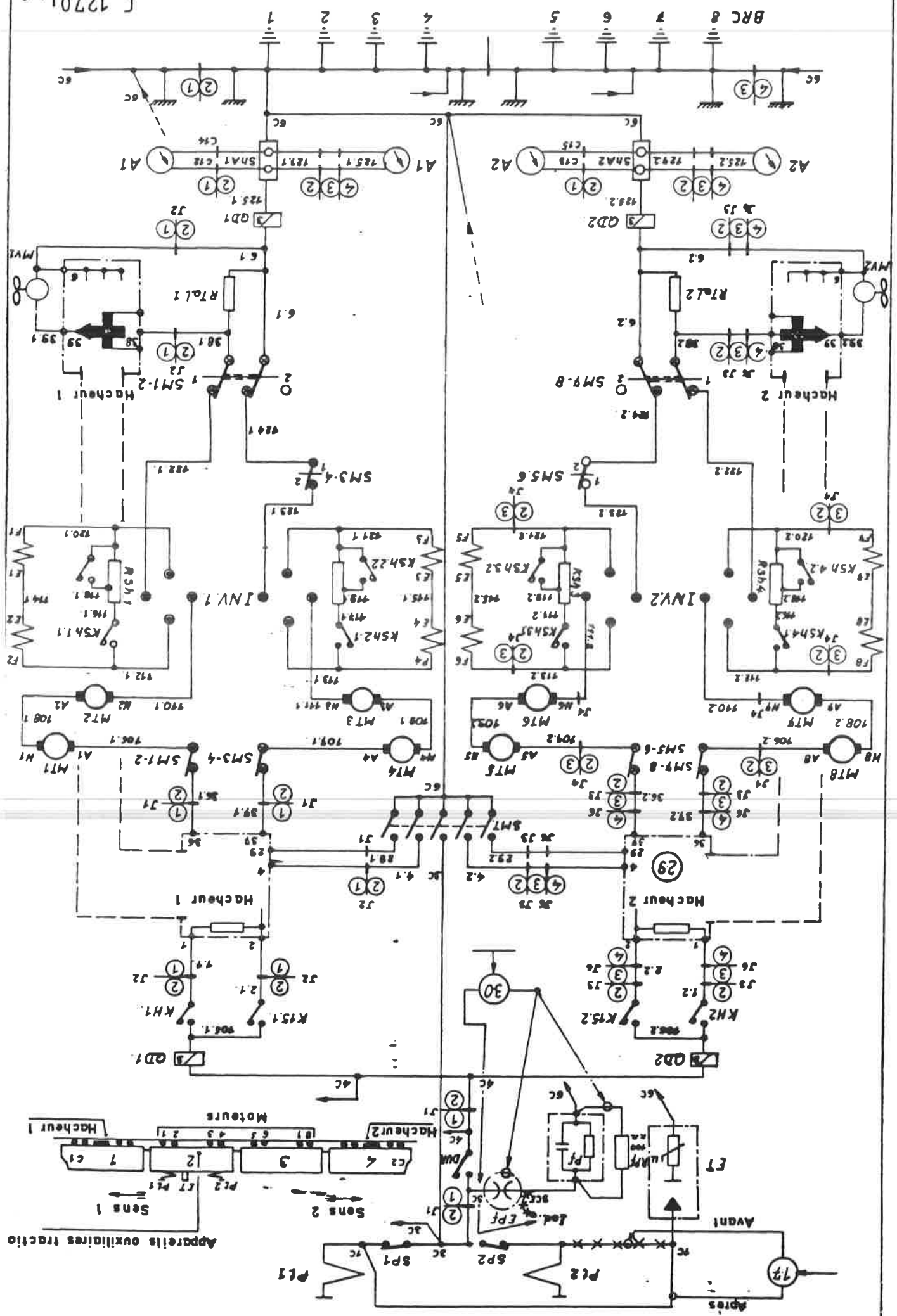


Fig. 46.01 .

Fig. 4.6.02



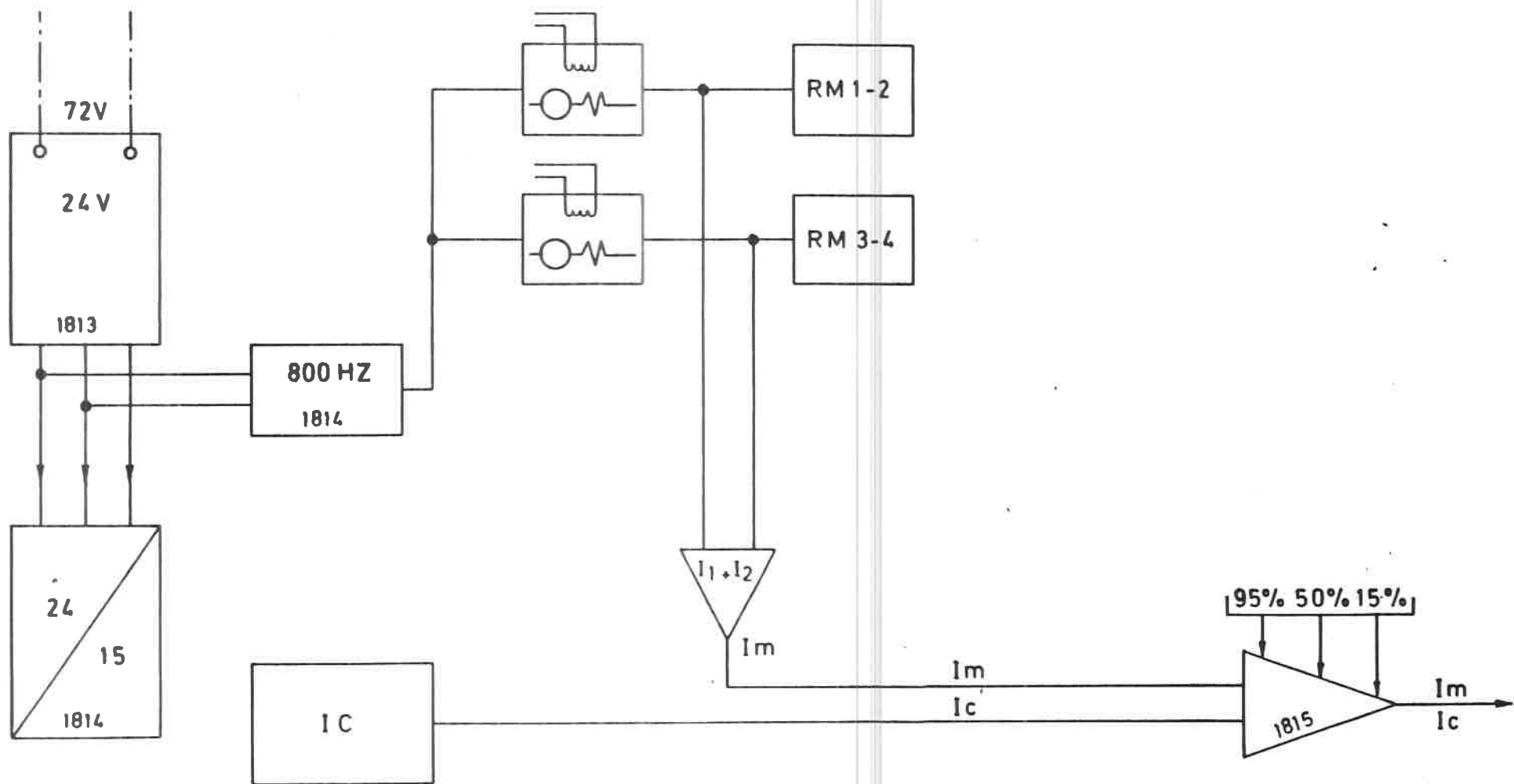


Fig. 46.03

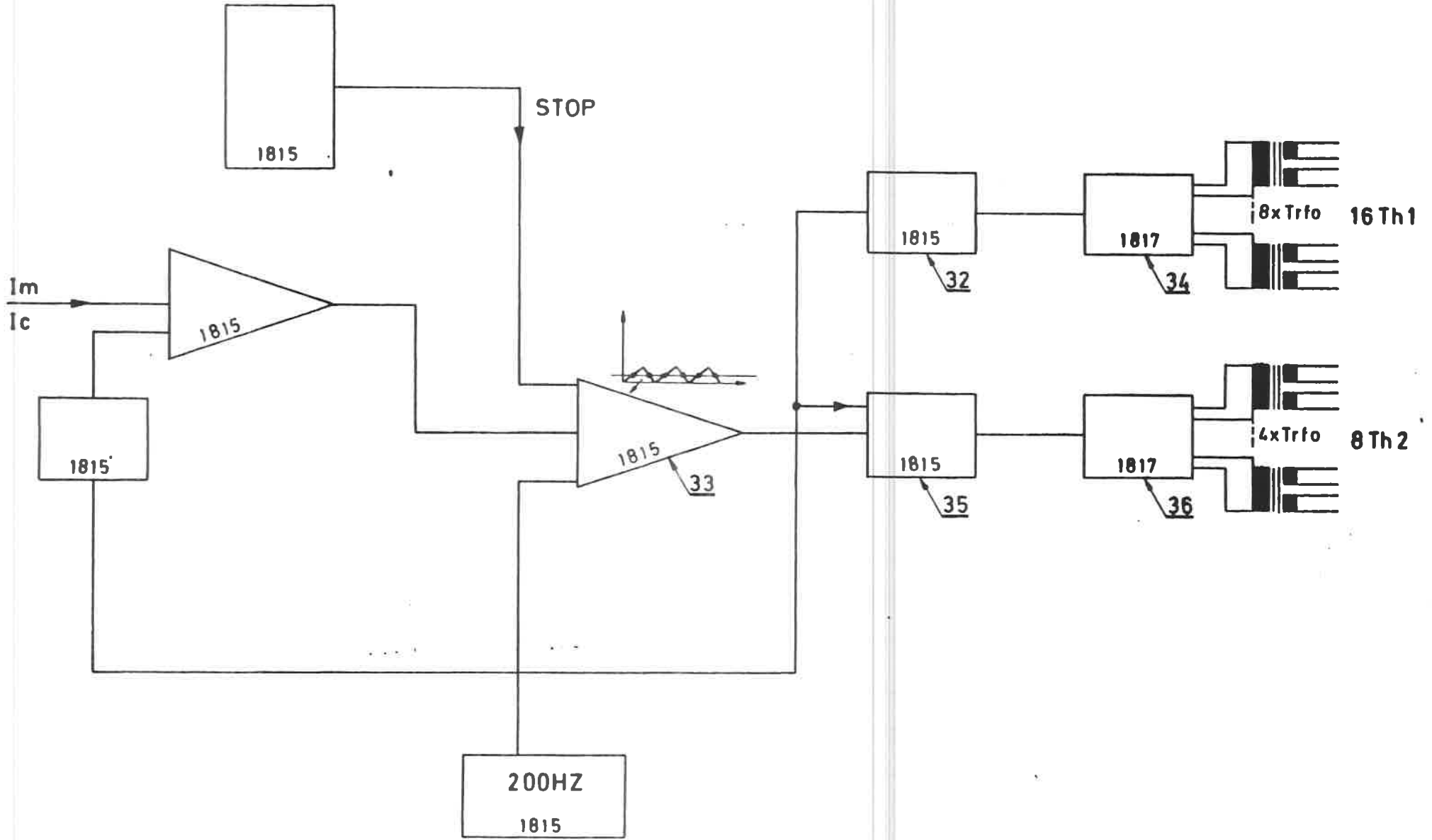


Fig. 46.04

C 1270 | 46
1983

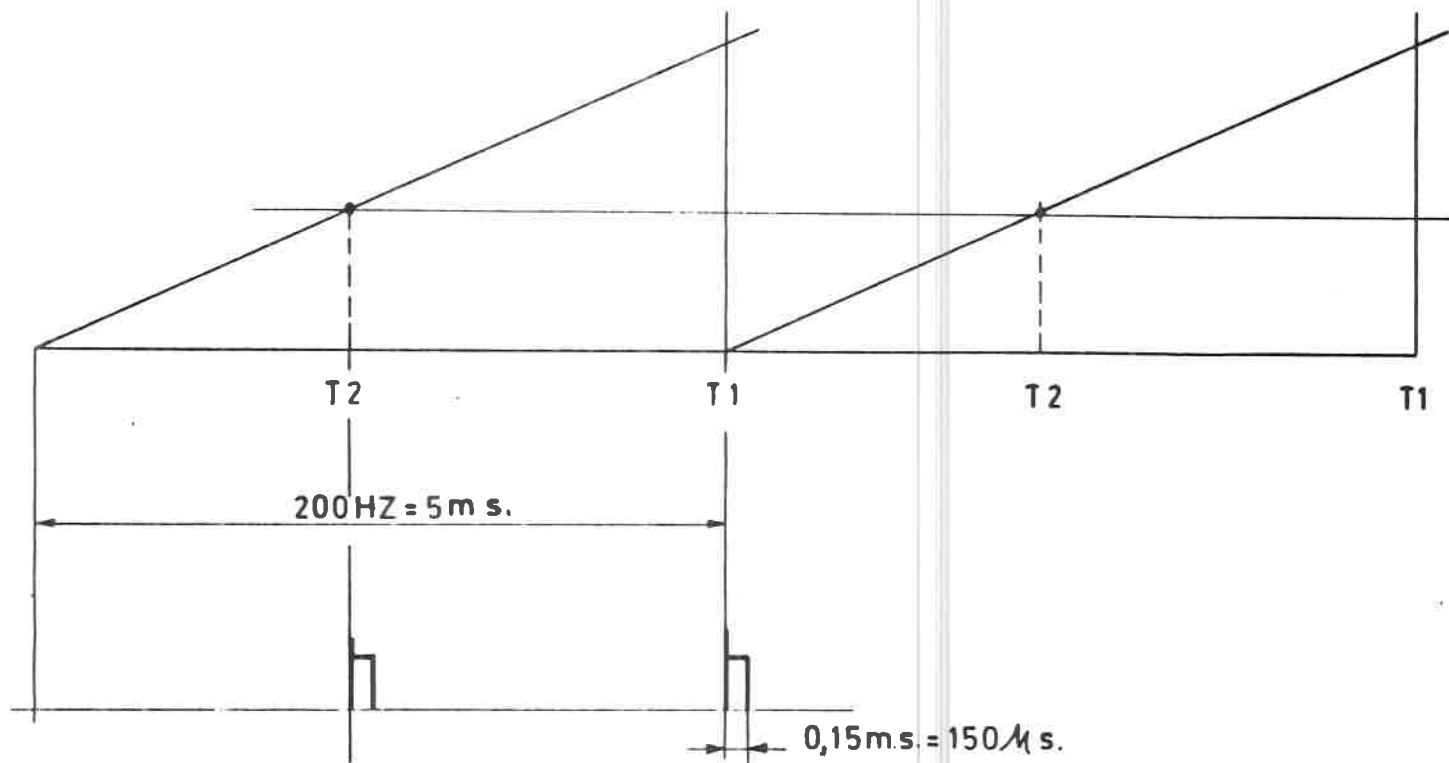


Fig. 46.05

COURS 1270

AUTOMOTRICES TYPE 80

47. 01 Généralités

Le parc des automotrices doubles à JH comprenait 361 unités lorsqu'en 1970 l'on fît acquisition d'une première série d'automotrices à thyristors (à partir du n° 665).

Nous disposons actuellement de 148 AM doubles à thyristors et 44 AM quadruples.

Toutes ces automotrices devaient être accouplables entre-elles pour des raisons évidentes d'exploitation.

Les inconvénients de l'attelage Henricot un peu désuet, perdurent donc.

Une première tentative de rendre cet attelage entièrement automatique (conduites d'air + électriques) échoua sur les AM 800 (quadruples).

Seul témoin de cet essai : la forme bizarre de la tête de l'attelage.

Il devenait évident qu'une automotrice moderne, à attelage automatique intégral ne pourrait plus être accouplable au matériel de l'ancienne génération.

D'où le nom de "Nouvelle génération" ou encore "Break" que l'on donne à ces automotrices qui forment en fait, une coupure avec les AM anciennes.

Le choix tomba sur une AM double ayant une puissance de 1 240 KW (au lieu de 800).

L'augmentation de la puissance a pour but

1° d'augmenter la vitesse de pointe jusqu'à 160 km/h;

2° d'augmenter l'accélération au démarrage de façon à obtenir un gain de temps appréciable non seulement pour les trains directs mais également pour les omnibus.

2.

Remarquons que pour la première fois, le freinage par récupération est appliqué en combinaison avec le frein pneumatique, et ce sans intervention spéciale du conducteur. (grâce au thyristor).

A cette occasion, la table de bord fut revue complètement et adaptée aux exigences ergonomiques nouvelles.

Ces automotrices sont en outre pourvues des dernières nouveautés de la technique moderne :

- suspension pneumatique;
- effort de traction adapté au poids réel afin d'utiliser au mieux l'adhérence;
- convertisseurs statiques pour les services auxiliaires à 110 V c.c., non seulement pour la charge batterie, mais également pour le compresseur.

Les moteurs H.T. sont donc définitivement abandonnés.

La fig. 47.01 donne un aperçu des principales caractéristiques de l'automotrice. Nous remarquons que les 4 moteurs de traction se trouvent sous une même voiture.

Nous avons donc des bogies à 2 moteurs de traction (type Wegmann).

4702 Schéma de traction (fig. 47.02)

Dans le schéma de traction, nous distinguons l'équipement à thyristors.

Lorsqu'on lève le pantographe, le filtre d'entrée L1 - C1 (à G6) est chargé à travers une résistance de limitation WFR, laquelle sera mise hors circuit dès que le DUR se ferme (ouverture de KIFE).

Le circuit bouchon 50 Hz est formé par L3 et C50.

Les deux hacheurs des deux groupes de moteurs de traction sont asservis par des contacteurs électropneumatiques K1.1 et K1.2 et protégés par des relais différentiels QD1 et QD2.

Font partie des hacheurs, les selfs de lissage des moteurs de traction (L2).

En traction, les 2 inducteurs sont placés en série avec les moteurs de traction et ce au moyen de l'inverseur (IRWI).

En récupération, ils sont d'abord alimentés en courant basse tension avant d'être placés dans le circuit de traction.

Remarquons les résistances de charge prévues dans le circuit afin de limiter la tension aux bornes des moteurs tandis que le hacheur règle le débit de courant fourni à la caténaire.

Enfin, nous remarquons les contacteurs K2 et K4 (1 et 2) qui isolent complètement les moteurs lors de la marche en dérive.

47.03 Convertisseur statique

Le convertisseur statique a pour but de transformer les 3 KV en basse tension (courant continu) afin d'alimenter les différents services auxiliaires.

- a) 110 V pour la charge batterie, moteur - compresseur, moteur - ventilateur des hacheurs, et d'autres auxiliaires de la traction et de l'éclairage.
- b) 30 V c.c. pour la prémagnétisation des inducteurs des moteurs de traction afin de préparer la récupération.

Le convertisseur comprend en outre :

- un petit convertisseur 110 V = / 220 V \sim pour les ventilateurs de plate-formes et des WC;
- un convertisseur 110 V = / 24 V = pour la commande des portes et de la radio;
- un convertisseur 110 V = / 110 V \sim pour sa propre ventilation;
- les convertisseurs 110 V = / 12 V = pour les circuits de commande des hacheurs ainsi que pour les phares.

Schéma (fig. 47.03)

Le convertisseur peut être considéré en principe comme un hacheur à fréquence variable et temps de conduction constant. Il débite du courant dans le primaire d'un transformateur qui a aussi pour rôle, d'isoler la H.T. de la B.T.

La tension de sortie est réglée en agissant sur la période de fonctionnement "T1" (déterminée elle-même par la fréquence de commande du thyristor Th.).

L'extinction s'effectue à temps constant qui correspond à la fréquence d'oscillation du circuit Le Ce.

4.

Le convertisseur a son propre filtre d'entrée L1-C1 et un circuit bouchon Ca - Ra (pour amortir certaines résonnances).

Les 3 enroulements secondaires du transfo possèdent chacun leur self de lissage et diode de roue libre.

47.04 Fonctionnement du convertisseur

Rappelons que dans un hacheur de traction, la fréquence de hachage est maintenue rigoureusement constante. (par ex. 230 Hz)

La période T est déterminée par l'allumage du thyristor principal. (fig. 47.04-a)

Suivant la charge, le thyristor d'extinction s'allumera plus ou moins tardivement à l'instant T_e .

Le rapport cyclique est donc $\frac{T_e}{T}$ (et varie de 0,1 à 0,9).

Notre convertisseur n'utilise pas de thyristor d'extinction. Le circuit d'extinction est raccordé directement en parallèle sur le thyristor principal.

Le rapport cyclique serait donc constant.

Il s'en suivrait que la tension au secondaire du transfo varierait comme la tension en ligne.

Afin de maintenir constante (après redressement) la tension de 110 V, l'on fera varier le rapport cyclique $\frac{T_e}{T}$ en agissant sur la période T.

Pour 3800 V, la fréquence de hachage sera 240 Hz ($T \gg$).

Pour 1500 V, celle-ci descendra à 1200 Hz ($T \ll$).

Quant au fonctionnement propre du convertisseur, voyons le schéma simplifié (fig. 47.05) afin de déterminer les différentes formes d'ondulation des courants I_{Th} , I_D , I_{LD} et I_{Le} en fonction du temps, donc sur une période T : (fig. 47.06).

Lors de l'allumage de Th , nous voyons apparaître un courant I_{Th} qui se divise en deux composantes :

- I_{LD} , le courant primaire du transfo;
- I_{Le} , l'ondulation du circuit d'extinction $Le - Ce$ (composante positive).

A l'instant t_0 où I_{Le} change de sens, le condensateur se trouve à son potentiel maximum (6000 V).

Le thyristor Th bloque et en t_1 , le condensateur se décharge à travers la diode D1 (ID1) tout en reprenant l'alimentation du primaire du transfo à travers la diode D2 (de t_2 à t_3).

Une fois déchargé, l'oscillation s'arrête car la diode D2 empêche le courant de s'inverser.

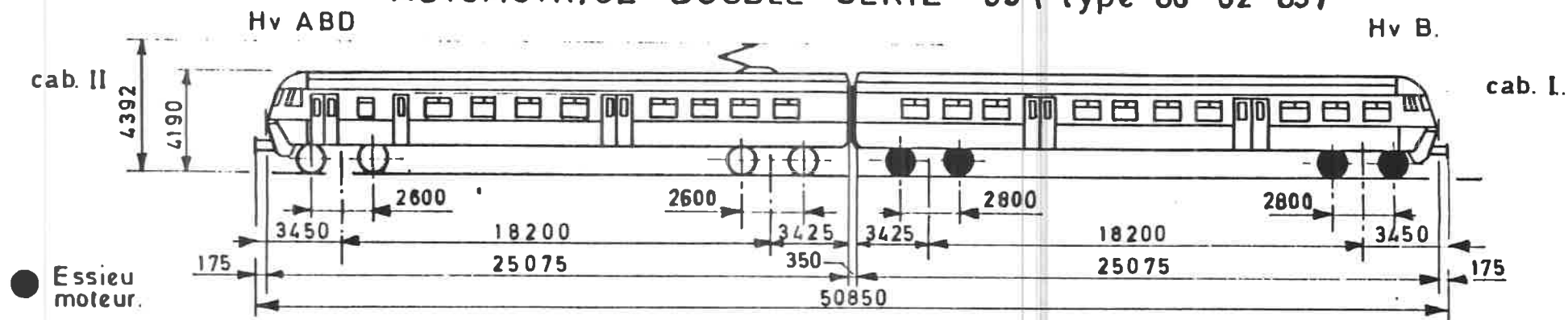
Au moment t_3 , ILD devient nul.

Côté secondaire, les impulsions de courant sont redressées au moyen d'une diode et d'une self de lissage.

Pour la charge-batterie, l'on utilise un thyristor afin de permettre le réglage précis de la tension.

C'est l'unité de commande A4 (fig. 47.03) qui intervient en fonction de la tension caténaire lorsqu'elle n'est que partiellement compensée par le réglage du hacheur par l'unité A3.

AUTOMOTRICE DOUBLE SERIE 03 (type 80-82-83)



Effectif	serie (03)	70 x 2
Type		double
Numérotation série (03)	80	301/335
	82	336/370
	84	371/440
Masse à vide (pesé)	tonnes	
Masse en charge	tonnes	130
Puissance unihoraire tot.	kW.	
Puissance unihor. spécif.	kW/t.	
Vitesse maximum	km/h.	160
Accélération max. en palier entre 0 et 50 km/h. (roue mi-usées)	cm/sec ²	75
Tare par voyageur, masse	kg.	
Diamètre des roues moteur	mm.	1010
Diamètre des roues	mm.	950
Rayon min. de route	m.	125

Constructeurs : Constructions Ferroviaires et métalliques.

	1 ^{er} cl.	2 ^e cl.	Tot.
Places assis	32	139	171
Places debout	9	45	54
TOTAL	41	184	225

Freinage : frein automatique à cde électro-pneumatique, combiné à un freinage par récupération des moteurs de traction.

Robinet du mécanicien FVE 76
Distributeur Hv ABD : UTB 116
Distributeur Hv B : UTB 115

Chauffage : par radiateurs électriques à air pulsé

Equipement de traction :
Constructeur : ACEC Charleroi.

Type de commande :
2 hacheurs à thyristors, cde électronique.

Moteurs de traction :
Nombre 4
Puissance unihoraire kW
Puissance continue 310 kW
Moteur autoventilé.

Suspension : complètement suspendu sur 3 points.

Transmission : élastique, type Secheron de BBC. Le carter est sur roulements à rouleaux.

Patiers de l'arbre du moteur de traction : roulements à billes et à rouleaux.

Rapport d'engrenages :
3,172 (92/29)

Appareillages auxilliaires

1. Groupe moteur - compresseur.
- Moteur Avk GMR 180. 5B. 7,32 kW
- Compresseur 241 VB, cylindres à simple effet, 2 étages.
Pression de refoulement 9 bar.
Débit : 770 l./min.

2. Convertisseur statique 36 kW
Entrée : 3000 V.
Sorties : 110 V. = p^r batterie.
220 V. ~ p^r aspirateurs d'air.

3. Batterie d'accumulateurs au Cadmium - Nickel.
75 éléments, 140 Ah, 110 V.

FIG. 47. 01.

Cab II

Cab I

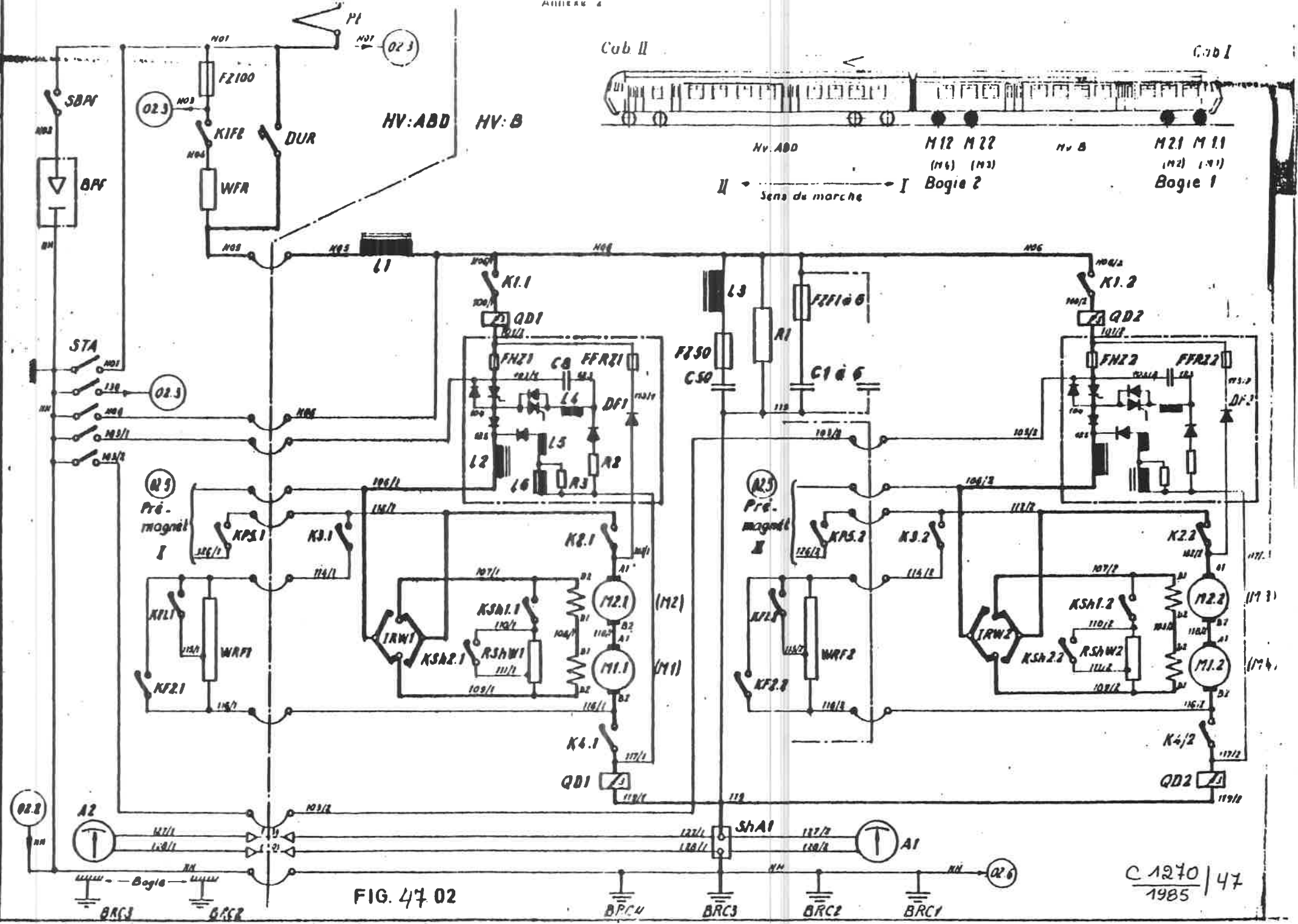
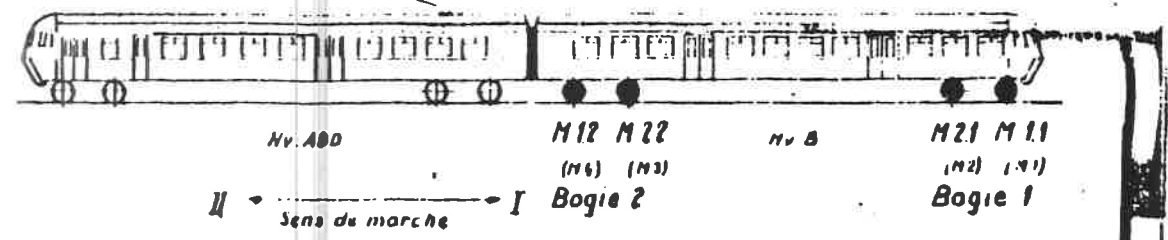


FIG. 47 02

C 1270 / 47
1985

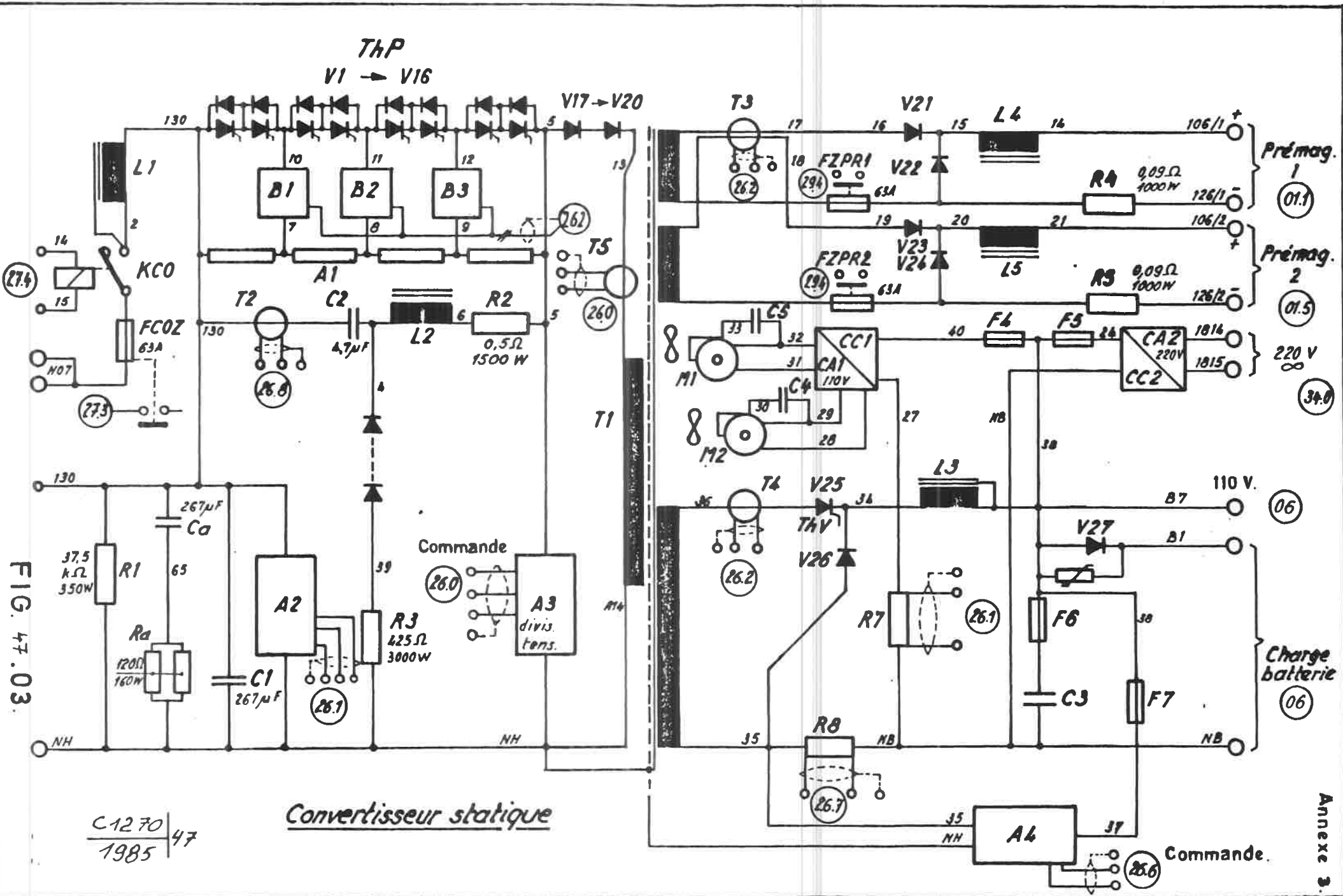


FIG. 47.03

C-12 70 / 1985 | 47

Convertisseur statique

Annexe 3.

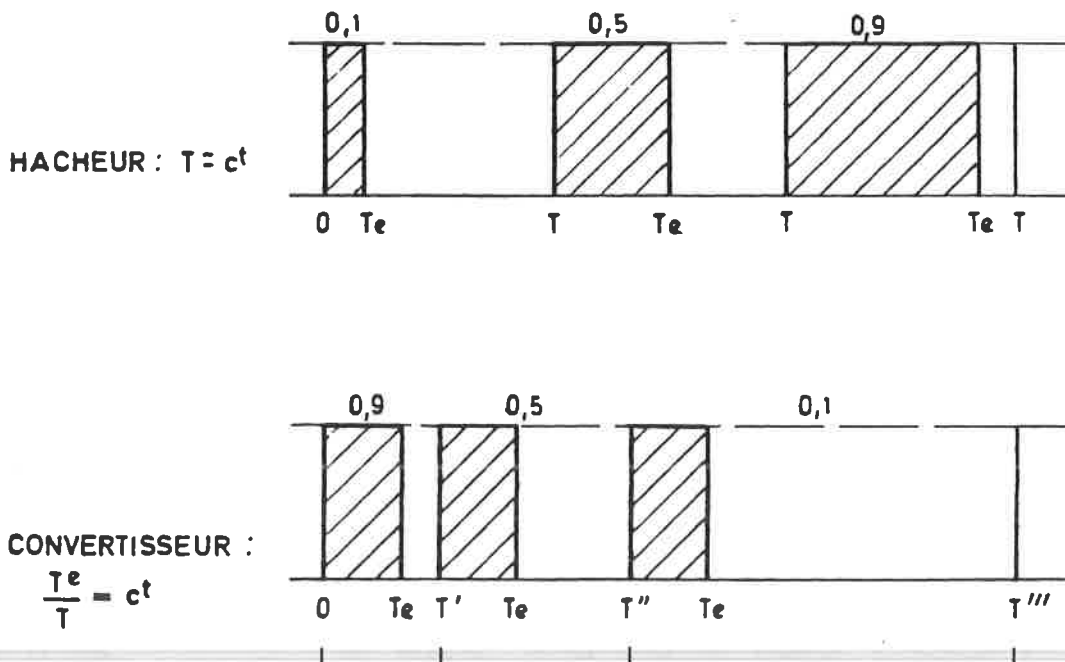


FIG. 47 04

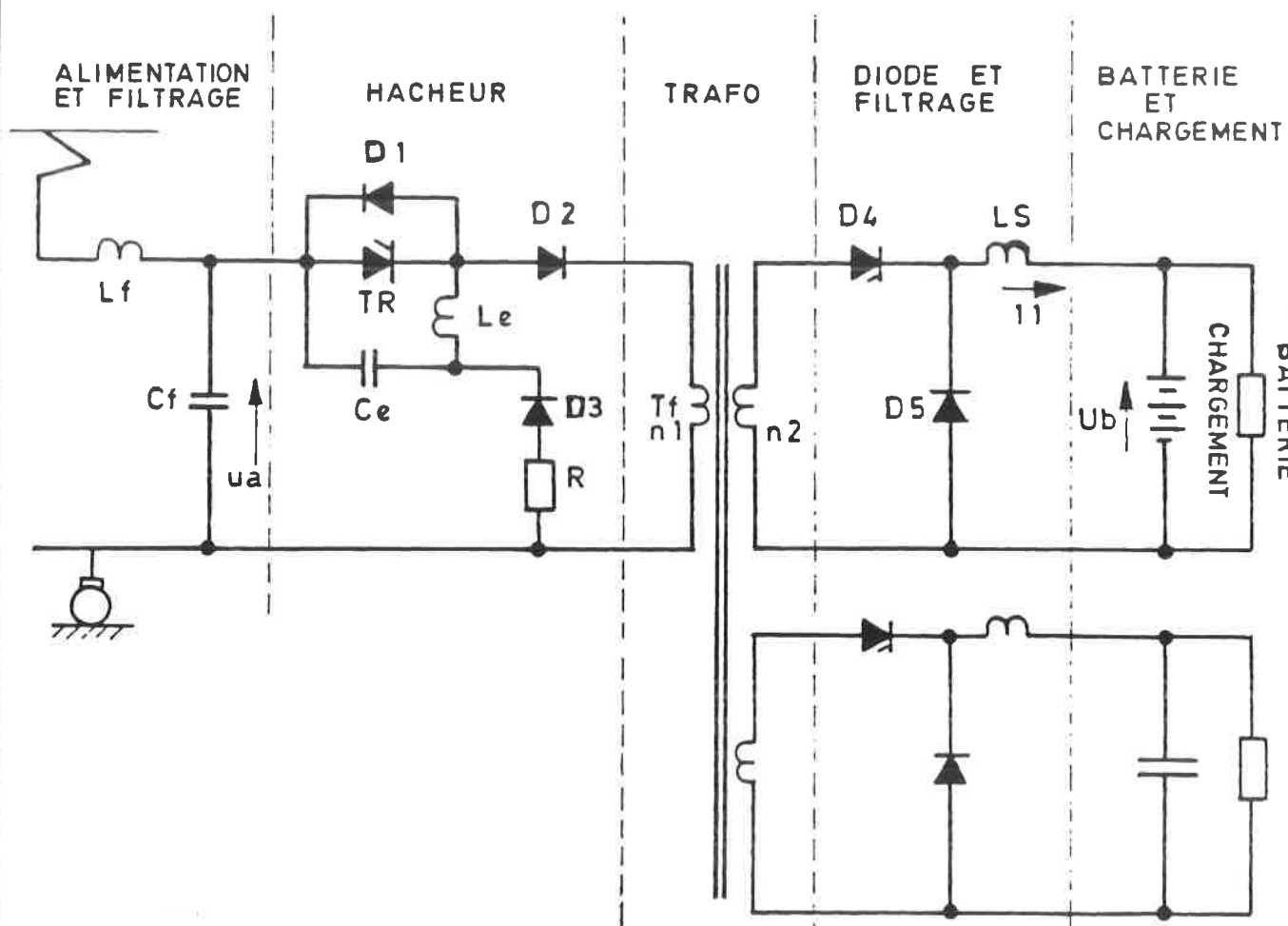


FIG. 47 05

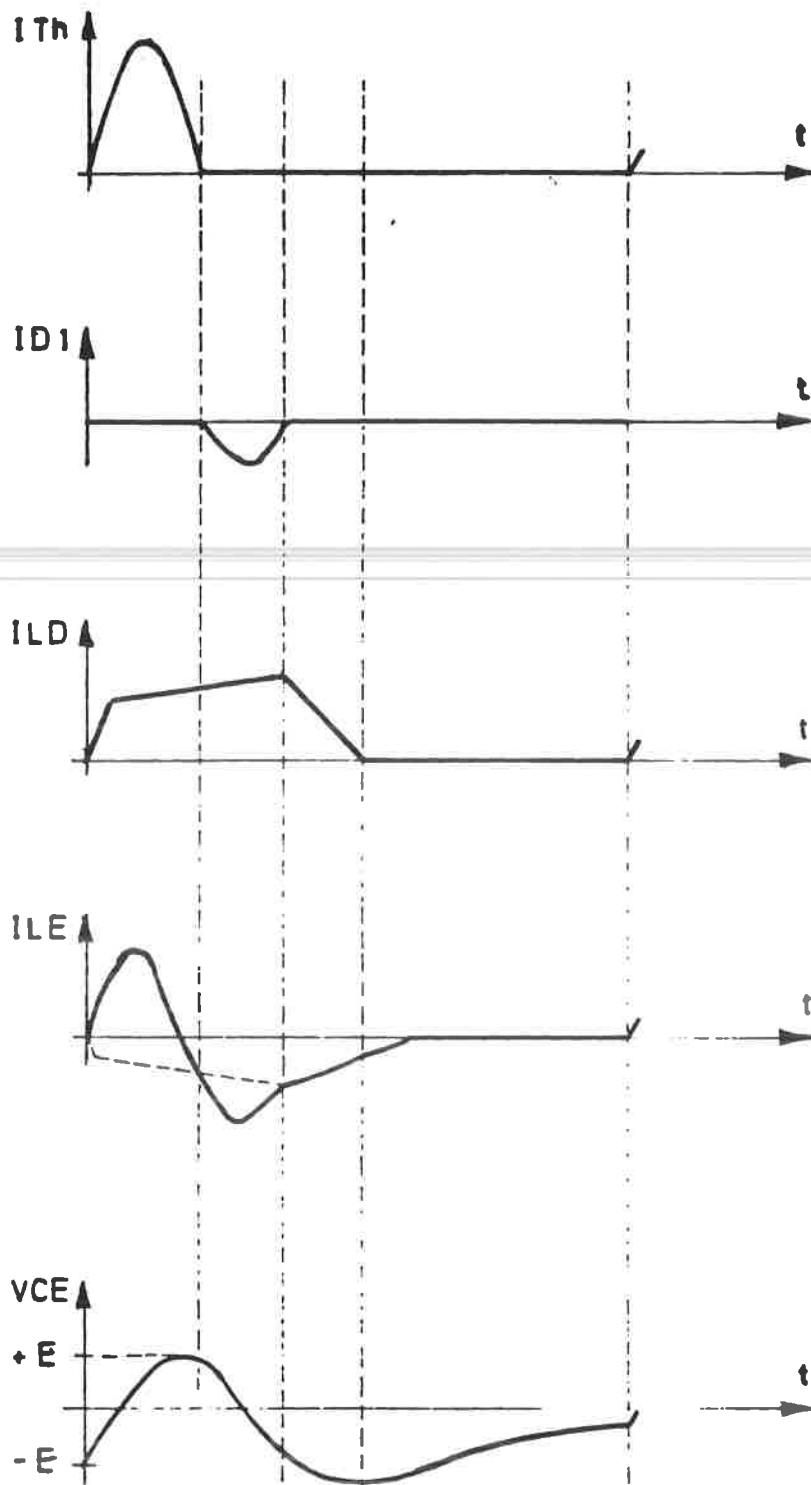


FIG. 47. 06.

LOCOMOTIVES POLY COURANT48.01. Origine.

L'extension de la traction électrique a cr   de multiples passages frontaliers vers des réseaux électrifiés à des tensions différentes (NS : 1,5 kV - SNCF : 25 kV 50 Hz - DB : 15 kV 162/3 Hz), afin d'éviter les pertes de temps provoquées par l'échange de locomotives à la frontière les trains internationaux sont remorqués par des locomotives polycourant.

Le terme général "polytension" devrait s'appliquer en principe pour des engins capables de circuler sur des réseaux de tensions différentes mais de même nature du courant comme c'est le cas pour les engins 3 kV - 1,5 kV CC.(NS).

Un engin qui doit fonctionner, tant sur C.C. que sur C.A. serait appelé "engin polymorphe".

Nous nous tiendrons au terme usuel "engin polycourant".

48.02. Engins Bicourant.

Lorsque des engins (locomotives ou automotrices) doivent circuler à pleine puissance sur 1,5 kV comme sur 3 kV, le schéma de traction est relativement simple (fig. 48.01).

Les 4 moteurs de traction sont branchés en série durant la phase de démarrage en 3 kV, ensuite en série-parallèle.

Sur le réseau 1,5 kV l'on pourrait procéder de la même manière, mais en fin de démarrage les moteurs seront disposés en parallèle pour obtenir la pleine puissance (moteurs 1 500 volts).

Vu que ces engins bicourant sont principalement destinés pour des trains directs (internationaux) l'on préfère, pour simplifier le schéma, abandonner en 1,5 kV la position série pour les 4 moteurs.

48.03. Engins Tricourant.

Ces engins peuvent circuler à pleine puissance tant sur un réseau à courant alternatif que sur 3 kV et 1,5 kV C.C.

Dans tous les cas, les moteurs de traction seront alimentés à courant continu :

- en 3 kV, directement en Série ou S-P avec résistances de démarrage
- en 1,5 kV en S-P puis en Parallèle
- en alternatif, les moteurs seront encore alimentés en 1,5 kV à travers un groupe transfo-redresseur.

Sur les locomotives monocourant sur réseau alternatif, l'on utilise toujours un transformateur réglable (soit côté primaire, soit côté secondaire) pour assurer un démarrage sans perte d'énergie.

Dans le cas des locomotives polycourant ceci reviendrait à monter deux équipements indépendants avec seuls les moteurs de traction en commun (fig 48 .02).

Cette solution serait non seulement onéreuse mais aussi trop lourde.

Comme nos locomotives polycourant assurent en principe des trains directs, la solution la plus simple consiste à utiliser les résistances de démarrage aussi bien en C.A. qu'en C.C.

Le transformateur aura donc un rapport fixe comme représenté à la fig 48 .03.

Les moteurs seront donc alimentés en 1,5 kV exactement comme sur le réseau NS.

Sur les locomotives S. 15, la position Série n'était pas prévue à l'origine ; l'on démarrait donc en S-P (groupe 1-2 et 3-4 en Série).

Après quelques années, il s'est avéré que les résistances de démarrage étaient par trop sollicitées sur les parcours belges lorsque ces signaux obligent à de nombreux arrêts.

Pour remédier à cet inconvénient, le JH fut modifié lors du passage des locomotives en AC, de façon à permettre le démarrage avec les 4 moteurs de traction en Série.

48.04. Engins Quadricourant.

Les locomotives Série 15 sont prévues pour 3 réseaux : 1,5 kV, 3 kV et 25 kV, 50 Hz.

Pour pouvoir circuler sur le réseau DB, une 4e tension est nécessaire ; 15 kV, 16 2/3 Hz.

A première vue, il suffirait de prévoir une prise supplémentaire sur le secondaire du transformateur comme l'indique la figure 48.04, ceci afin de satisfaire à la condition :

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \text{ par ex. } \frac{25000}{1800} = \frac{420}{32} \text{ et } \frac{15000}{1800} = \frac{420}{50}$$

Un commutateur 15 - 25 kV devra donc prévoir pour la tension la plus élevée au primaire un plus petit nombre de spires au secondaire de façon à obtenir toujours environ 1800 V (à vide) aux bornes du redresseur.

Le transformateur devra en outre répondre à d'autres critères afin de produire une f.e.m. suffisante à la fréquence de 16 2/3 Hz.

Considérons (fig. 48.05) un transformateur avec des enroulements N_1 et N_2 .

Si l'on applique une tension E_1 au primaire avec une fréquence f_1 nous aurons

$$I_1 = \frac{E_1}{Z_1} = \frac{E_1}{\sqrt{r^2 + \omega^2 L^2}}$$

où $\omega = 2\pi f_1$ et L le coefficient d'induction.

Si l'on néglige r :

$$I_1 = \frac{E_1}{\omega L} = \frac{E_1}{2\pi f_1 L}$$

Le courant à vide est donc inversement proportionnel à la fréquence.

Tant qu'il n'y a pas de saturation, le flux sera proportionnel au courant :

$$\phi = \frac{M}{R} = \frac{N_1 I_1}{R} = \frac{N_1 E_1}{R \omega L}$$

$$(R = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{l}{S})$$

Comme le courant 15 kV est, pour une même puissance, plus élevé qu'en 25 kV le transfo devra satisfaire à 2 conditions supplémentaires :

- 1° Une section de fer plus importante (noyau) pour éviter la saturation à faible fréquence.
- 2° Une section de cuivre plus importante pour les enroulements.

48.05. Caractéristiques des locomotives S 15-16.

La comparaison des fiches caractéristiques des locomotives 15 et 16 (fig. 48.06 et 07) révèle que les locomotives S 16 ont un effort maximum à la jante plus grand pour une même puissance nominale que les S 15 (19,6 kN au lieu de 17).

C'est la conséquence d'un poids adhérent plus grand ainsi que d'un plus long rapport d'engrenage.

Ces caractéristiques permettent la remorque de plus fortes charges sur la rampe de Quévy.

Comme le transformateur des locomotives série 15 s'est avéré le maillon le plus faible il fut renforcé légèrement sur les locomotives série 16 de façon à ce que son échauffement reste en dessous des limites lorsqu'il développe sa pleine puissance.

Les armoires de redresseurs proviennent de deux fournisseurs différents afin d'étaler les risques.

La ventilation des armoires s'effectue sur les hle S 15 au moyen d'un ventilateur 400 V, 50 Hz, source de courant fournie par un enroulement spécial du transfo.

Sur les locomotives Série 16 qui doivent fonctionner sur deux fréquences différentes, cette solution n'était pas possible.

On y assure la ventilation des armoires par le même groupe moteur-ventilateur des moteurs de traction.

48.06. Caractéristiques des locomotives S. 18.

Lors de l'extension des services de traction sur la ligne de Paris (1970), se posait le problème de compléter le parc des 5 locomotives Série 15 (les S. 16 étant en premier lieu destinées à l'axe Ostende-Cologne).

La technique des thyristors n'étant pas encore entrée dans le stade de fiabilité, pour les locomotives, il fut décidé à l'achat de 6 locomotives Alstom, identiques aux types 40 000 de la SNCF qui en utilise un grand nombre.

La locomotive Série 18 est une machine très puissante : 6000 ch (4 450 kW) avec une masse de 113 t. C'est donc nécessairement une type C.C.

Ce poids relativement faible pour une C.C a été obtenu par l'application de la technique des "monomoteurs".

Un seul moteur de 2225 kW (puissance unipolaire) pèse moins que 3 moteurs de 741,6 kW.

En prévision de l'augmentation de la vitesse sur la ligne Bruxelles-Paris, la vitesse maxima a été définie à 180 km/h par l'application d'un rapport d'engrenage peu développé (donc très long) 1 : 1,6.

Par conséquent, l'effort de traction est relativement faible eu égard au poids adhérent.

C'est la raison pourquoi les locomotives 40 000 SNCF furent munies d'un double rapport d'engrenage qui permet la remorque de trains de marchandises à 100 km/h maximum et la remorque de trains de voyageurs à 200 km/h maximum.

La locomotive S 18 se distingue encore des autres locomotives polycourant par le fait qu'elle n'a qu'un seul pont redresseur pour les deux moteurs, ce qui témoigne d'une grande fiabilité.

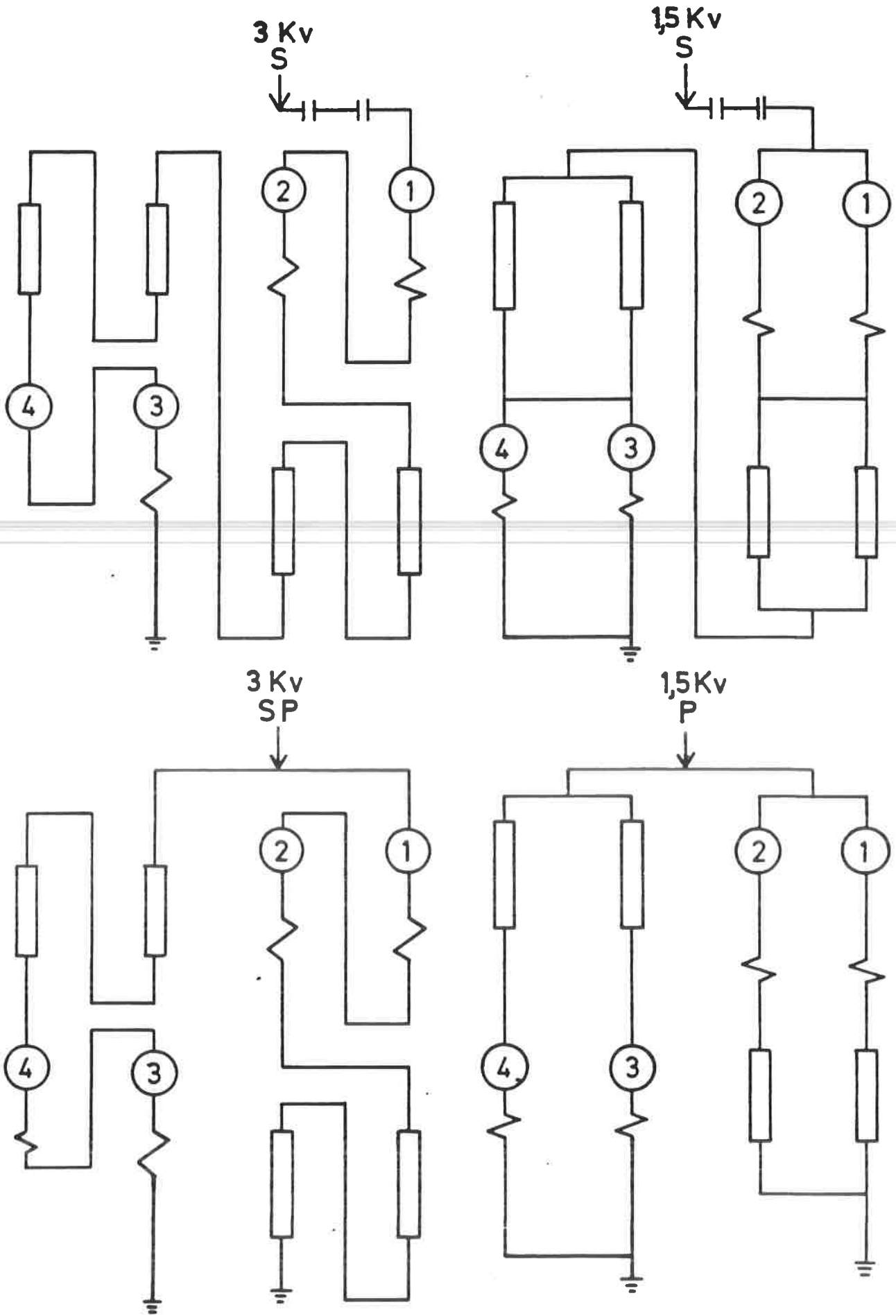


Fig. 48.01

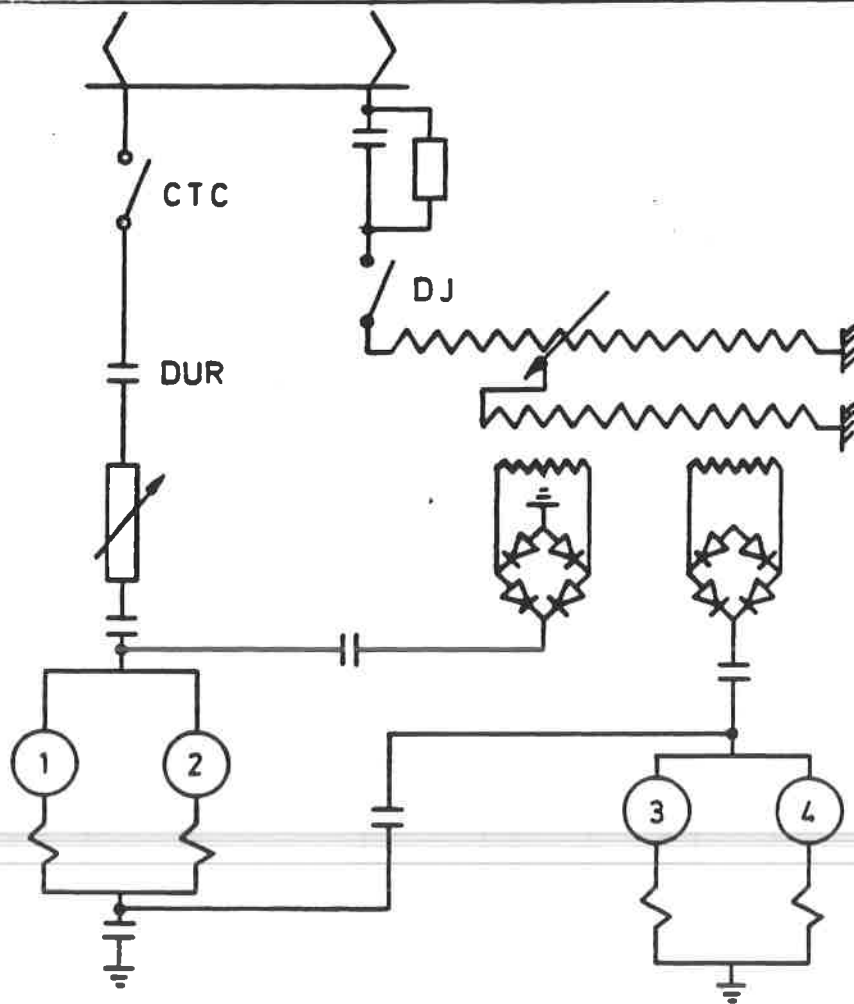


Fig. 48.02

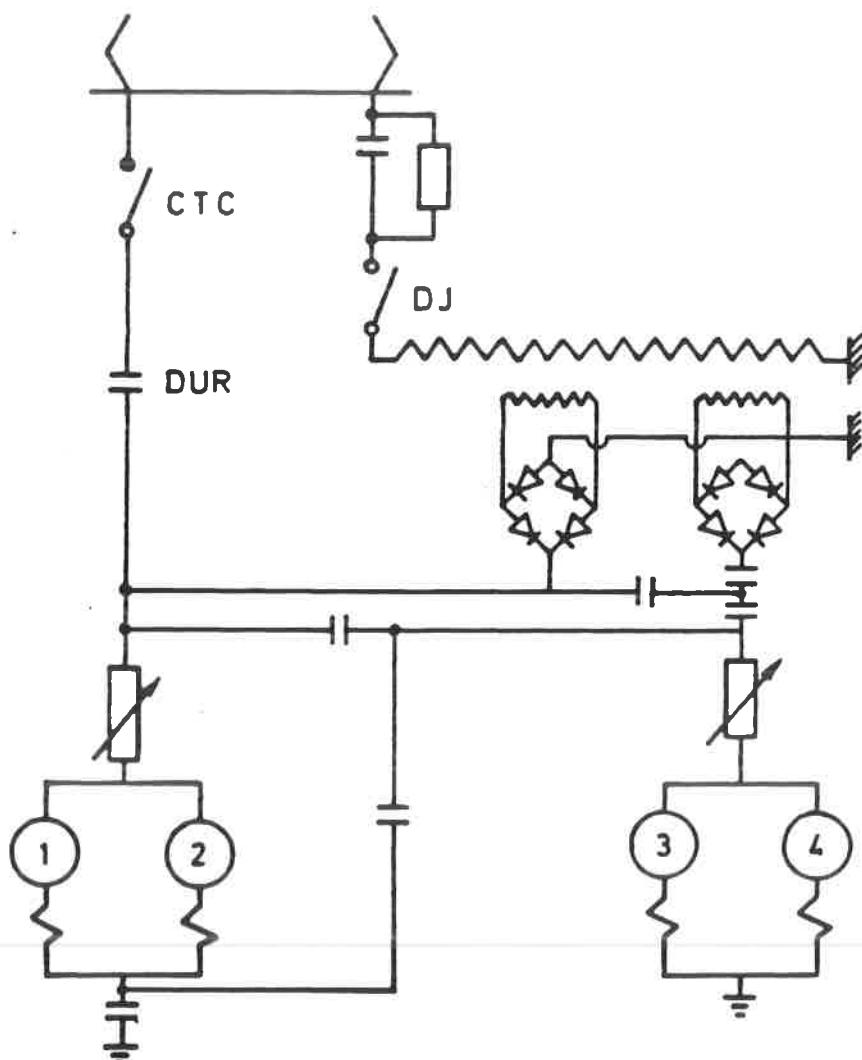


Fig. 48.03

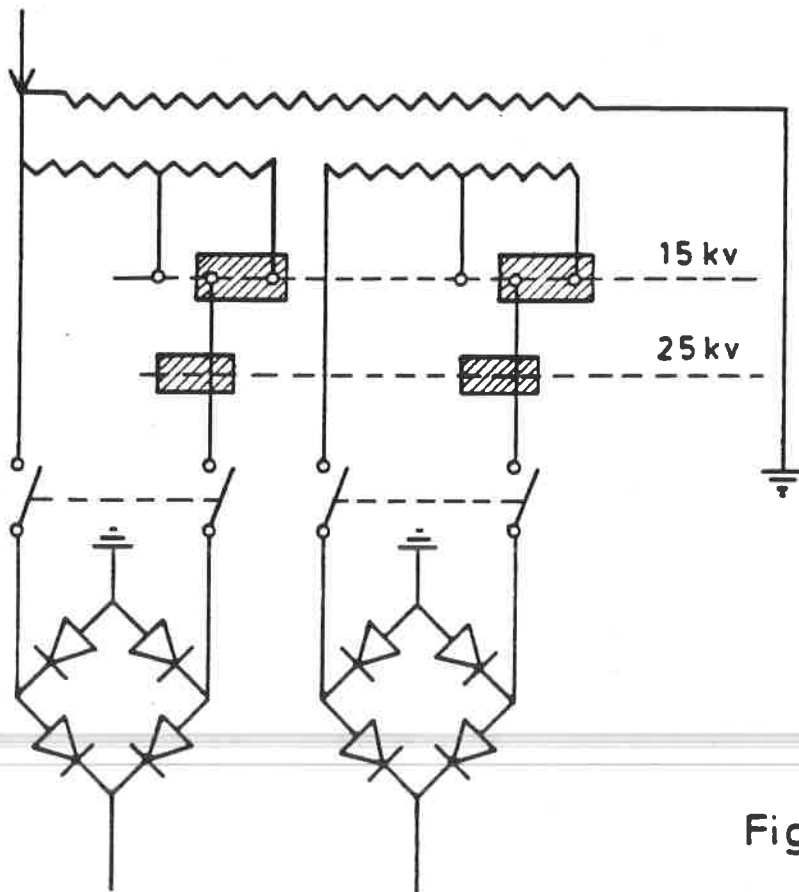


Fig. 48.04

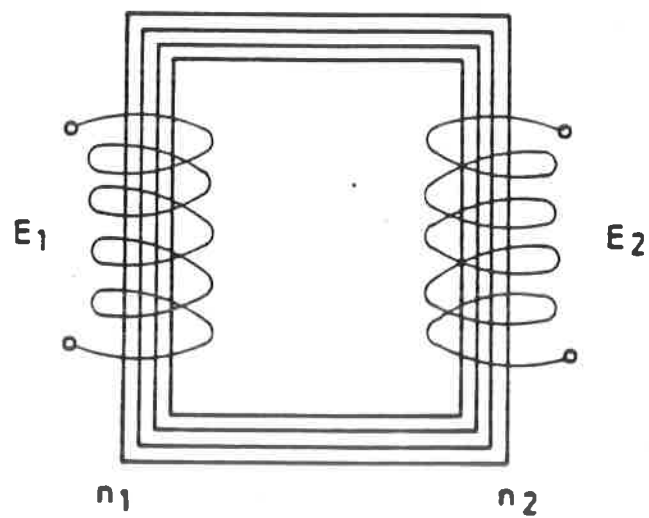
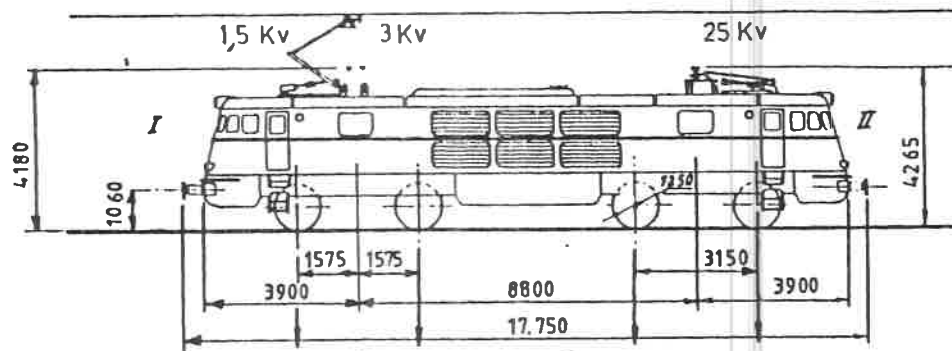


Fig. 48.05

Locomotive série 15 (tritension)

150.00.04/4

FIG. 43.05



Masse : 19,5 tonnes par essieu

GENERALITES

<u>Effectif</u>		3
<u>Type</u>		BoBo
<u>Masse totale</u>	tonnes	77,7
<u>Numerotation</u>		
		redresseur Siemens 1501 à 1503
		"Schneider-Westing 1504 et 1505
<u>Puissance unihoraire</u>	kW	2780
<u>Tensions de service</u>		
		25 KV 50 Hz
		3 KV c.c.
		1,5 KV c.c.
<u>Vitesse maximum</u>	Km/h	160
<u>Masse max. par essieu</u>	tonnes	19,5
<u>Effort max. au démarrage</u>	kN	170
<u>Rayon min. de courbe</u>	m	125
<u>Rayon min. de courbe après démontage de certains organes</u>	m	75
<u>Diamètre des roues</u>	mm	1250

PARTIE MECANIQUE

Constructeur : S.A. La Brugeoise et Nivelles à Nivelles
Année de construction : 1962
Freinage :
 Frein automatique de service et frein direct de manoeuvre. Frein de secours agissant sur la conduite autom. Le frein autom. comprend le régime "voyageurs" et le régime "Haute puissance" * qui est à 2 étages de pression. Le robinet de mécanicien du frein autom. est du type Verlikon FV4.
 La locomotive est pourvue d'un frein d'anti-patinage. Un compresseur du type Westinghouse 242VBZ à fonction. autom. alimente 3 réservoirs d'une capacité totale de 1000 l.
 Un frein à vis placé dans chaque poste de conduite et agissant chacun sur un bogie.
Bogie
 La locomotive est équipée de bogies BN

Chauffage des cabines de conduite par radiateurs et batteries de chauffe électriques à air pulsé

* Le régime "Haute puissance" n'est mis en action que lors de freinages d'urgence.

PARTIE ELECTRIQUE

Equipement de traction
Constructeur : A.C.E.C. Charleroi
Type de Cde : arbres à cames commandés par servo-moteurs électriques BT (JH)
Moteurs de traction - Ventilation forcée
Nombre 4
 Puissance unihoraire 695 kW
 Puissance continue 655 kW
Paliers d'essieux à coussinets lisses
Transmission élastique Alsthom à anneaux mobiles
Suspension élastique en 3 points
Rapport d'engrenages : 3,08 (77/25)
Transformateur : cuirassé imbriqué Shell
 Puissance 3 782 kVA
 Tension secondaire à vide : traction 1826Vx2
 chauffage 1484V
 auxiliaires 400V
Redresseur SI
 Siemens Schneider-Westing

<u>Type cellules</u>		
<u>Nbre par branche</u>		
	série	6
	parallèle	8
<u>Nbre total par loco</u>		192

Appareillage auxiliaire
 1 compresseur : Westinghouse type 242VBZ à 2 étages et 4 cylindres en V, entraîné par 1 moteur double de 1500V de tension d'induit
 2 ventilateurs à 2 roues pour le refroidissement des moteurs de traction, type hélicoïde Rateau, entraînés chacun par un moteur 1500V
 Débit 125 m³/min. par roue
 1 génératrice de charge batterie A.C.E.C. type 226A/B3 shunt, tension 72V courant 35A
 1 génératrice d'alimentation du moteur ventilateur de self de lissage A.C.E.C. type 223A/B3 série-tension 60/90V
 COURANT 25/35A
 1 batterie d'accumulateurs SAFT - 12V56 - 54 éléments - 80Ah

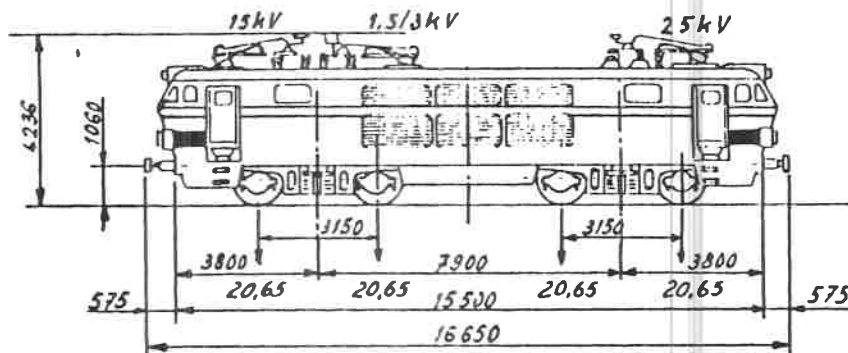
C 1270
1024/43

ANNEXE 4.

Locomotive série 16 (quadricourant)

150.00.04/5

FIG. 49.00



GENERALITES

Effectif	3
Type	Boho
Masse totale	tonnes 52,6
Numerotation	
redresseur Siemens n° 1601 à 1604	
" ACEC n° 1605 à 1608	
Puissance unihoraire	kW 2730
Tensions de service	
25KV 50Hz	
15KV 16 2/3Hz	
3KV cc	
1,5KV cc	
Vitesse maximum	km/h 160
Masse max. par essieu	tonnes 20,65
Effort max. au démarrage	kN 196
Rayon min. de courbe	m 100
Rayon min. de courbe après démontage de certains organes	m 70
Diamètre des roues	mm 1250

PARTIE MECANIQUE

Constructeur : S.A. La Brugeoise et Nivelles, Nivelles

Année de construction : 1966

Freinage : Frein automatique de service et frein direct de manoeuvre.

Frein de secours agissant sur la cond. autom.

Le frein autom. comprend le régime "Voyageurs" et le régime "Haute puissance" qui est à 2 étages de pression.

Le robinet de mécanicien du frein autom. est du type Oerlikon FV4. La locomotive est pourvue d'un frein d'anti-patinage.

Un compresseur du type Westinghouse 242VBZ à fonctionnement autom. alimente 2 réservoirs d'une capacité totale de 1000 l.

Un frein à vis placé dans chaque cabine de conduite et agissant chacun sur un bogie.

Bogie : La locomotive est équipée de bogies BN

Chauffage : Chauffage des cabines de conduite par radiateurs dorsaux et radiateurs électriques sous planchers à air pulsé.

PARTIE ELECTRIQUE

Equipement de traction

Constructeur : A.C.F.C. Charleroi

Type de C.de : Arbres à cames commandés par servo-moteurs électriques BT(JH)

Moteurs de traction - Nombre 4

Puissance unihoraire : 695 kW

Puissance continue : 655 kW

Paliers d'essieux à coussinets lisses

Transmission élastique Alsthom à anneaux mobiles

Suspension élastique en 3 points

Rapport d'engrenages : 3,3 (76/23)

Transformateur : cuirassé imbriqué Shell

Puissance 3310KVA (chauff. train non compris)

Tension secondaire à vide 1950Vx2

chauffage à vide (1461V pr 25KV prim. (1000V pr 15KV prim.

Redresseurs	Type cellules	
	Siemens	A.C.F.C.
Nombre par		
branche		
série	6	7
parallèle	6	6
Nbre total	36	42
par loco	36	42

Appareillage auxiliaire

1 compresseur : Westinghouse type 242VBZ à 2 étages et 4 cylindres en V, entraîné par 1 moteur double de 1500 V de tension d'induit.

2 ventilateurs : 2 roues, 1 pour les moteurs de traction (VTM260) débit 4,18m³/sec. et 1 pour soufflerie de lissage et armoire à redresseurs (VTM245) débit 2m³/sec, 25kW 1500V, 2300tr/min. (par moteur double).

1 alternateur de charge batterie AVG132M, 3,6 kW triphasé, 70V57A60Hz

1 alternateur d'alimentation du moteur de pompe à huile : AV6, 132M, 1,35KW triphasé 15V 15,3A 60Hz

1 batterie d'accumulateurs Tudor Cd-Ni 34 éléments 80Ah

Type 6PS111

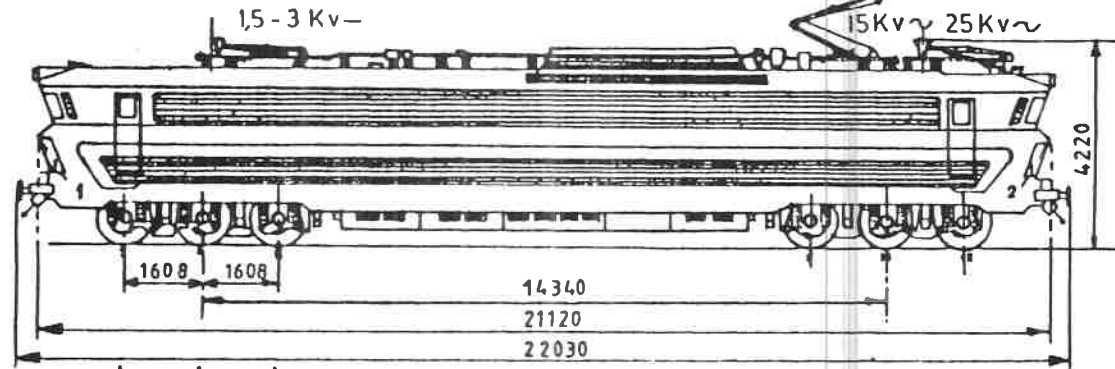
APPAREILLAGE

C 1276
10/25/43

Locomotive série 18 (quadritension)

150.00.04/6

FIG. 49.03



18,88 18,88 18,88 tonnes Masse par essieu 18,88 18,88 18,88 tonnes Masse par essieu

GENERALITES

<u>Effectif</u>	6
<u>Type</u>	CC
<u>Masse totale</u>	tonnes 113
<u>Numerotation</u>	1501
<u>Puissance unihor. :</u>	kW 1806
<u>Tensions de service</u>	4450
25kV 50Hz	
15kV 16 2/3Hz	
3kV "	
1,5kV "	
<u>Vitesse max. :</u>	km/h 180
<u>Masse max. par essieu :</u>	tonnes 18,8
<u>Effort max. au démarr. :</u>	kN 167
<u>Rayon min. de courbe :</u>	m 3kV:196
<u>Diamètre des roues</u>	mm 100
	1100

PARTIE MECANIQUE

Constructeur :
Caisse : SA La Brugeoise et Nivelles à Nivelles
Boogie : ALSTHOM
Année de construct. : 1973
Freinage : Frein automat. de service et frein direct de manoeuvre. Frein de secours agissant sur la cond. autom. Frein électropneumat. commandé par appar. Oerlikon E.P.A 700. Le robinet de mécanicien du frein aut. est du type Oerlikon FVba. Un compress. du type Westinghouse 243VC à fonctionnem. automat. alimente 2 réservoirs d'une capacité tot. de 500 l. Un frein à vis placé dans cab. de conduite 1 agissant sur essieu 1.
Boogie : la locomotive est équipée de bogies ALSTHOM monomat.
Chauffage des cabines de conduite : par des batteries de chauffage à air pulse.

PARTIE ELECTRIQUE

Equipement de traction
Constructeur : ALSTHOM
Type de Cde : arbres à canes commandés par servo-moteurs électr. WT (31)
Moteurs de tract. : 2 mot. doubles
Puissance unihor. : 2225 kW
Puissance continue : 2160 kW
Paliers d'essieu : coussin. lisses
Transmission élastique : Alsthom à anneaux mobiles.
Suspension : entièrement suspendu
Rapport d'engrenages : 1,596
Transformateur : immergé dans l'huile
Puissance 5360 kVA (chauff. train non compris)
Tension second. à vide 2100 V
chauffage (1600V pr. 25 kV prim.
à vide (960V pr. 15 kV prim.
Redresseurs : 1 pont de Graets
type cellules

nombre par branche	72
" série	6
" parallèle	12
" tot. par loco	288

Appareillage auxiliaire
1 compresseur Westinghouse 243VC à 2 étages et 4 cylindres en V, entraîné par 1 mot. double de 1500V de tension d'induit.
1 ventilateur par moteur de traction entraîné par moteur 1500V.
5 moteurs à 145V :
2 moteurs pompes à huile
1 groupe ventilat. réfrigér. transfo
1 groupe ventilat. sel de lissage
1 groupe ventilat. redresseurs moteurs
1 batterie d'accumulateurs
Cd-Ni/48 éléments/72V

C 1270/48
1934

ALSTHOM

COURS 1270

Schémas H.T.

49.01. Locomotives série 15

Le schéma H.T. complet de la locomotive est représenté à la figure 49.01.

Il y a deux pantographes de prévu :

- un pour 1,5 kV et 3 kV (frotteurs Kaspernowsky);
- un pour 25 kV (frotteurs en acier).

Le pantographe 3 kV est également utilisé sur le réseau NS mais son déploiement est limité en hauteur par une butée à commande électropneumatique afin de permettre le franchissement des ponts démunis de fils de contact.

Tous les pantographes sont isolés pour 25 kV.

Sur cette tension l'on fermera le disjoncteur monophasé DJ afin d'alimenter l'enroulement primaire du transformateur.

Un verrouillage électrique veillera à empêcher une mise sous tension de 25 kV de l'entrée du DUR en reliant celle-ci à la terre.

C'est le rôle du commutateur terre-courant C.T.C.

L'isolation du DUR n'est pas faite pour résister au 25 kV.

Sur un réseau à courant continu, c'est le DJ qui restera ouvert et le CTC sera fermé en même temps que le DUR.

En 3 kV, les moteurs sont branchés en série, avec comme couplage final série-parallèle.

En 1,5 kV, le couplage final des moteurs sera le couplage parallèle.

Remarquons que pour des commodités de câblage, les selfs de lissage SL1 - SL2 sont toujours dans le circuit de traction, même qu'ils sont superflus en courant continu.

Sur réseau alternatif, il est prévu le même couplage final que sur 1,5 kV.

Il y a un pont redresseur par groupe de moteurs de traction, ce qui permet le cas échéant (avarie) d'isoler une armoire-redresseur (sectionneur SER).

Dans ce cas, le conducteur se trouvera devant le choix suivant :

- soit de continuer sur une armoire avec les 4 moteurs en série, ce qui donne une meilleure adhérence (forte charge);
- soit de continuer avec 2 moteurs ce qui permettra une plus grande vitesse (faible charge).

Le transformateur possède en plus des deux secondaires de tractions, un enroulement pour le chauffage-train à 1500 V et un enroulement auxiliaire 400 V (380 V) pour la ventilation des cellules, pompe à huile et réfrigérant transfo.

Vu que cet enroulement auxiliaire a une faible puissance par rapport à l'enroulement primaire la tension de court-circuit serait trop faible ce qui nuirait à la protection du transfo.

Pour cette raison, il est prévu un transfo d'impédance à rapport 1/1.

Ce dernier est imbriqué dans la cuve du transformateur principal.

Le schéma de traction comprend : les contacteurs de couplage, de résistances et de shuntage, lesquels sont commandés par 3 équipements JH séparés :

- JH1 - pour l'élimination des résistances
 - pour l'inverseur
 - et pour le couplage S et SP
- JH2 - pour le choix de couplage 3 kV, 1,5 kV ou 25 kV ainsi que pour l'élimination de moteurs et d'armoires à redresseurs
- JH3 - pour le shuntage

Remarquons que les résistances de démarrage sont ventilées par 6 moteurs-ventilateurs placés en fin du circuit de traction. Ils sont pontés partiellement par les contacteurs 26 et 46, dans les derniers crans du JH1.

Un talon de résistance reste en service afin qu'il tourne à faible vitesse.

49.02. Locomotives série 16

Le schéma haute tension (fig. 4902) est fort ressemblant à celui des hle série 15.

Il y a cependant 3 pantographes de prévu :

- 1,5 - 3 kV (frotteurs cuivre-acier);
- 25 kV (frotteurs acier);
- 15 kV (frotteurs au carbone).

Nous retrouvons sur le schéma le DJ et le CTC.

Les 3 panto se trouvent au même potentiel.

Le transfo comporte une prise médiane sur le secondaire afin de tenir compte des deux tensions monophasées.

Le commutateur C 15/25 est un appareil électropneumatique tandis que les autres fonctions sont réalisées par les 3 équipements JH (comme sur les hle 15).

Remarquons que le transformateur a été simplifié :

L'enroulement 1500 V du chauffage train a été supprimé et remplacé par deux prises médianes sur le primaire (1500 V pour le réseau 25 kV et 1000 V pour le réseau 15 kV).

L'enroulement auxiliaire 400 V est supprimé.

Le refroidissement des diodes et de l'huile du transfo se fait par les ventilateurs des moteurs de traction (qui sont donc plus puissants que sur les hle 15).

Reste la pompe de circulation d'huile du transfo qui sera alimentée en triphasé.

A cette fin, un alternateur triphasé est prévu sur chaque moteur ventilateur; entraîné par courroie.

La charge batterie est également assurée par un de ces alternateurs (avec un pont-redresseur).

49.03. Locomotives séries 18 (fig. 4903)

Les locomotives série 18 possèdent également 3 pantographes :

- un pour 25 kV (acier);
- un pour 15 kV (carbone);
- un pour 3 kV (cuivre-acier).

Une seule armoire à redresseurs est prévue. Elle comporte deux ponts de diodes en parallèles.

Les auxiliaires du transfo, tels que pompes à huile, ventilateurs ainsi que les ventilateurs de l'armoire à redresseurs et des selfs de lissage fonctionnent en courant continu à 140 V.

Vu que ces auxiliaires ne fonctionnent que sur un réseau alternatif, leur alimentation est prévue par un enroulement auxiliaire du transfo (F-E) à l'intermédiaire d'un transfo-auxiliaire et d'un pont redresseur.

Les autres auxiliaires, compresseur et ventilateur des moteurs de traction, sont alimentés en courant continu (1,5 kV ou 5 kV).

La charge batterie s'effectue via le retour de courant des moteurs ventilateurs.

Le commutateur HM 50-16 est à commande électropneumatique: Jé

réalise la commutation au secondaire du transformateur suivant le réseau 25 kV. soit z
 Il n'y a que 2 équipements JH : ou 15 kV - 16 $\frac{2}{3}$ Hz

- JH1 pour les résistances et le frein rhéostatique;
- JH2 pour le choix de couplage et pour le shuntage.

Le commutateur 15-25 kV est également à commande électro-pneumatique.

L'enroulement E-F du transformateur assure aussi le chauffage-train en alternatif.

Il fournit une tension à vide de 1600 V à 25 kV - 50 Hz et 960 V pour une tension primaire de 15 kV - 16 2/3 Hz.

Les selfs de lissage se trouvent placés dans le circuit retour du redresseur.

Ils ne sont pas en service sur les réseaux à courant continu et ne doivent donc pas être ventilés en permanence comme c'est le cas des locomotives 15 et 16.

Les 4 induits M1 A-B et M2 A-B ne forment que 2 moteurs de traction (moteurs à induit double) vu qu'il s'agit de bogies monomoteurs.

Les avantages et inconvénients d'un tel type de locomotive peuvent se résumer comme suit :

Inconvénients :

- a) Effort de démarrage relativement réduit.
Ceci provient du petit rapport d'engrenage (pour 180 km/h). En effet, le courant de démarrage doit être limité (+ 1200 A) afin de ne pas surcharger les résistances de démarrage.
Ces dernières ont cependant été renforcées par rapport aux locomotives 40 000 SNCF qui sont du même type.
- b) Cette locomotive à une adhérence relativement faible pour un type monomoteur ce qui fait que même avec un rapport d'engrenage plus grand elle ne serait pas idéale pour la remorque de trains de marchandises.
Ceci provient entre autres des inévitables pertes d'huile aux carters d'engrenage.
Le graissage du mécanisme de transmission assez complexe s'effectue par de l'huile sous pression.
Le contrôle des pompes à engrenage nécessite 4 relais à pression qui allument une série de lampes sur la table de bord en cas de manque de pression d'huile.
Pour ces raisons, il n'y a plus eu d'acquisition de locomotives de ce type.

Avantages.

- a) Des locomotives quadricourant d'une telle puissance ne seront probablement plus jamais réalisées, même pas avec un équipement à thyristors.
A l'avenir, on se limitera à construire des locomotives BB bitension.:: (Hle séries 11 et 12).
- b) Le frein rhéostatique à auto-excitation est très efficace et par conséquent très apprécié par le personnel roulant.

GROUPE TRANSFO - REDRESSEUR

50 .01 - Transfo hle 15.

Nous savons déjà d'après les leçons précédentes que les bobinages des transformateurs diffèrent sur chaque type de locomotive.

La fig. 50.01 donne une vue schématique du transfo d'une locomotive série 15. C'est un transformateur monophasé du type imbriqué SHELL (3 450 kVA). Les spires sont complètement entourées par les tôles qui forment le circuit magnétique.

Le transformateur est refroidi par circulation d'huile.

Une pompe P envoie l'huile chaude dans un réfrigérant R. Ce dernier, à son tour, est refroidi par un moteur-ventilateur V.

Ces 2 moteurs sont du type monophasé 50 Hz 400 V avec enroulement auxiliaire (fig. 50.02) pour le démarrage.

Celui de la pompe de circulation (0,8 kW) est alimenté via un condensateur et reste toujours sous tension tandis que pour le moteur-ventilateur, qui est beaucoup plus puissant, on fait usage d'un relais temporisé (ART) qui l'alimente durant quelques secondes.

Le moteur est protégé contre la surchauffe par une sonde thermique (c'est le cas par exemple lors de démarrages multiples).

Signalisation

Une seule lampe (LTF) placée sur la table de bord sert à signaler différents défauts au groupe transfo.

- a) manque de tension au moteur de la pompe à huile (KTRT)
- b) défaut au moteur ventilateur (KPTH)
- c) température trop élevée de l'huile du transfo (thermostat)
- d) Trop peu ou pas de circulation d'huile (contact à palette).

Une baisse de niveau d'huile est signalée par une lampe spéciale tandis que le \overline{D} déclenchera immédiatement.

50.02 - Transfo HLE 16

Comme cette locomotive fonctionne sur 2 tensions alternatives différentes (et fréquences) le problème du refroidissement transfo a dû être résolu autrement.

La pompe de circulation d'huile est entraînée par un moteur asynchrone triphasé 60 V, 1,4 kW dont le schéma d'alimentation est représenté à la fig. 50.03.

Le courant alternatif est fourni par un alternateur, monté sur un ventilateur des moteurs de traction (et entraîné par courroie).

L'*excitation* se fait d'abord par le courant de la batterie et ensuite par l'alternateur à travers un pont de diodes.

Le contacteur KPH ne se fermera que si l'alternateur fournit une tension suffisante (le relais RTPH 1 se ferme).

Le relais RTPH 2 sert comme protection classique du moteur en cas d'interruption de phase.

Lors d'un défaut à l'alternateur MV2, il y a moyen d'utiliser celui du MV1 (commutateur CPH). Celui-ci sert normalement pour la charge batterie.

Une signalisation sur la table de bord signale les anomalies suivantes :

- niveau d'huile insuffisant (+DJ)
- température d'huile trop élevée
- manque de pression d'huile.

Les radiateurs d'huile sont logés dans le long-pan de la locomotive. De cette façon, ils sont refroidis par l'air aspiré par les ventilateurs des moteurs de traction.

On fait ainsi l'économie d'un ventilateur avec tous ses accessoires.

50.03. Transfo HLE 18.

Les locomotives 18 doivent également fonctionner sur 2 tensions alternatives différentes. Ici le problème des auxiliaires a été résolu comme suit :

Tous les moteurs auxiliaires fonctionnent sur courant continu 140 V, courant fourni par un redresseur et un transfo auxiliaire. Ce dernier est alimenté par l'enroulement auxiliaire du transformateur principal (F-E).

Les contacteurs CA 16 et CA 50 assurent la sélection entre les réseaux DB et SNCF.

Il y a deux pompes à huile de prévu ; elles envoient l'huile dans un réfrigérant (fig. 50.05).

Ce dernier est ventilé comme sur les locomotives 15, avec un moteur ventilateur-mais en 140 V courant continu.

Il y a également une lampe sur la table de bord qui signale :

- une température trop élevée
- un manque de circulation d'huile
- un défaut de ventilation du réfrigérant d'huile.

(Cette lampe indique aussi un défaut de ventilation de la self de lissage).

50.04 - Armoire à redresseurs HLE 15

Des 5 locomotives S 15, 3 sont équipées de diodes Siemens et les 2 autres de Schneider - Westinghouse.

Suivant les coefficients de sécurité adaptés, nous trouvons un nombre de diodes en série et en parallèle différent :

	Siemens	Westinghouse
Nombre en série	6	8
nombre en parallèle	7	6
total par branche	42	48
total par armoire	168	192

Les armoires à redresseurs sont du type industriel standard. Ce matériel est également utilisé dans les sous-stations de traction (fig. 50.06 a et b).

- a) Siemens fait 4 casiers de diodes qui forment chacun une branche du pont. Il y a 2 ventilateurs de prévu.
- b) Westinghouse place les diodes dans une armoire circulaire répartie en 12 compartiments, il n'y a qu'un seul ventilateur.

Dans les 2 cas les ventilateurs sont alimentés en monophasé 400 V (380) provenant de l'enroulement auxiliaire du transfo.

Le démarrage se fait par enroulement auxiliaire avec relais temporisé et condensateur.

La protection classique des diodes est appliquée :

Le DJ doit déclencher pour :

- court-circuit externe
- court-circuit interne
- manque de ventilation

Le court-circuit externe est détecté par les transducteurs TFI ou DET (voir schéma HT).

En même temps agit le court-circuiteur CC1 ou CC2.

Sur les équipements Westinghouse, la partie haute tension des court-circuiteurs a été découplée (1504 - 1505).

Le court-circuit interne n'est plus contrôlé en permanence dans l'équipement Westinghouse.

L'utilisation de nouvelles diodes avec une tension inverse plus élevée a permis de simplifier considérablement l'équipement. Seul subsiste un contrôle en atelier lors de l'entretien.

Manque de ventilation - Chaque armoire contient un relais anémométrique qui fait déclencher le DJ lors d'une ventilation insuffisante. En même temps, on allume une lampe à la table de bord.

50.05 - Armoire à redresseurs HLE 16

Comme c'est le cas pour les locomotives 515, on a désigné 2 constructeurs pour la fourniture des diodes : ACEC et Siemens.

Ici également nous trouvons des nombres différents de diodes en série et en parallèle dans les ponts Gratz.

	Siemens	ACEC
Nombres en série	6	7
" en parallèle	6	6
Total par branche	36	42
" par armoire	144	168
" par locomotive	288	336

Les armoires sont ventilées par les moteurs ventilateurs des moteurs de traction (une déviation du flux d'air) Un relais anémométrique contrôle le débit d'air. Un relais thermique en contrôle la température.

Ces protections peuvent faire déclencher le DJ. En même temps une lampe de signalisation (LHR) s'allumera sur la table de bord.

Pour ce qui concerne la protection contre les court -circuits externes et internes, le principe est semblable à la HLE 15.

Les court-circuiteurs ne sont plus utilisés.

50.06 - Armoire à redresseurs HLE 18 (fig. 50.06)

Contrairement aux autres HLE polycourant une seule armoire à redresseurs est prévue.

Cette armoire contient 4 doubles tiroirs à diodes, disposés en carré.

Chaque tiroir comprend 6 x 6 diodes (6 en série et 6 en parallèle) donc au total 288 diodes.

Le ventilateur se trouve au centre et aspire l'air vers le bas au travers des tiroirs.

La protection du pont redresseur s'effectue de manière classique.

a) Court-circuit externe - Le QRM peut déclencher le DJ (voir schéma HT).

b) Manque de ventilation

Le relais UTRM en série avec le moteur ventilateur fera déclencher le DJ au 2e cran manoeuvre (voir schéma fig. 50.04).

La protection contre les court-circuits internes, prévue sur les locomotives 40000 SNCF a été supprimée.

L'expérience a démontré qu'elle donnait lieu à de fréquents fonctionnements intempestifs, alors que les diodes employées actuellement ont obtenu un haut degré de fiabilité.

La même simplification sera probablement appliquée sur les locomotives 15 et 16.

Remarques

a) Sur le schéma 50.04, nous repérons encore 2 moteurs auxiliaires : celui du ventilateur des selfs de lissage et celui du ventilateur du réfrigérant d'huile.

Le non-fonctionnement de ces ventilateurs est détecté par le relais QDA qui fera déclencher le DJ.

b) La charge batterie s'effectue sur ces locomotives d'une façon très spéciale (fig. 50.04).

La batterie est traversée par le courant retour (HT) des moteurs ventilateurs des moteurs de traction.

6.

En 3 kV, ces moteurs sont en série mais en 1,5 kV et en alternatif, ils sont en parallèle.

Dans ce cas, une résistance sera branchée en parallèle sur la batterie au moyen du contacteur C 130.

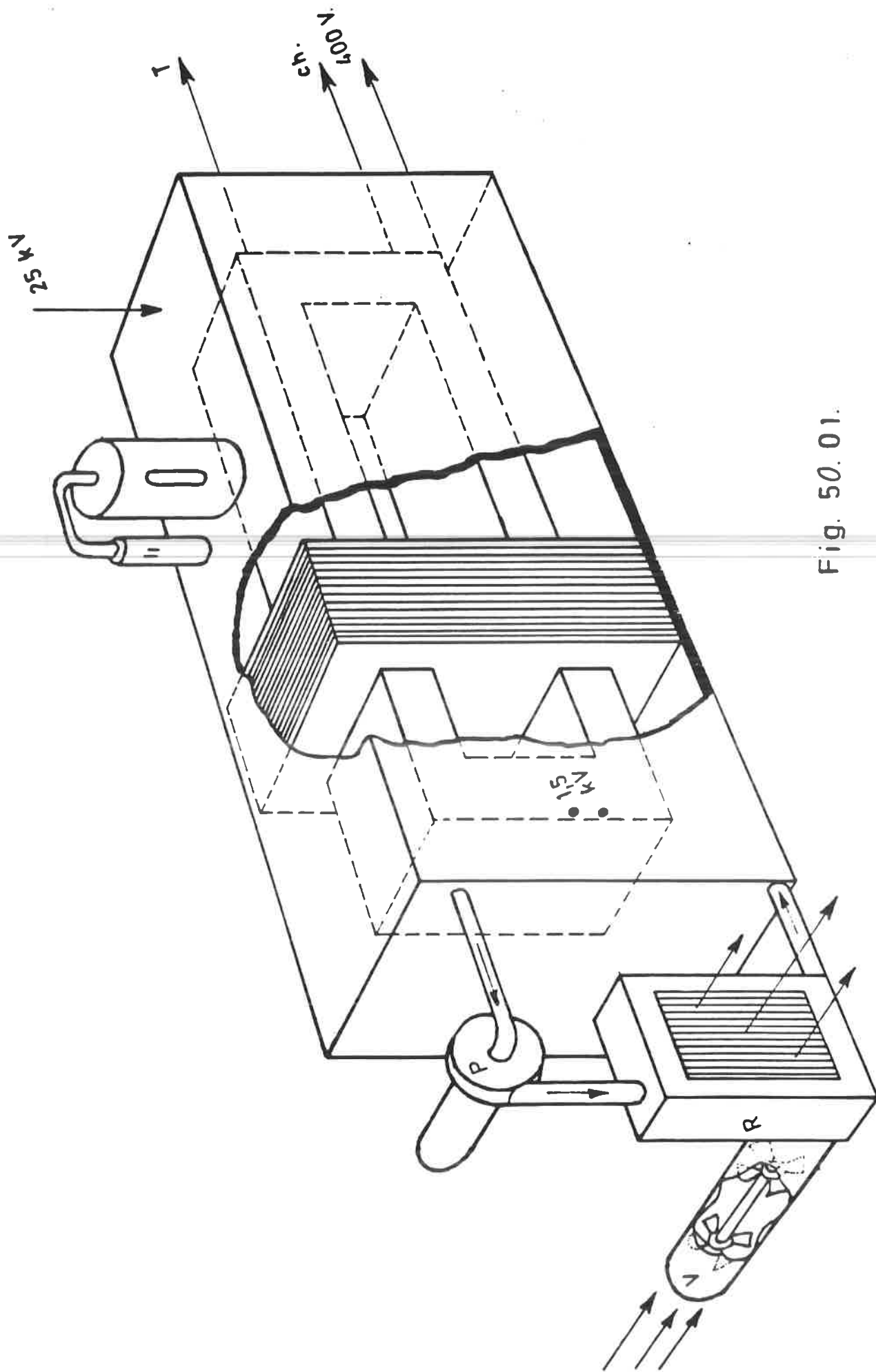


Fig. 50.01.

VENT. TRANSFO SELF

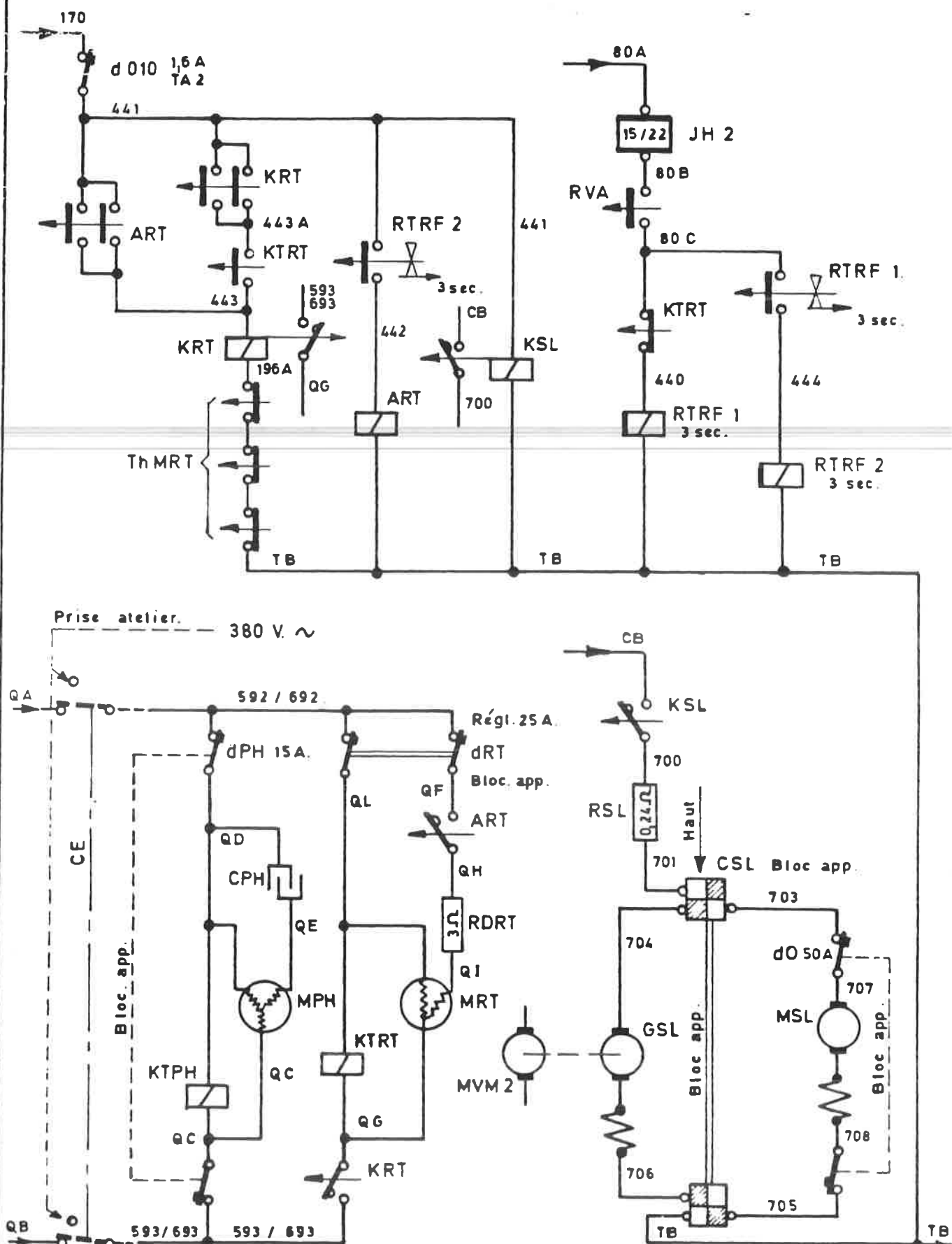


Fig. 50.02

POMPE A HUILE.

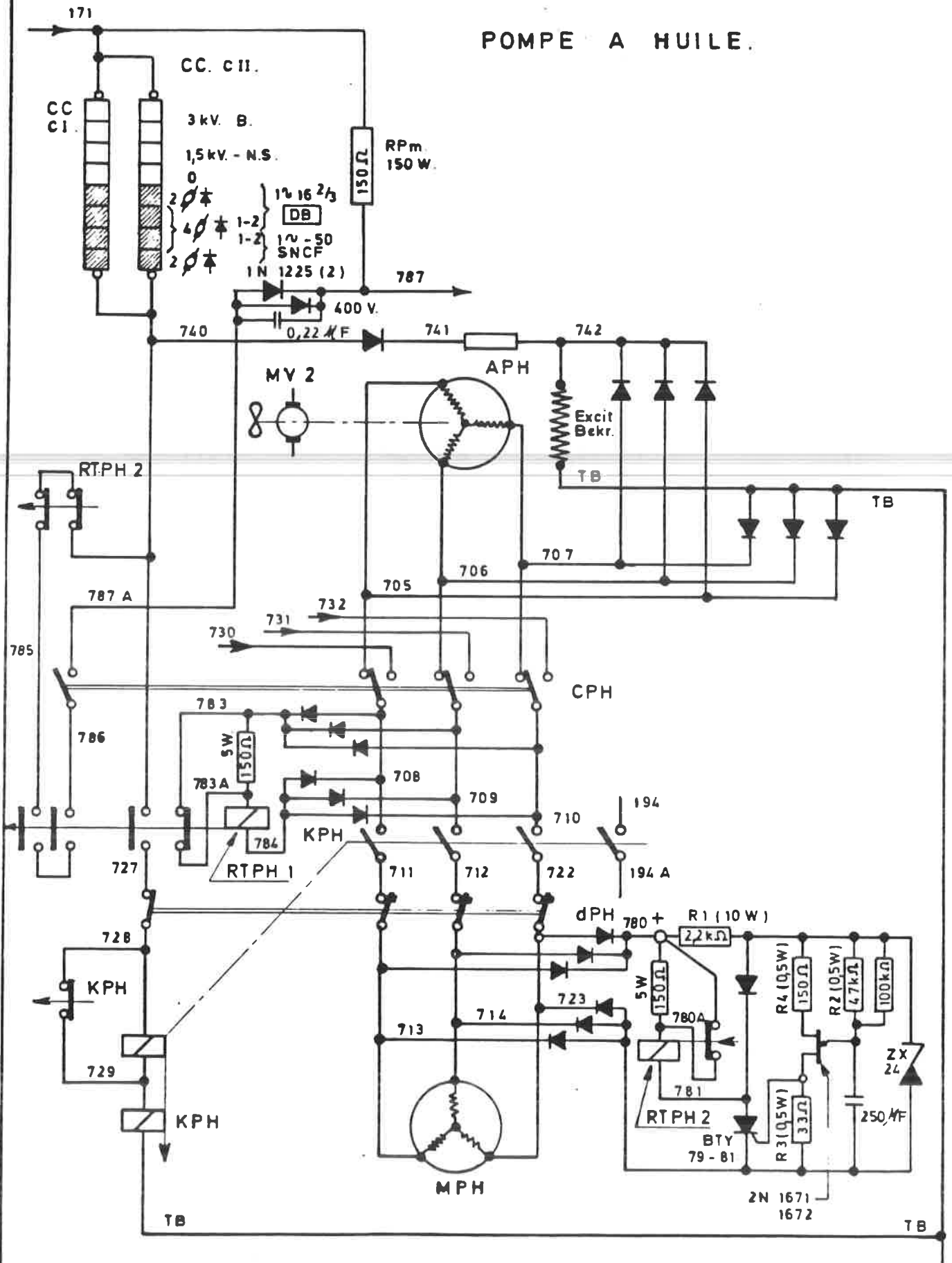


Fig. 50.03.

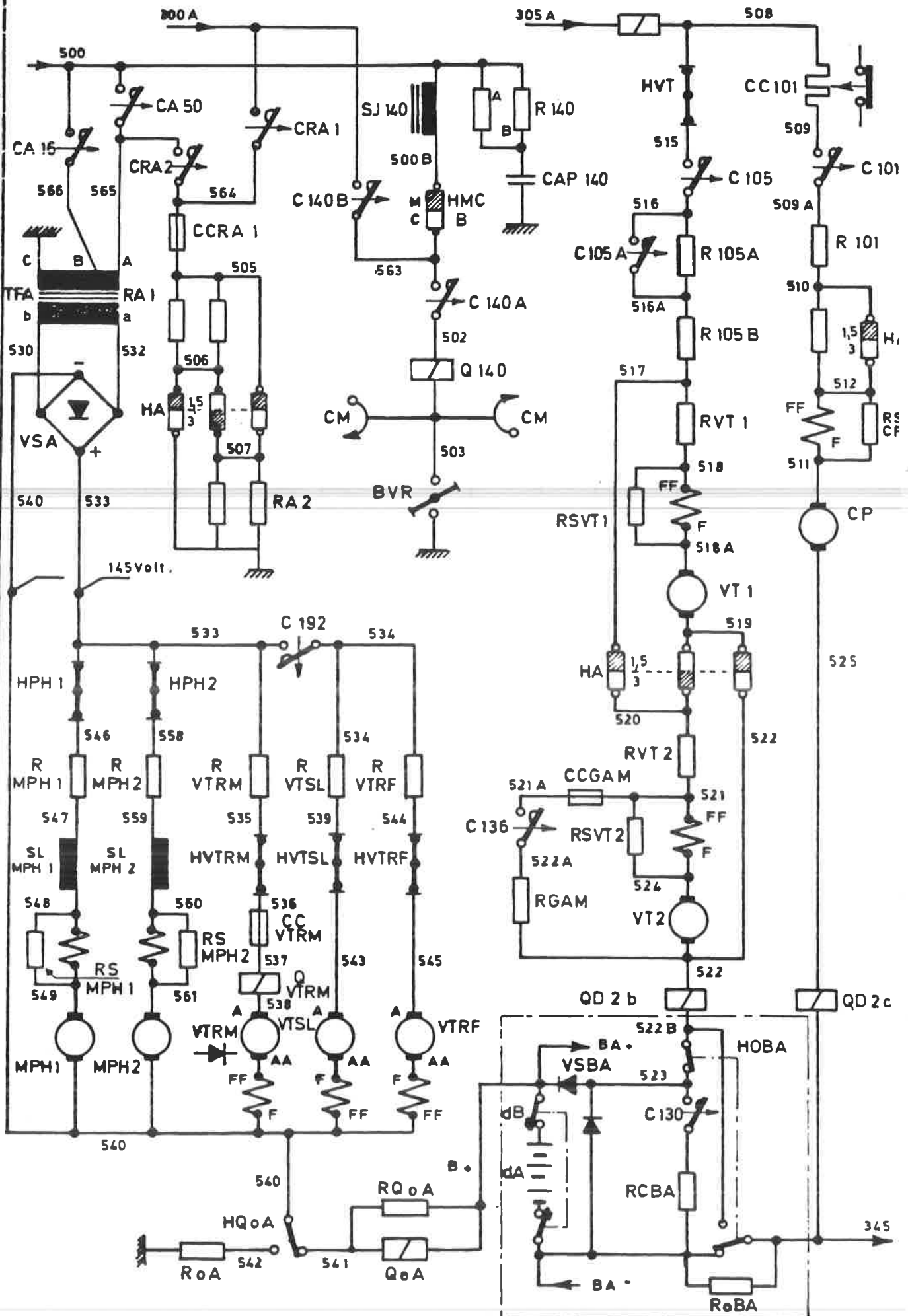


Fig. 50.04

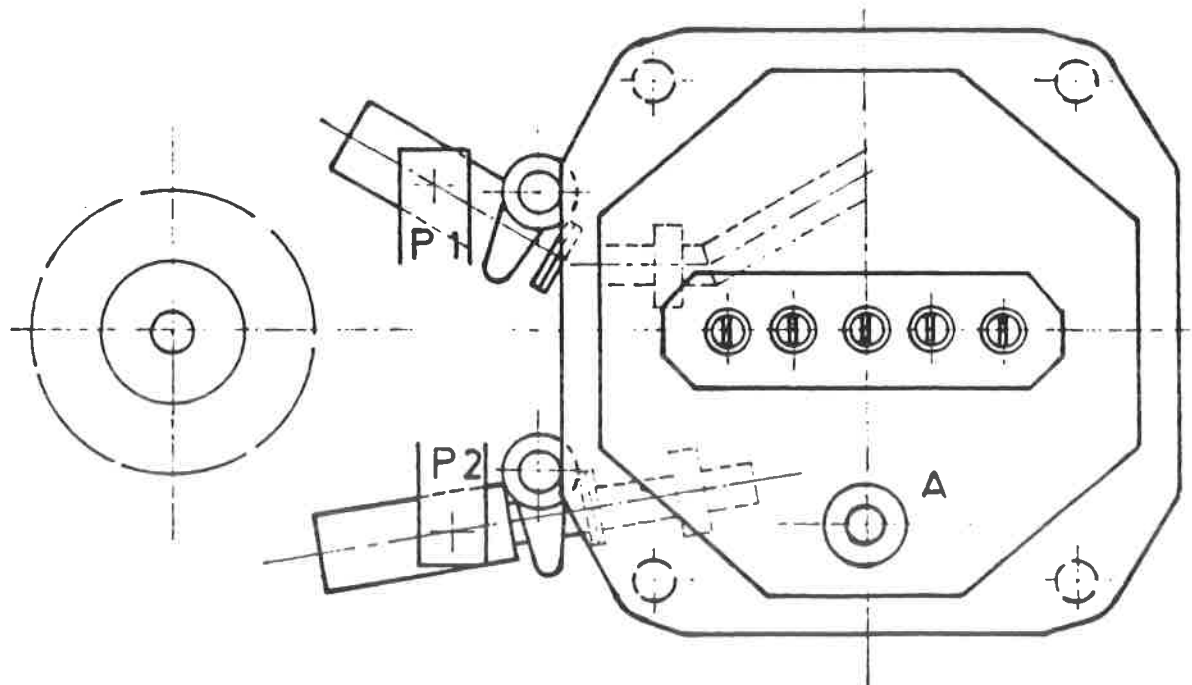
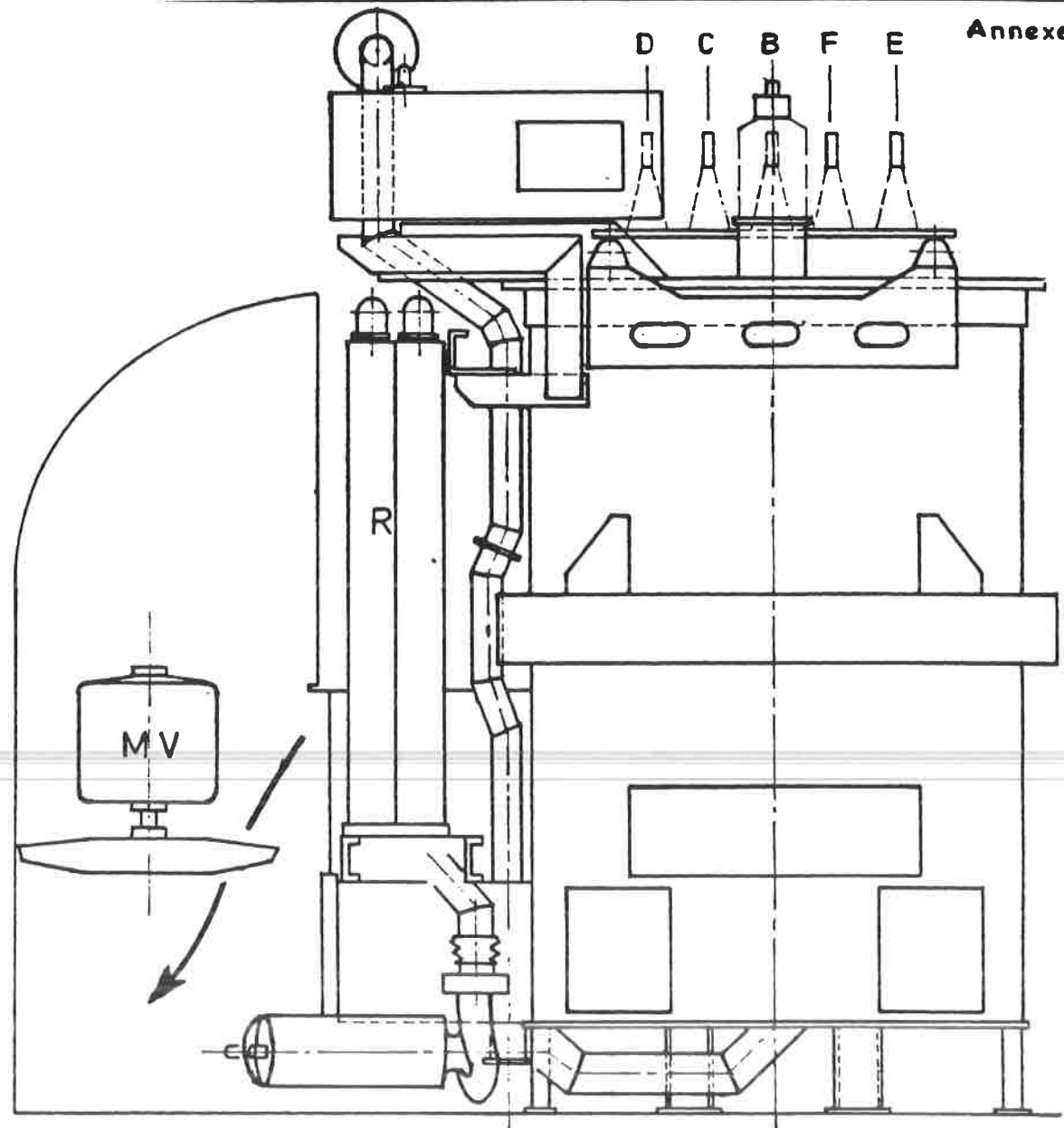


Fig. 50.05

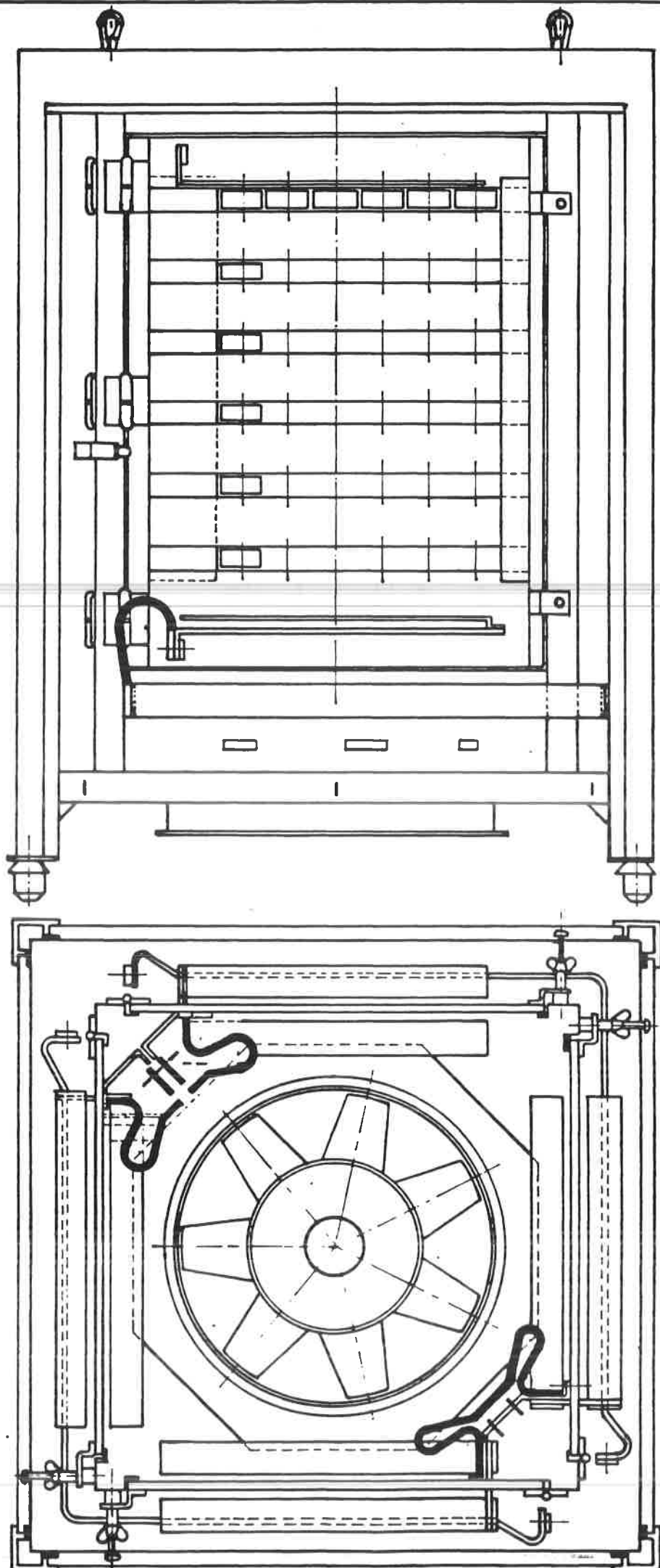


Fig. 50.06.

CIRCUITS DE PALPAGE51.1 - Généralités

Suivant le système d'électrification du réseau parcouru par une locomotive polycourant, le couplage de la locomotive est différent.

Les conséquences d'une erreur de couplage et d'alimentation pouvant être considérables, la locomotive est équipée d'un dispositif de palpation de la tension de la caténaire. Le dispositif détecte la tension de la ligne caténaire et n'autorise la fermeture de l'un des disjoncteurs qu'après avoir vérifié et constaté que l'équipement de la locomotive est effectivement couplé pour fonctionner à la tension détectée à la caténaire.

Cette sélection fondamentale s'opère automatiquement sans faire appel à la réflexion du conducteur ; l'équipement ne répond d'ailleurs pas à d'éventuelles fausses manoeuvres du conducteur. Il corrige en quelque sorte ses fausses manoeuvres puisque l'absence de réponse lui indique qu'il a commis une erreur.

51.2 - Circuits de palpation HLE 15 (tricourant).

Le dispositif de palpation représenté sur le schéma de traction de la figure 49.01 agit dans son principe comme suit :

Les disjoncteurs DJ et DUR (et son sectionneur CTC) étant ouverts, on lève l'un des pantographes. La tension est ainsi appliquée sur le dispositif de palpation.

Si la tension est alternative, toute la tension se porte aux bornes du primaire du transformateur TFPAL, la capacité CAPUL en parallèle sur les résistances offrant un circuit de faible impédance pour le circuit alternatif. Le transformateur induit alors aux bornes de son secondaire une tension capable d'enclencher le relais QCA. Par contre, le relais QCC ne peut s'enclencher par manque de tension aux bornes des résistances sur lesquelles il est branché.

Si la tension est continue, la tension est très faible aux bornes du transformateur TFPAL et le relais QCA ne peut s'enclencher. Toute la tension se reporte sur les résistances et conséquemment, il apparaît aux bornes du relais QCC une tension suffisante que pour l'enclencher.

Les relais QCA et QCC opèrent donc la sélection courant alternatif ou continu, et la fermeture des disjoncteurs leur est asservie.

On remarquera qu'une résistance et un condensateur sont placés en série avec le relais QCA.

Le but est d'empêcher son fonctionnement si par hasard l'on appliquait le 15 kV - 16 2/3 Hz lors du stationnement de la locomotive en gare de Aachen.

Il n'est possible de fermer :

- le disjoncteur alternatif DJ que si le relais QCA est enclenché
- le disjoncteur continu DUR que si le relais QCC est enclenché.

Du côté continu, une seconde vérification s'impose cependant, vu que la tension peut être de 1 500 V ou de 3 000 V et qu'à ces deux tensions correspondent des couplages différents de l'équipement.

Sur la fig. 51.01 nous voyons que la fermeture du relais QCC, attestant que la tension est continue, autorise seulement la fermeture du sectionneur CTC qui accompagne le disjoncteur DUR. (Excitation de l'électrovalve EVCC).

Ce n'est que lorsque le CTC a basculé côté "ligne" que les contacts (340) se trouvant sur l'axe du mécanisme se fermeront.

La fermeture du sectionneur CTC entraîne la mise sous tension du relais de potentiel RTN 3 KV. Suivant la grandeur de cette tension, ce relais bascule ses contacts ou pas dans le circuit d'alimentation de la bobine de maintien du DUR. La concordance du couplage avec la tension continue est vérifiée au travers de contacts du tambour basse tension du JH 2.

Nous pouvons vérifier sur le schéma de la fig. 51.02, toutes les conditions nécessaires à l'alimentation de la bobine de maintien KD.

51.3 - Circuits de palpation HLE 16 (quadricourant).

Par rapport aux circuits de palpation des locomotives série 15, les circuits de palpation d'une locomotive quadricourant doivent pouvoir, en plus, dissocier des alimentations en alternatif de tension et de fréquence différentes. Les principes de fonctionnement restent, toutefois, très proches l'un de l'autre. Les disjoncteurs DJ et DUR étant ouverts, (fg.49.02) or. lè l'un des pantographes. La tension est ainsi appliquée sur le dispositif de palpation.

Si la tension est alternative, toute la tension se porte aux bornes du primaire du transformateur TFPAL, la capacité en parallèle sur les résistances RUL offrant un circuit de faible

impédance pour la courant alternatif. De ce fait, la tension est élevée aux bornes du primaire du transformateur TFPAL et faible aux bornes de la résistance RUL. Il apparait également une tension élevée aux bornes du secondaire du transformateur TFPAL : à partir de là, il s'agit de détecter si la tension de la caténaire est 15 kV/16 2/3 Hz ou 25 kV/50 Hz. On dispose à cette fin de l'ensemble détecteur de fréquence DF 1 - DF 2. Comme en courant alternatif les impédances sont fonction de la fréquence, on exploite cette possibilité pour faire la sélection.

Détection du 15 kV/16 2/3 Hz.

En alimentation 25 kV/50 Hz, le condensateur C 1 a une impédance nulle et la tension aux bornes du relais QCA 15 est donc nulle : ce relais ne s'enclenche pas. En 15 kV/16 2/3 Hz, cette impédance n'est plus nulle et la tension totale du secondaire s'y établit au prorata des impédances respectives de la self et de la résistance en série avec ce condensateur : la tension aux bornes du condensateur C 1 est alors suffisante pour exciter le relais QCA 15.

Détection du 25 kV/50 Hz.

Le courant circulant dans le relais QCA 25 est fonction des impédances de la self et du condensateur en série avec ce relais : ces impédances sont telles qu'en 16 2/3 Hz, l'impédance totale est élevée et le courant circulant dans le relais QCA 25 est insuffisant que pour l'enclencher ; en 50 Hz par contre, l'impédance totale est faible et le courant circulant dans le relais peut l'enclencher.

Les relais QCA 15 et QCA 25 étant de construction identique, la place des condensateurs C dans les circuits d'alimentation varie d'un circuit à l'autre afin d'obtenir une même tension (+ 70 V) aux bornes des relais quelle que soit la tension de caténaire.

51.4 - Circuits de palpation HLE 18 (quadricourant).

Le principe de fonctionnement des circuits de palpation HLE 18, ~~représentés à la fig. 45.03~~; est identique à celui des HLE 16. Seules, les dénominations diffèrent totalement.

Les disjoncteurs DJM et DJC étant ouverts, on lève l'un des pantographes. La tension est ainsi appliquée sur l'ensemble du palpation.

Si la tension est alternative, toute la tension se porte aux bornes du primaire du transformateur TFPP1, la capacité CAPP, en parallèle sur les résistances RPP offrant un circuit de faible impédance pour le courant alternatif. De ce fait, la

4.

tension est élevée aux bornes du secondaire du transformateur TFPP1 via le transformateur d'isolement TFPP2, l'ensemble détecteur de fréquence QDPM est alimenté. Si la tension est de 15 kV/16 2/3 Hz, le jeu des impédances, des résistances, self et capacités est tel que seul le relais QPP 16 s'enclenche, tandis que si la tension est de 25 kV/50 Hz, au contraire, c'est le relais QPP 50 qui s'enclenche.

Si la tension est continue, la tension aux bornes du transformateur QPP1 est faible et toute la tension se reporte aux bornes des résistances RPP et de la capacité CAPP. On dispose ainsi aux bornes détecteur QPPC d'une tension importante.

Si la tension est de 1,5 kV, seul le relais Q 30 a (1,5 kV) s'enclenche tandis que si la tension est de 3 kV, les deux relais Q 30 a et Q 30 b (3 kV) s'enclenchent tous les deux.

De toute façon, les disjoncteurs ne pourront s'enclencher qu'après contrôle de la position correcte du JH2.

51.5 - Circuits de palpage HLE 25.5.

Les circuits de palpage se résument à 2 relais de tension nulle RTN 3 et RIN 1,5. Ces relais sont d'un type électronique, sans consommation et entièrement statique, excepté le relais terminal du type Ra SZ.

Le seuil d'enclenchement est de 1 000 V pour le RTN 1,5 et 2 000 V pour le RTN 3.

Le JH 2 contrôle également la position correcte du couplage par rapport à la tension d'alimentation.

Nous voyons sur la fig. 51.03 que c'est le relais Q 72 qui contrôle le circuit de maintien du DUR (bobine KD).

En 3 kV les 2 RTN sont attirés et le JH2 devra se trouver sur une des positions 1 à 4 ou 6 et 7.

En 1,5 kV, un *seul* RTN se ferme et le JH2 devra se trouver sur -3 -4 -5 -7 -9 ou -10.

SELECTION TENSION

RCC
RCA
CTC

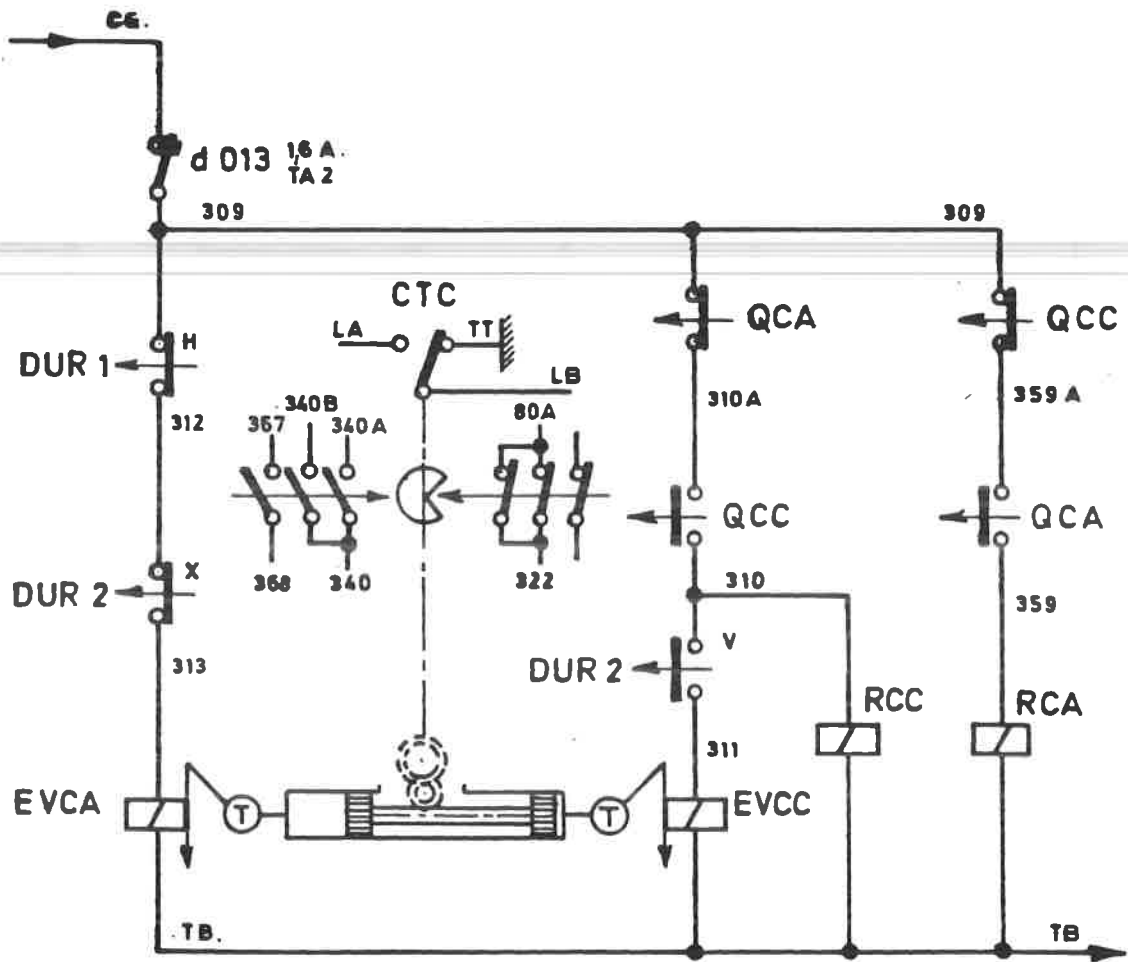


Fig. 51.01.

D.U.R.

1) 3000 V.

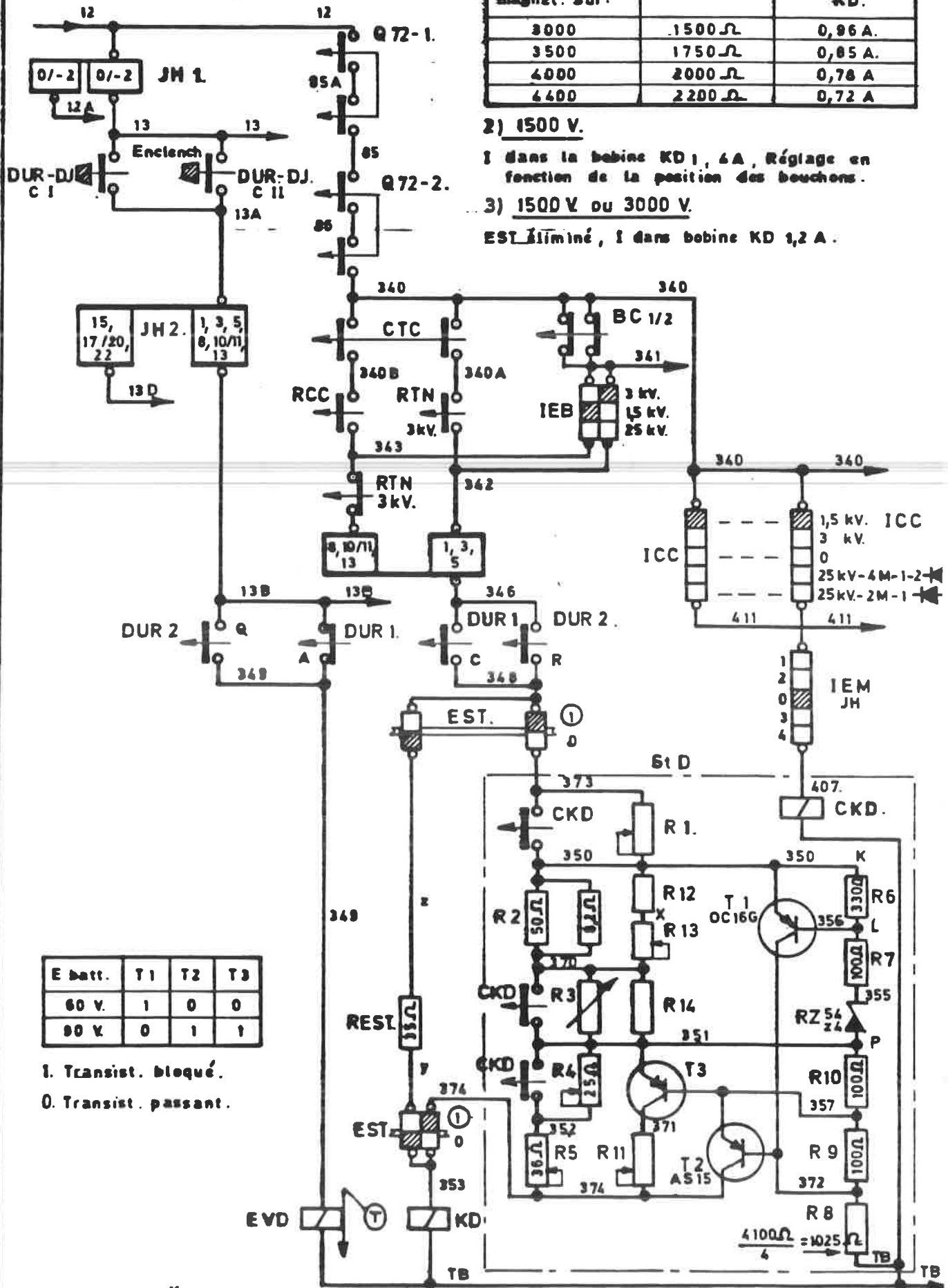
Bouchon de circ. magnét. sur:	R 3 sur	I dans bobine KD.
3000	1500 Ω	0,96 A.
3500	1750 Ω	0,85 A.
4000	2000 Ω	0,78 A.
4400	2200 Ω	0,72 A.

2) 1500 V.

I dans la bobine KD, 4 A, Réglage en fonction de la position des bouchons.

3) 1500 V ou 3000 V.

EST éliminé, I dans bobine KD 1,2 A.



E batt.	T1	T2	T3
60 V.	1	0	0
90 V.	0	1	1

I. Transist. bloqué.
O. Transist. passant.

Fig. 57.02.

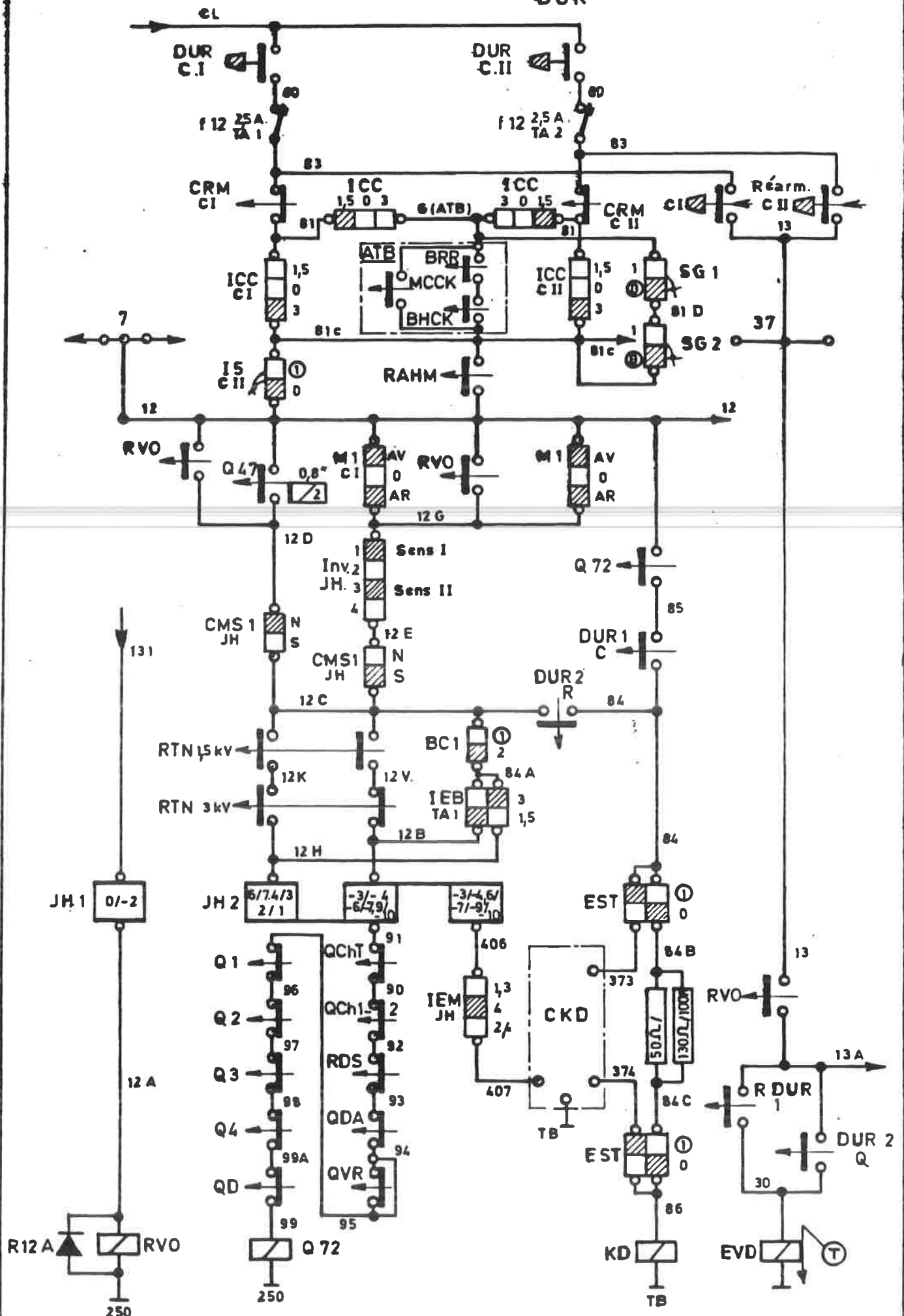
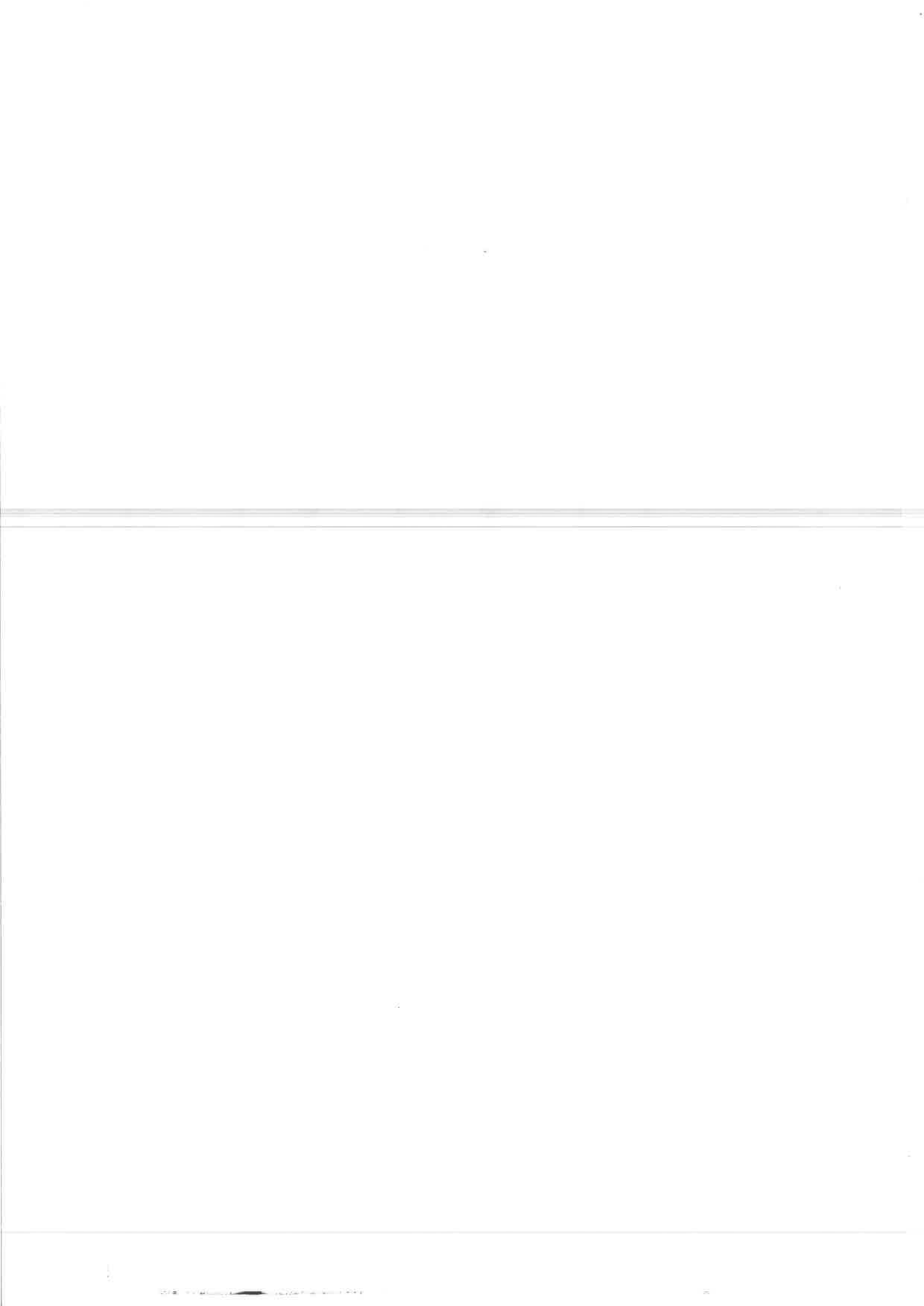


Fig. 51.03



COURS 1270 - LOCOMOTIVES SERIE 21.

52 -01. Généralités. (Fig. 52 -01.)

1. Pour rappel, les locomotives série 27 ont été construites pour la remorque des trains "voyageurs" de 12 voitures à 160 km/heure entre Ostende et Aachen ainsi que des trains lourds de marchandises. Vu que la majorité des trains de voyageurs se compose de huit voitures circulant sur des lignes à 130 km/h., il a été décidé pour une question de budget, l'achat de locomotives moins puissantes, 3.150 KW. pour les nouvelles électrifications.
2. Cette puissance a été déterminée en tenant compte de la standardisation des locomotives séries 11 et 12 sur la locomotive série 21 et de l'imposition de la charge maximum par essieu pour ces bitensions en configuration Bo Bo.
3. Leur vitesse maximum est de 160 km/h. Elles peuvent assurer des services à puissance réduite sous caténaire 1.500 V. jusqu'aux gares frontières du réseau NS.
4. Elles sont équipées de câblots pour la conduite en unité multiple et en rame réversible avec des voitures M.4.

52 .02. Caractéristiques électriques principales.

La locomotive est équipée de 4 moteurs de traction développant une puissance totale continue de 3.150 KW.

Le réglage continu de la tension aux bornes des moteurs est réalisé par hacheurs à thyristors.

La locomotive comporte 2 hacheurs dont le fonctionnement est décalé d'une demi-période et qui alimentent en série les 2 moteurs de traction d'un bogie.

Les moteurs sont à excitation série; le réglage du champ des moteurs est réalisé par résistance et contacteurs de shuntage.

Le réglage continu de la tension aux bornes des moteurs, l'anti-cabrage électrique de bogie, la traction basse, le décel et l'enrayage sélectif du patinage confèrent à ces locomotives d'excellentes propriétés d'adhérence.

Pour la conduite de la locomotive, le conducteur dispose d'une manivelle présentant 7 crans de marche : 5 crans de tension aux bornes des moteurs régulièrement échelonnées, à excitation maximum et 2 crans de shuntage à tension maximum.

Au démarrage, et jusqu'à 53 km/h., l'effort développé par la locomotive est réglable de 37 à 234 kN au gré du conducteur. (Fig 52 -02).

Les locomotives sont équipées d'un frein rhéostatique à excitation indépendante réglée par les hacheurs.

Ce frein est combiné avec le frein pneumatique de manière à freiner la locomotive au maximum par le frein électrique, le frein pneumatique n'assurant que le complément indispensable à la réalisation de l'effort de freinage demandé.

Le frein rhéostatique peut être mis en service indépendamment du frein pneumatique.

52-03. Schéma haute tension.

Le courant est capté à la ligne caténaire au moyen de 2 prises de courant à pantographes Pt 1 et Pt 2 (Fig 52 -03).

Les pantographes sont reliés aux sectionneurs de pantographe SP1 - SP2 disposés dans la caisse : un parasurtension à éclateurs et résistance variable est branché directement sur le pantographe 2 (le sectionneur SP2 sert donc également de sectionneur d'élimination du parasurtension.)

Un sectionneur de mise à la terre STA permet de mettre à la terre la sortie des sectionneurs de pantographes et de court-circuiter les différents condensateurs des hacheurs (condensateurs du filtre d'entrée CF et C 50, condensateurs des circuits d'extinction CE des hacheurs et C2 des convertisseurs statiques). Ce sectionneur fait partie du dispositif de sécurité.

Après les sectionneurs panto, on trouve :

- les circuits auxiliaires non protégés par le disjoncteur ultra-rapide (DUR) comprenant d'une part la résistance et le contacteur de précharge du filtre d'entrée, protégés par le fusible FZ 100 et d'autre part, les diviseurs de tension pour le relais de tension nulle (RTNS) et pour

les voltmètres, protégés par le fusible FZ 101.

Ce fusible FZ 101 est branché derrière le fusible FZ 100 pour empêcher, en cas de fusion de ce fusible causée par un défaut dans le circuit de précharge du filtre, l'enclenchement du DUR (suite à la non fermeture du RTNS) et la charge brutale du filtre d'entrée;

- les circuits protégés par le DUR, comprenant les circuits de puissance à 3 KV et les circuits des auxiliaires à 3 kV.

Les circuits de puissance comprennent :

- le filtre d'entrée composé de la self d'entrée SF, des condensateurs CF, des résistances de décharge R1 et du circuit accordé L 50 - C 50.
La limitation du courant de charge du filtre d'entrée est assurée par la résistance RIFEW mise en service par le contacteur KIFE. Lorsque le filtre est chargé, l'alimentation du filtre d'entrée est assurée par le DUR, le contacteur KIFE étant maintenu ouvert. Le rôle du circuit accordé L 50 - C 50 est de maintenir constante l'impédance d'entrée à 50 Hz, quels que soient les circuits alimentés par le filtre d'entrée; en effet, le circuit L 50 - C 50 constitue, pour les composantes à 50 Hz, un court-circuit virtuel de la sortie du filtre d'entrée;
- les deux hacheurs, alimentés en parallèle, par l'intermédiaire des sectionneurs verrouillables KHA1 et KHA2 (à commande à distance) et protégés par les relais différentiels QD 1 et QD 2;
- les deux groupes de moteurs série M1 - M2 et M3 - M4 alimentés chacun par un hacheur au travers des selfs de lissage SM 1 ou SM 2.

Les 12 sectionneurs verrouillables (à commande à distance) TA1 - TA2 - TB1 - TB2 - TSA1 - TSA2 - FRA1 - FRA2 - FRB1 - FRB2 réalisent les couplages suivants :

- alimentation normale des moteurs par le hacheur correspondant en traction;
- alimentation des inducteurs des moteurs par le hacheur correspondant en freinage rhéostatique; les induits des moteurs débitent dans la résistance de freinage correspondante (WRF1 ou WRF2). Les ventilateurs MVRFl, 1.2 - 2.1 et 2.2 assurent le refroidissement du rhéostat. Le contrôle de la ventilation est réalisé par le relais différentiel QVFR. Le freinage rhéostatique n'est autorisé que si les 4 moteurs de traction et les 2 hacheurs sont en service;

- élimination des moteurs en même temps que le hacheur correspondant;
- mise en série des 4 moteurs de traction sur un hacheur; ce couplage peut être utilisé en cas de défaut à un hacheur pour conserver la totalité de l'effort de démarrage;
- Les circuits de retour de courant.

Les négatifs de tous les circuits de la locomotive sont rassemblés sur une borne TI; cette borne TI est reliée par 6 câbles aux 6 dispositifs de retour de courant montés sur 6 bouts d'essieux.

En cas d'avarie aux dispositifs de retour de courant, le retour du courant de traction est assuré par une liaison TI - caisse de la locomotive, les shunts caisse-bogie et les résistances de répartition disposées entre le châssis de bogies et les boîtes d'essieu.

52-04. Elimination des moteurs de traction et des hacheurs.

Les différentes commutations se font à l'intervention d'un commutateur EHM placé sur l'armoire BT. Ce commutateur comprend 6 positions :

1. Tout en service (fig. 52-04).
2. Ha 1 éliminé. Les 4 moteurs sont couplés en série sur le hacheur 2. Cette commutation permet en cas de panne au hacheur 1 de garder intégralement l'effort de démarrage, la puissance (et la vitesse) étant réduite de moitié (fig. 52.05).

Les sectionneurs verrouillables à commande pneumatique suivants sont fermés : KHA2 - TA2 - TSA2 - TSB2.

3. Ha 2 éliminé. Les 4 moteurs sont couplés en série sur le hacheur 1 (fig. 5 206). Les sectionneurs suivants sont fermés : KHA1 - TA1 - TSA1 - TSB 1.
4. Ha 1 et moteurs 1-2 éliminés. Cette commutation permet de garder les performances en vitesse, la puissance (et l'effort) étant réduite de moitié (fig. 52.07). Les sectionneurs KHA2 - TA2 - TB2 doivent être fermés.
5. Ha 2 et moteurs 3-4 éliminés (fig. 52-08). Les sectionneurs KHA1 - TA1 - TB1 doivent être fermés.
6. Position de mise en véhicule de l'engin, hacheurs et moteurs sont éliminés (fig. 52.09).

52.05. Inversion du sens de marche (fig. 52-10).

L'inverseur permet de modifier le sens de courant dans les inducteurs des moteurs de traction.

En position I, qui correspond au sens de marche "avant" pour la cabine I, l'inverseur réalise les connexions suivantes :

253-1 - 254.1; 256-1 - 263.1
253-2 - 256.2; 254-2 - 263.2.

En position II, qui correspond au sens de marche "avant" pour la cabine II, l'inverseur réalise les connexions suivantes :

253.1 - 256.1; 254.1 - 263.1
253.2 - 254.2; 256.2 - 263.2.

52.06. La hacheur Vernier.

Voir leçon 53, paragraphe 03 de la locomotive série 27 ainsi que la leçon 44

52.07. Freinage rhéostatique.

Les locomotives série 21 sont équipées d'un frein rhéostatique à excitation indépendante, pouvant développer un effort de retenue réglable d'après la position de manipulateur côté freinage et de la boule d'effort.

L'effort maximum réalisable, variable avec la vitesse, atteint 120 kN entre 47,5 et 60 km/h (fig. 52'-11).

Ce frein rhéostatique est en outre combiné avec le frein pneumatique, c.à.dire que lors d'une demande de freinage par une dépression dans la conduite générale, l'effort de freinage pneumatique est automatiquement réduit de la part réalisée par le frein rhéostatique; la régulation tend à réaliser le maximum de freinage possible par la voie électrique.

Pendant la marche en freinage rhéostatique, chaque groupe de 2 inducteurs est désolidarisé des induits correspondants; chaque groupe d'inducteurs est alimenté par le hacheur Vernier correspondant, via la self de lissage.

On voit donc que chaque hacheur peut réguler la valeur moyenne du courant d'excitation dans chaque groupe d'inducteurs. De ce fait, on régule la valeur du couple de freinage

Les groupes d'induits en série de chacun des 2 bogies débient sur un rhéostat de freinage WRF1 ou WRF2, mis en service par la fermeture des sectionneurs FRB1 ou FRB2. Les 2 rhéostats sont respectivement ventilés par les moteurs-ventilateurs MVRF11, MVRF12 et MVRF21, MVRF22, alimentés en talon sur une prise des rhéostats (environ 70 V.)

Le contrôle de la ventilation est assuré par le relais QVFR.

Les fonctionnements en freinage rhéostatique sont impossibles pour tous les cas d'élimination partielle et de marche en secours des moteurs de traction.

En position freinage, les sectionneurs suivants sont fermés : KHA1 - KHA2 - FRB1 - FRB2 - FRA1 - FRA2 - TB1 - TB2 (fig. 52.12).

La mesure du courant d'excitation nécessaire à la régulation du courant d'induit est fournie par les transducteurs de courant TR11 ou TR21 qui se trouvent dans les ensembles H1 et H2. La mesure des courants d'induits réalisés est fournie par les transducteurs TR12 et TR22.

52.08. Circuits auxiliaires à 3.000 V. protégés par le DUR.

Les circuits auxiliaires à 3.000 V. protégés par le DUR comprennent :

- l'alimentation de la conduite de chauffage train, commandée par 2 contacteurs électropneumatiques KCHVT1 et KCHVT2 et protégée par le relais à maxima QCHVT.

Un accouplement de chauffage comportant une boîte d'accouplement fixe, un coupleur à fiche et une boîte de repos est installé sur chaque extrémité de la locomotive. Un sectionneur de mise à la terre de la conduite de chauffage SCHV est prévu. Ce sectionneur fait partie du dispositif de sécurité.

- le chauffage des cabines de conduite des locomotives; les batteries de chauffe RCHLW1 et RCHLW2 sont commandées par le contacteur KCHVL et protégées par le fusible FZ 102;
- les 2 convertisseurs statiques C01 - C02 alimentés derrière la self L 50 par l'intermédiaire des contacteurs KC011 et KC021; ils sont protégés par les fusibles FZC01 et FZC02. Ces convertisseurs statiques délivrent une tension continue de 440 V. pour les auxiliaires 440 V. et une tension continue de 110 V. pour les auxiliaires 110 V. et la charge batterie.

5 2.09. Description des circuits auxiliaires à 440 V. continu.

Chaque convertisseur statique alimente normalement sous la tension de 440 V. un groupe moteur-compresseur, le groupe moteur-ventilateur des moteurs de traction correspondant et un groupe moteur-ventilateur de self (fig. 52.13).

Chacun des moteurs de ces groupes est commandé par un contacteur électromagnétique (KMC1 et KMC2, KVMT1 ou KVMT2, KVSM ou KVSF) et protégé par un disjoncteur magnéto-hydraulique (DMC1 ou DMC2, DVMT1 ou DVMT2, DVSM ou DVSF), dont les contacts agissent dans les circuits de commande.

Un shunt de mesure (R. 8/1 ou R 8/2, R 9/1 ou R 9/2, R 7/1 ou R 7/2) est placé en série avec chaque moteur; les signaux à leurs bornes sont utilisés dans le régulateur de la tension 440 V. du convertisseur statique pour contrôler le courant de démarrage et assurer la protection.

L'ensemble des 3 groupes est mis sous tension par le contacteur 440 V. du convertisseur (KC012 ou KC022).

En situation normale, le contacteur KMPV assure la séparation des deux groupes d'auxiliaires.

En cas d'avarie à un convertisseur conduisant à son élimination (contacteurs KC011 et KC012 ou KC021 et KC022 ouverts, deux cas peuvent se présenter.

1. On élimine également le hacheur et les moteurs correspondants (c.à.dire une unité de traction complète) dans ce cas le convertisseur restant alimentera ses 3 groupes moteurs d'auxiliaires associés, plus le second groupe moteur-ventilateur de self (fermeture du contacteurs KMPV et des autres contacteurs d'auxiliaires, sauf des contacteurs moteur-compresseur et moteur-ventilateur des moteurs de traction de l'unité de traction éliminée).

Les pleines performances de l'unité de traction en service sont autorisées.

2. On n'élimine pas les moteurs de traction correspondants; dans ce cas le convertisseur restant alimentera, outre ses 3 groupes moteurs d'auxiliaires associés, le second groupe moteur-ventilateur de self et le second moteur-ventilateur des moteurs de traction, mis en série avec l'autre MVMT par la fermeture du KVMTS. (Tous les contacteurs d'auxiliaires sont fermés, sauf le contacteur moteur-compresseur du convertisseur éliminé, et le contacteur KVMT 2).

Puisque les 2 MVMT sont en série, ils tournent à mi-vitesse; il s'ensuivra une diminution de la ventilation entraînant une légère réduction des performances possibles (rappelée au conducteur par l'allumage de la lampe jaune LC sur la table de bord).

52.10. Description des circuits 110 V. continu.

Les 2 sorties 110 V. des convertisseurs sont mises en parallèle par l'intermédiaire d'une diode. Les circuits 110 V. comprennent (figure 52-13).

- par hacheur, un groupe de 4 moteurs-ventilateurs; les moteurs sont des moteurs asynchrones triphasés, alimentés par un onduleur (U1 ou U2). L'onduleur est alimenté par la sortie 110 V. du convertisseur CO. Il se limite à transformer le 110 V. continu en 110 V. alternatif triphasé; la fréquence étant déterminée par la régulation de l'onduleur. Le courant d'entrée de l'onduleur est limité par la sortie du convertisseur grâce au shunt de mesure R3. L'onduleur est protégé par un disjoncteur magnéto hydraulique DVH.

- les circuits des utilisations non prioritaires qui ne sont sous tension que si un convertisseur statique au moins fonctionne: ce sont les thermoboxes, les antibuées, les lanternes de secours, les disques de queue et le chauffage du sécheur d'air;

- la batterie et tous les circuits de commande d'asservissement et de contrôle.

Ces circuits permettent d'effectuer la conduite de la locomotive de l'une ou l'autre de ses cabines de conduite, de la cabine de conduite d'une voiture pilote accouplée (les commandes basse tension et les signalisations se faisant par l'intermédiaire de 2 coupleurs à 19 fils) ou de la cabine de conduite d'une autre locomotive accouplée, (les commandes basse tension et les signalisations se faisant par l'intermédiaire de 3 coupleurs à 19 fils).

La batterie comporte 75 éléments du type Cadmium Nickel en série d'une capacité de 100 Ah.

La régulation de la tension batterie est effectuée par les 2 convertisseurs statiques dont les sorties sont mises en parallèle.

52.11. Schéma de puissance du convertisseur statique.

Le convertisseur peut être considéré, dans son principe, comme un hacheur à fréquence variable en temps de conduction fixe alimentant un transformateur de sortie qui réalise la séparation galvanique entre l'entrée HT et la sortie

BT. De ce fait, on pourra régler la tension moyenne de sortie par action sur la période T de fonctionnement (figure 52-14).

Le convertisseur ne possède pas de thyristor d'extinction le temps de conduction constant correspondant à la période d'oscillation du courant Le-Ce. La décharge du circuit oscillant Le-Ce, immédiatement après sa charge, assure l'extinction des thyristors principaux.

L'ensemble filtre d'entrée et circuit 50 Hz des hacheurs forme le filtre d'entrée des convertisseurs; à noter que les critères d'impédance et d'harmoniques sont évidemment satisfaits.

Les locomotives série 21 possèdent 2 convertisseurs statiques, dont le transformateur possède 2 secondaires. Ces secondaires alimentent un ensemble redresseur, self de lissage, condensateur de filtrage et diode de roue libre fournissant une sortie 440 V. et 110 V. continu.

Régulation.

- La fréquence de travail varie en raison inverse de la tension d'alimentation du convertisseur : la fréquence est comprise entre 1200 Hz et 240 Hz.
- En réalité, dans les 2 sorties, la diode D4 est remplacée par un thyristor vernier Th 4.
La régulation de la fréquence de hachage tend uniquement à maintenir constante la tension moyenne sur le transformateur.

Ensuite, la régulation par le thyristor vernier assure un réglage fin de la tension de sortie.

- Le thyristor dans la sortie 440 V. assure la limitation du courant de démarrage des moteurs auxiliaires et la régulation de la tension 440 V. lorsque les moteurs sont démarrés.
- Le thyristor dans la sortie 110 V. assure la limitation du courant de démarrage des moteurs-ventilateurs-hacheur et la régulation de la tension batterie.

52.12. Elimination des convertisseurs statiques.

Le commutateur ECO à 3 positions placé sur l'armoire BT permet :

- position 1 : 2 convertisseurs en service;
- position 2 : convertisseur 1 éliminé, tous les moteurs-ventilateurs, un moteur-compresseur et la

charge batterie étant assurés par le convertisseur 2;

- position 3 : convertisseur 2 éliminé, toutes les alimentations sauf 1 moteur-compresseur se faisant à partir du convertisseur 1.

52.13. Moteurs de traction.

Les différences entre les locomotives séries 27 et 21 résident en leurs puissances ce qui entraîne des valeurs de réglage de consigne courant du hacheur et des moteurs de traction différents. Les locomotives séries 27 et 21 sont équipées respectivement de moteurs de traction LE 921 S et LE 622 S. Les principales caractéristiques sont :

	LE. 622 S.	LE 921 S.
<u>Régime continu.</u>		
Puissance	782 KW.	1.048 KW.
Tension	1.400 V.	1.250 V.
Courant	590 A.	876 A.
Vitesse.	1.167 tr/min.	1.109 tr/min.
<u>Régime unihoraire.</u>		
Puissance.	828 KW.	1.106 KW.
Tension.	1.400 V.	1.250 V.
Courant.	625 A.	925 A.
Vitesse.	1.140 tr/min.	1.080 tr/min.
Vitesse max. en service.	2.615 tr/min.	1.980 tr/min.
Essai de survitesse.	3.269 "	2.475 tr/min.
Enroulement d'induit.	Parallèle.	Parallèle.
Excitation.	Série.	Série.
Nombre de pôles.	4	6
Isolation d'induit et inducteur.	Classe F.	Classe F.
Ventilation forcée.	125 m ³ /min.	125 m ³ /min.
Poids induit.	1.140 kg.	1.350 kg.
moteur.	3.510 kg.	4.060 kg.
Diamètre extérieur de l'induit.	660 mm.	740 mm.
Longueur masse de tôles.	260 mm.	300 mm.
Diamètre collecteur.	435 mm.	530 mm.

Longueur utile.	100 mm.	120 mm.
Nombre de lames.	310	450
Nombre de lignes de balais.	4	6
Nombre de balais par ligne.	2	3
Poussée sur le balai neuf.	4,2 daN	2,5 daN.
Section balais.	(2 x 12,5) x 45 mm.	(2 x 10) x 36 mm.

Locomotive série 21

HLE 14

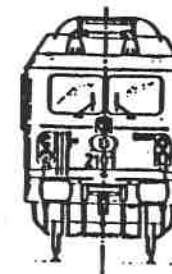
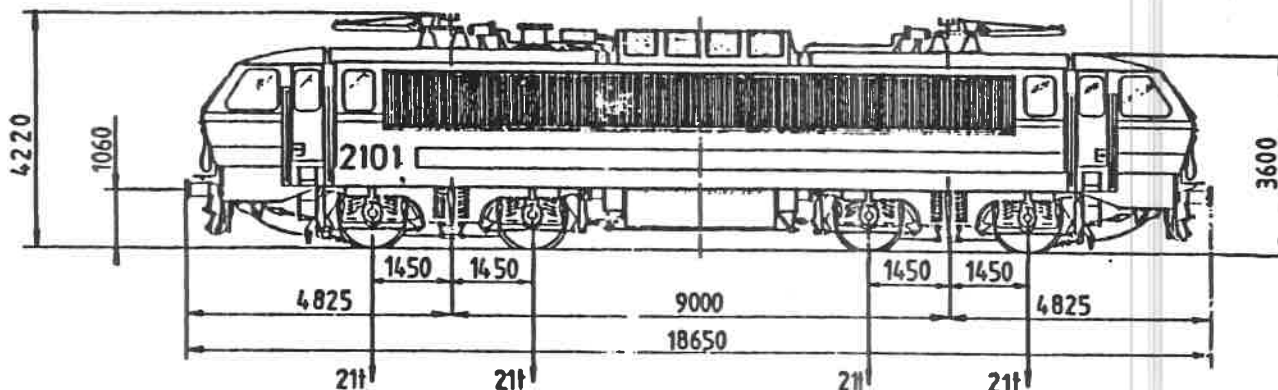


FIG. 52.01

GENERALITES

PARTIE MECANIQUE

PARTIE ELECTRIQUE

Effectif :	1 ^{ère} sér.	30
	2 ^{ème} sér.	30
Type :		Bo-Bb
Masses totales :	t	84
Numérotation :		2101 à 2130 (1 ^{re} sér.) 2131 à 2160 (2 ^e sér.)
Puissance continue :	kW	3130
Tension de service :	kV	3
Vitesse maximum :	km/h	160/ 120
Masse max. par essieu :	t	21
Effort max. au démarrage :	kN	234
Rayon min. de courbe :	m	100
Diamètre des roues :	mm	1250

Constructeur : Constr. Ferrov. et Metall. (B & W) à Nivelles

Année de construction : 1983/1985 (1^{ère} sér.)
1986/1988 (2^{ème} sér.)

Freinage : Frein automatique de service et frein direct de manœuvre. Frein de secours agissant sur la conduite de frein autom. Frein électrique rhéostatique. Le frein autom. comprend le régime "Marchandises-Voyageurs" et le régime "Haute puissance" (à 2 étages de press.). Le robinet de mécanisme du frein autom. est du type Corlikon FV4.

La locomotive est pourvue d'un frein antipatinage, 2 compresseurs "Huboo" type 242 VB 79 alimentant 4 réservoirs d'une capacité totale de 1 000 l.

Un frein à vis placé dans chaque cabine de conduite et agissant chacun sur les 4 blocs frein d'un bogie.

Bogie : la locomotive est équipée de bogies BH - ACBC avec suspension
 { primaire: Winterthur
 { secondaire: Flexicoll

Chauffage des cabines de conduite par batterie de chauffe électrique à air pulsé.

Equipement de traction :

Constructeur : A.C.E.C. Charleroi.

Type de commande : équipement de démarrage à thyristors à commande électronique.

Moteurs de traction : type LE 622 S avec excitation en série.

Nombre : 4

Puissance unihoraire : 128 kW *

Puissance continue : 78 kW

Suspension : élastique sur 3 points.

Transmission : élastique
 - Transmission BBC - rollerantrieb.

Rapport d'engrenages : 116/31 = 3,742.

Equipement de frein électrique :

Constructeur : A.C.E.C. Charleroi

Type : rhéostatique avec réglage électronique des inducteurs de MT ; couplés en excitation indépendante et combiné ou pas avec frein pneumatique.

Rhéostat : puissance max. 1 880 kW *

Ventilation : 4 ventilateurs Leroy-Somer T 22 9 kW - 80 V - 4500 tr/min.
 Débit : 163 m³/min. à 4500 tr/min.

Appareillage auxiliaire :

2 convertisseurs statiques : 3 kV - 2 x 55 kW avec sorties 440 V et 110 V

2 x (2 ventilateurs sur un moteur) pour les mot. de traction: 440 V - 18,6 kW - type A.C.E.C. 2600 tr/min. - débit : 125 m³/min. *

2 x moteurs-ventilateurs : pour selfs, 440 V - 4,5 kW - type A.C.E.C. 1600 tr/min. Débit : 120 m³/min. *

8 moteurs-ventilateurs : pour hacheurs, - moteurs asynchrones 110 V incorporés dans les ventilateurs.

2 moteurs-compresseurs :

- moteur 440 V - 11 kW type A.C.E.C. 1050 tr/min.

- compresseur : Wabco-Westinghouse type 242 VB 79 avec 2 étages de pression et 4 cylindres.

1 batterie : chargée en permanence par les 2 convertisseurs en //.

Batteries SAFT type KPM - 100 Ah avec 75 éléments 100 V - tension de charge 115 V.

* Valeurs calculées 29.09.85

Satisfait au gabarit UIC

C1270 / 5
1987

Diagramme $F = f(V)$ en traction

HLE Type 21

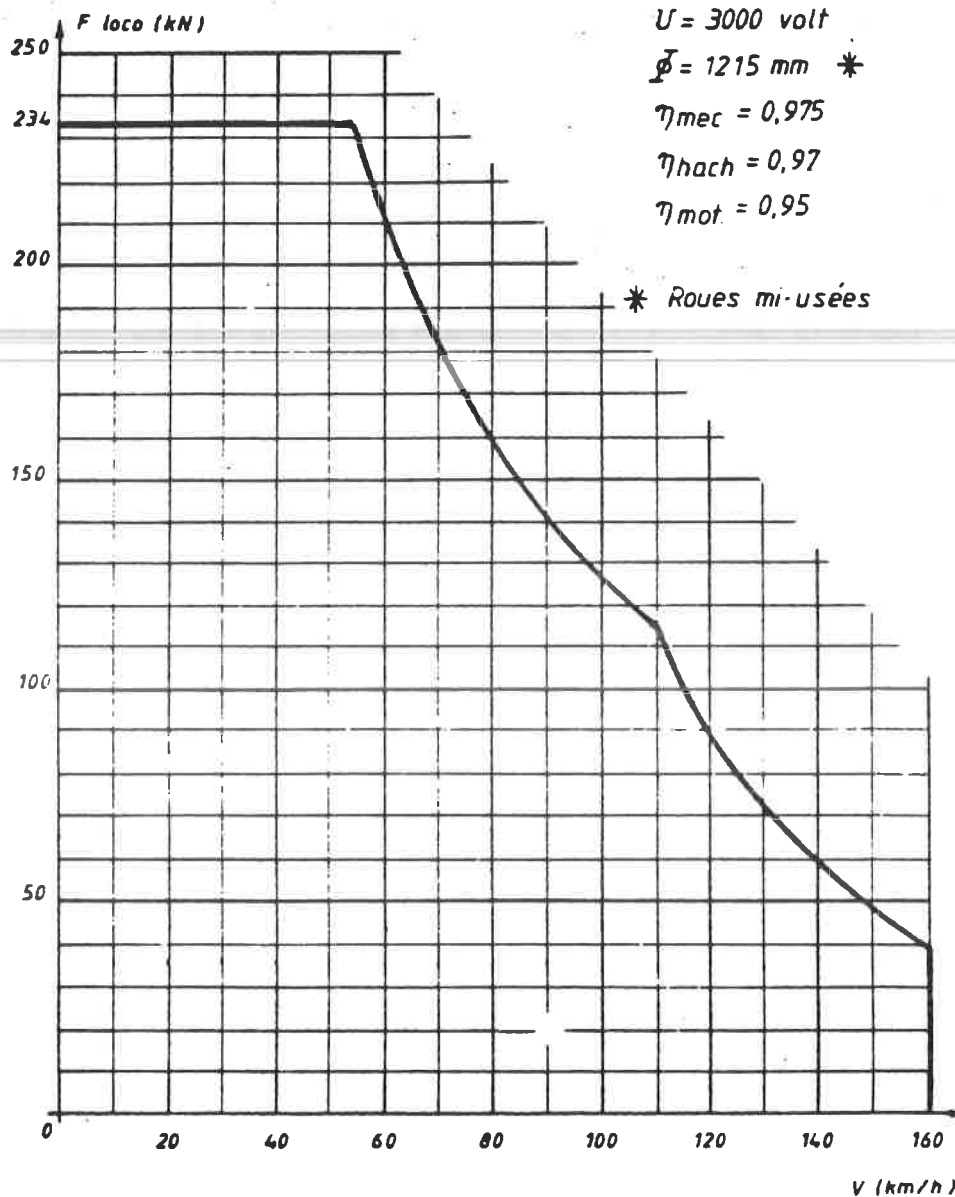


Fig. 5²-02.

C1270
1987/52

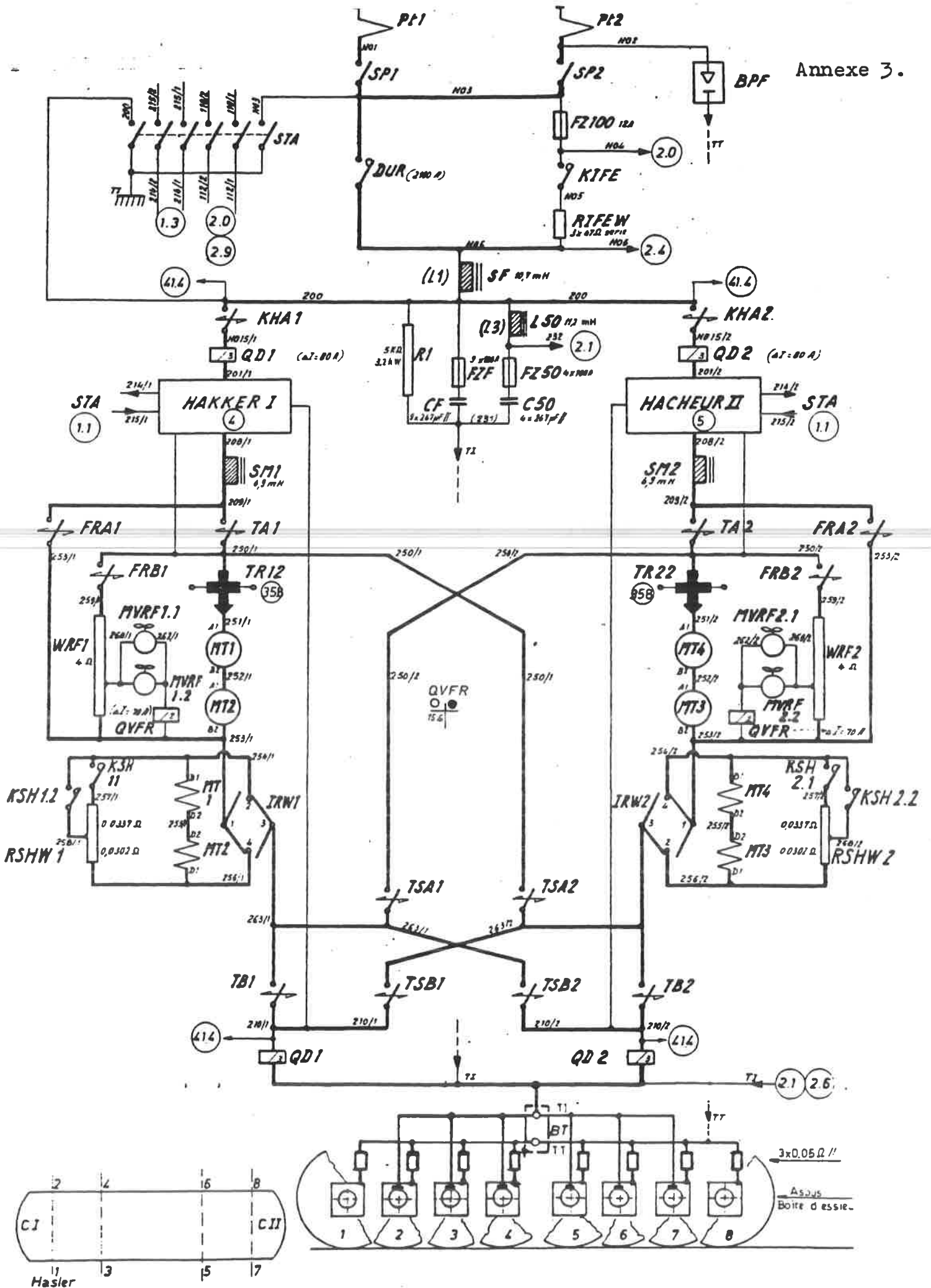
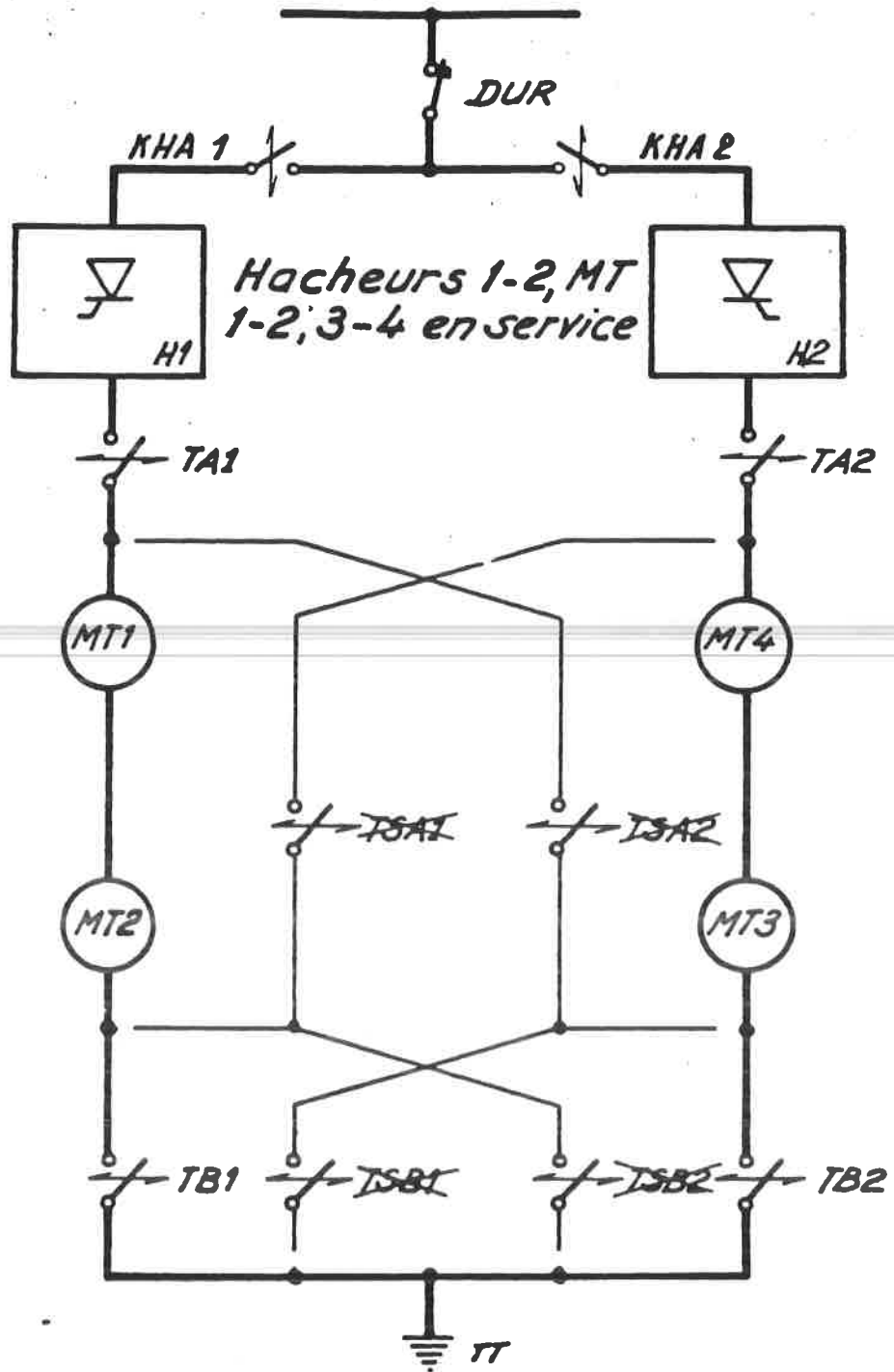


Fig. 52.03



C1270
1987/52

Fig. 52-04.

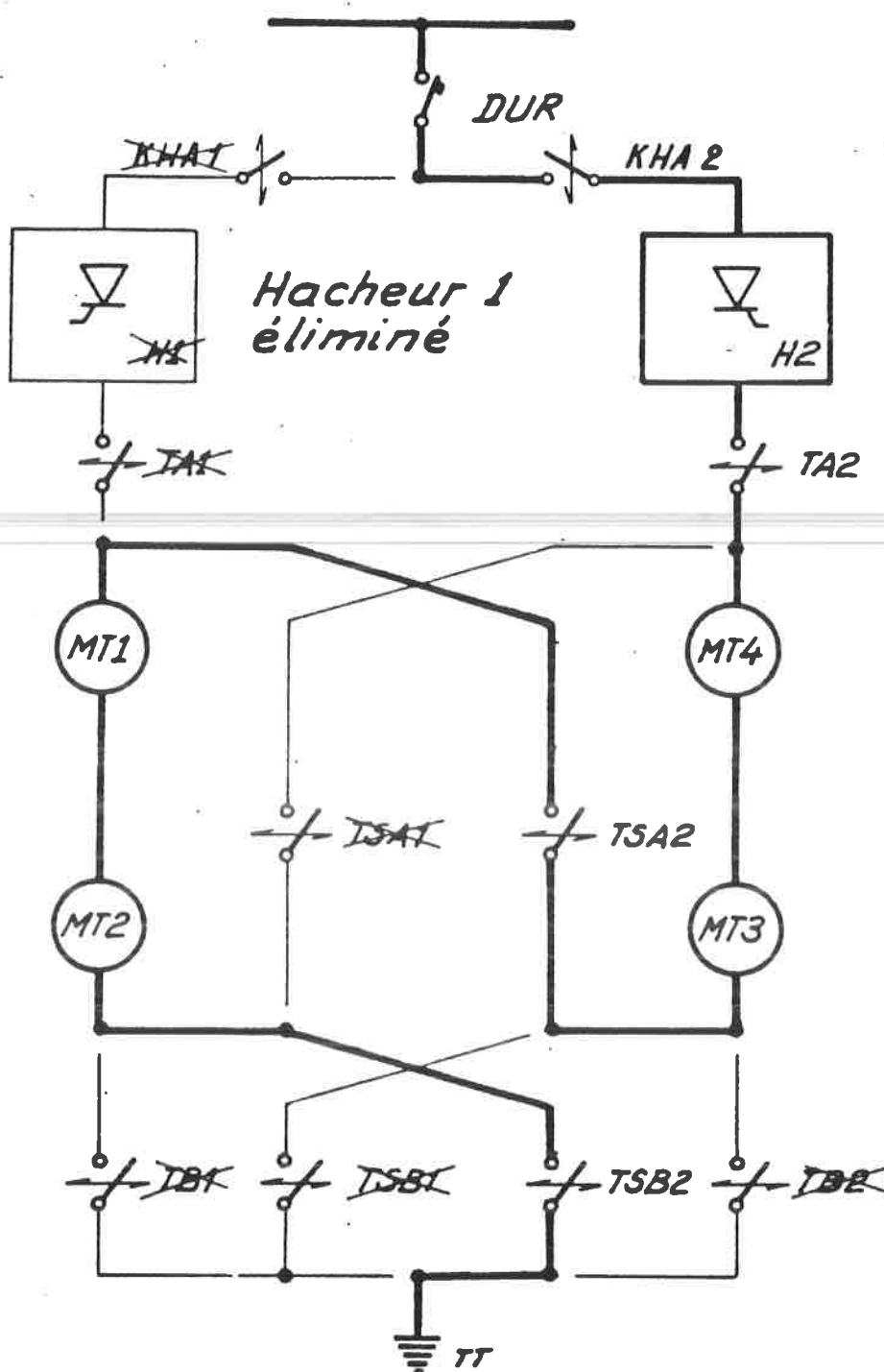


Fig. 5 205.

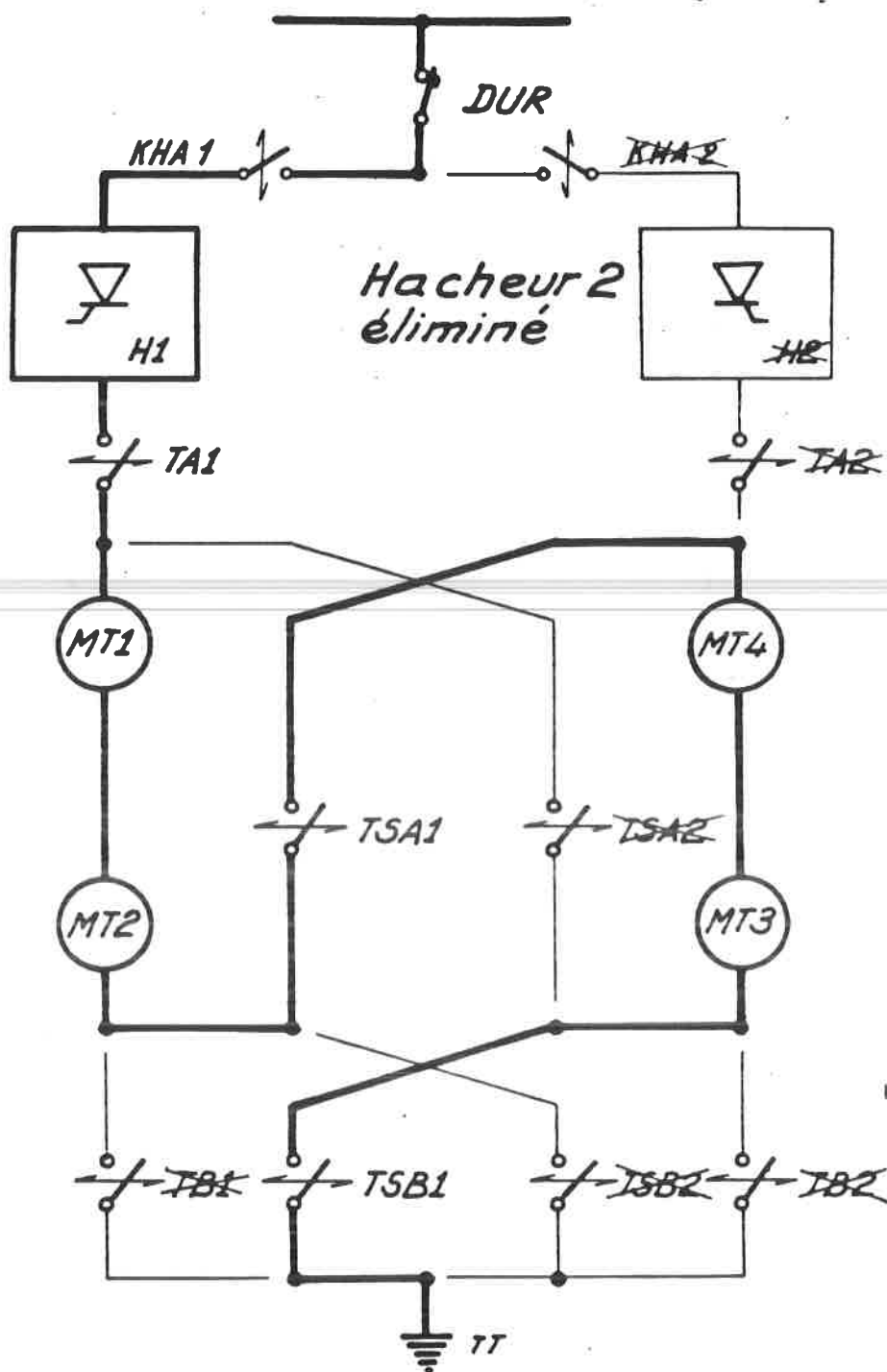


Fig. 52-06.

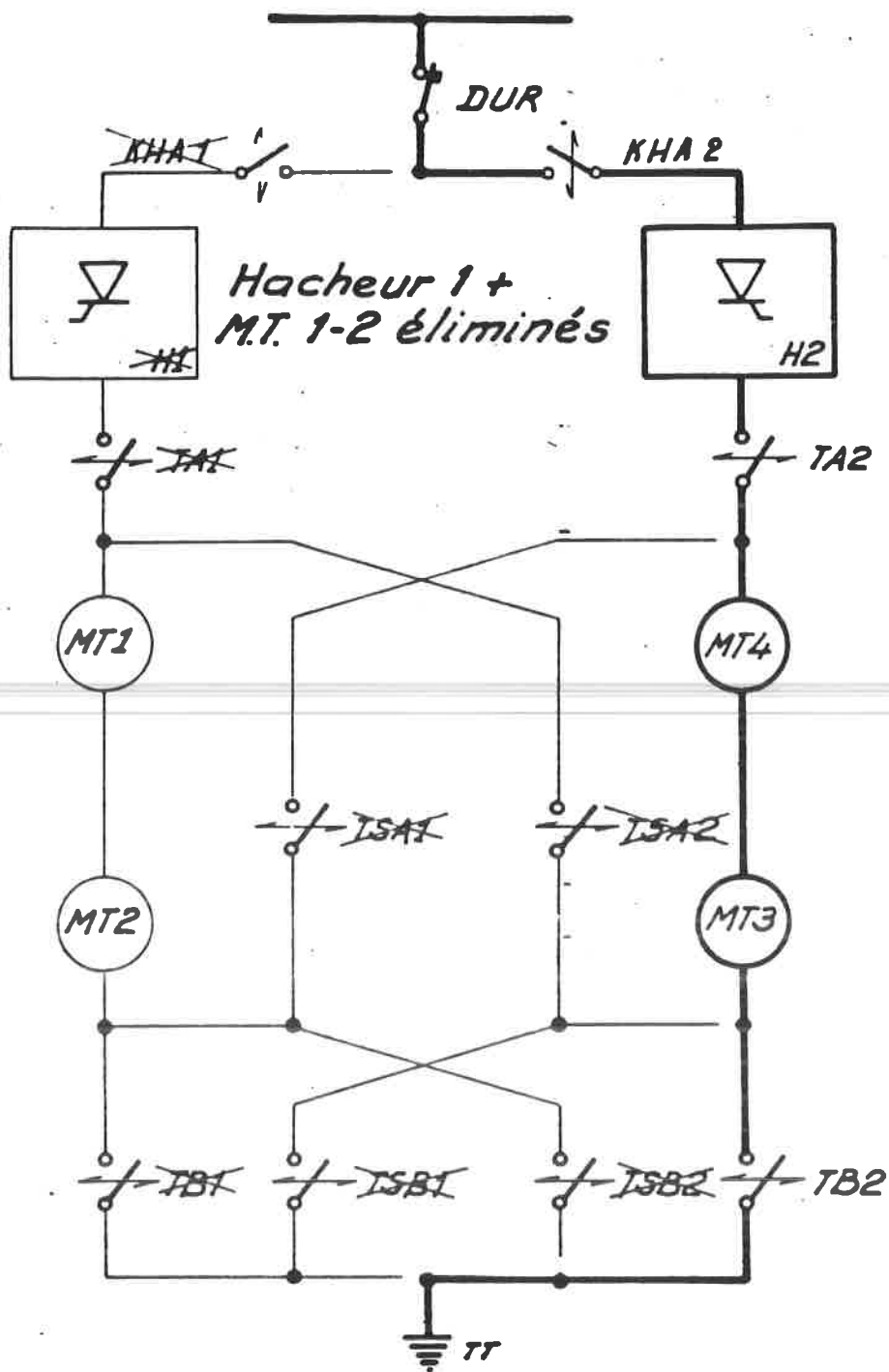


Fig. 52-07.

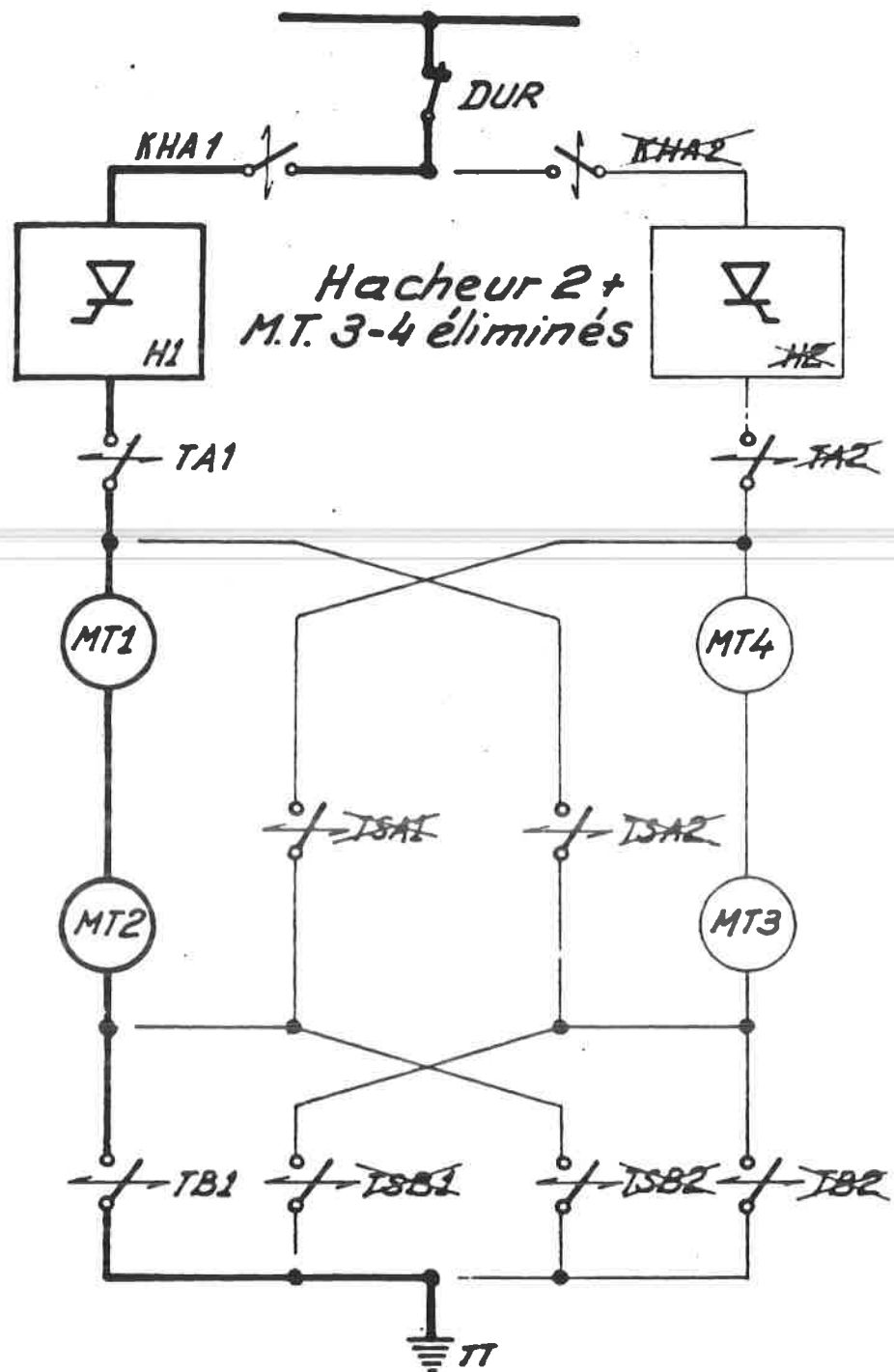


Fig. 52-08.

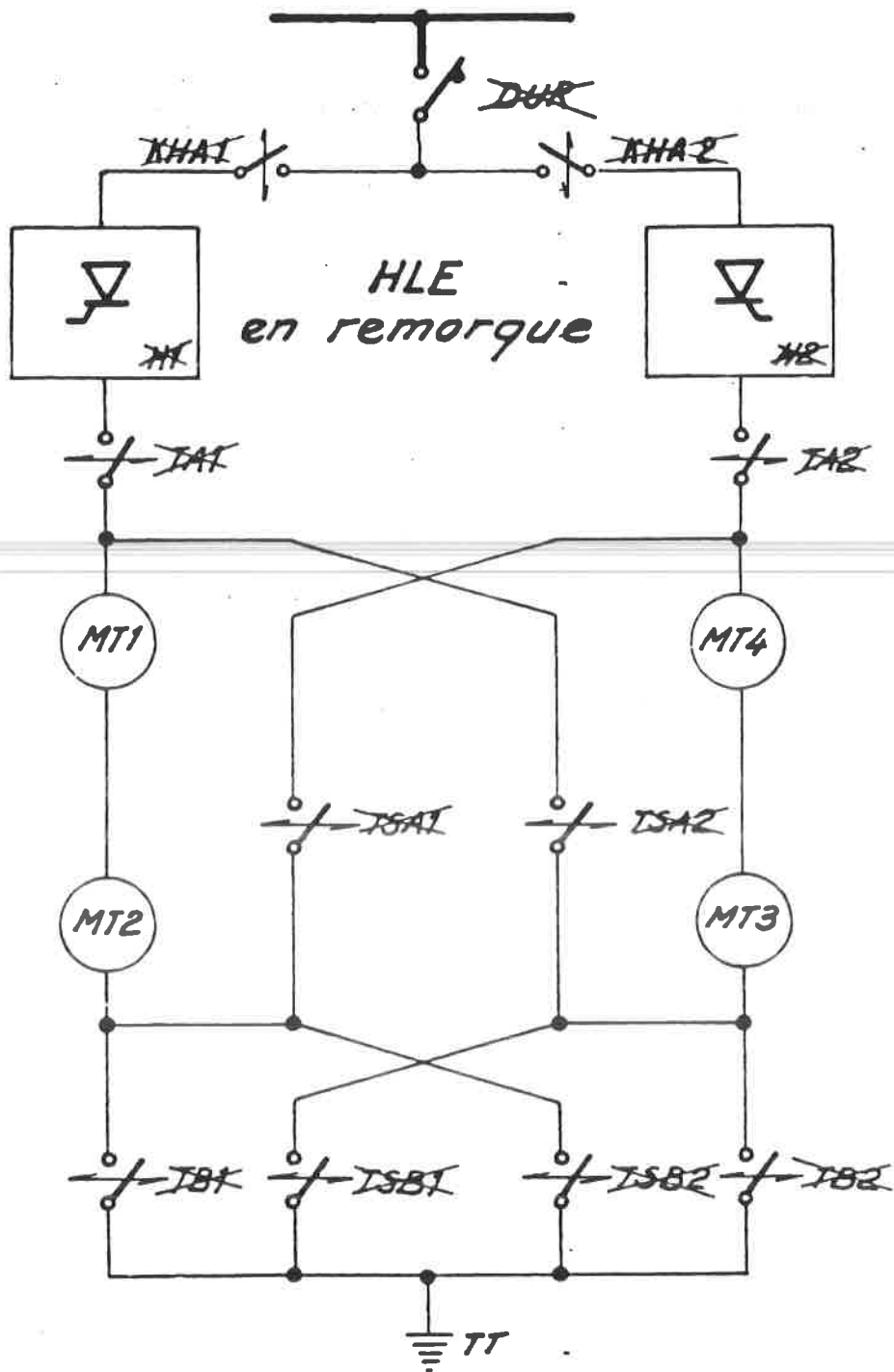


Fig. 52-09.

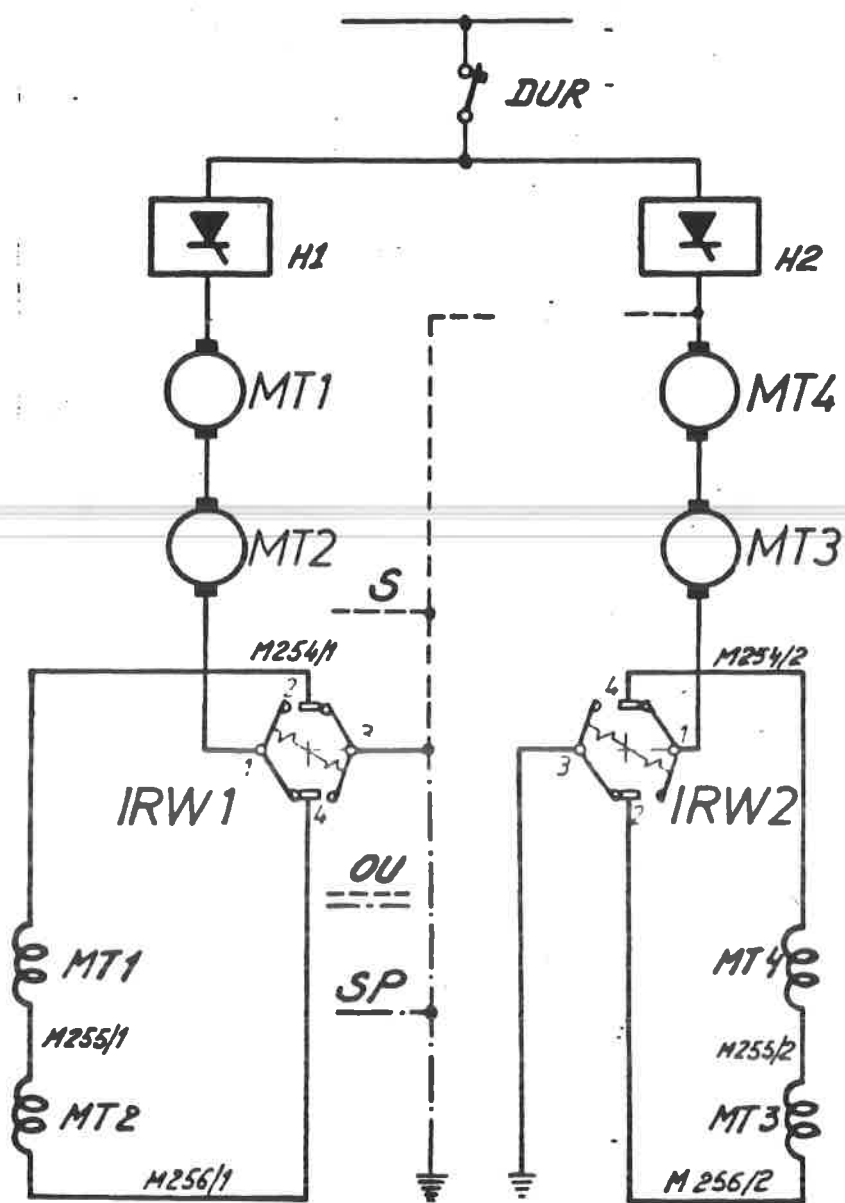


Fig. 5210

C1270
1987/52

HLE 21 - 3150 kW
CARACTERISTIQUES SPECIFIEES DE FREINAGE

ϕ roze mi-usée = 1215 mm
 rapport de reduc = 116/31 = 3,742
 rendement estimé réducteur = 0,975
 résistance de freinage = 1,98 n

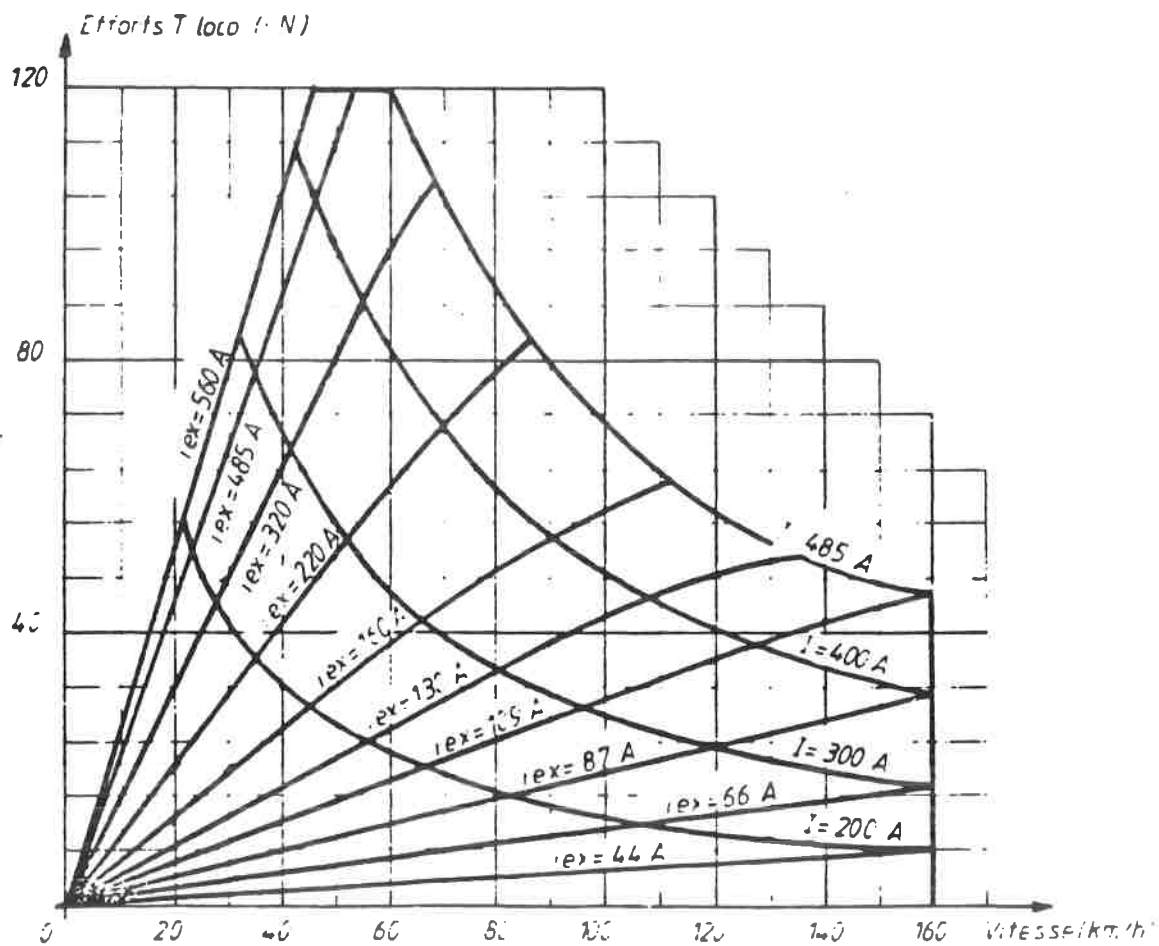


Fig. 52-11.

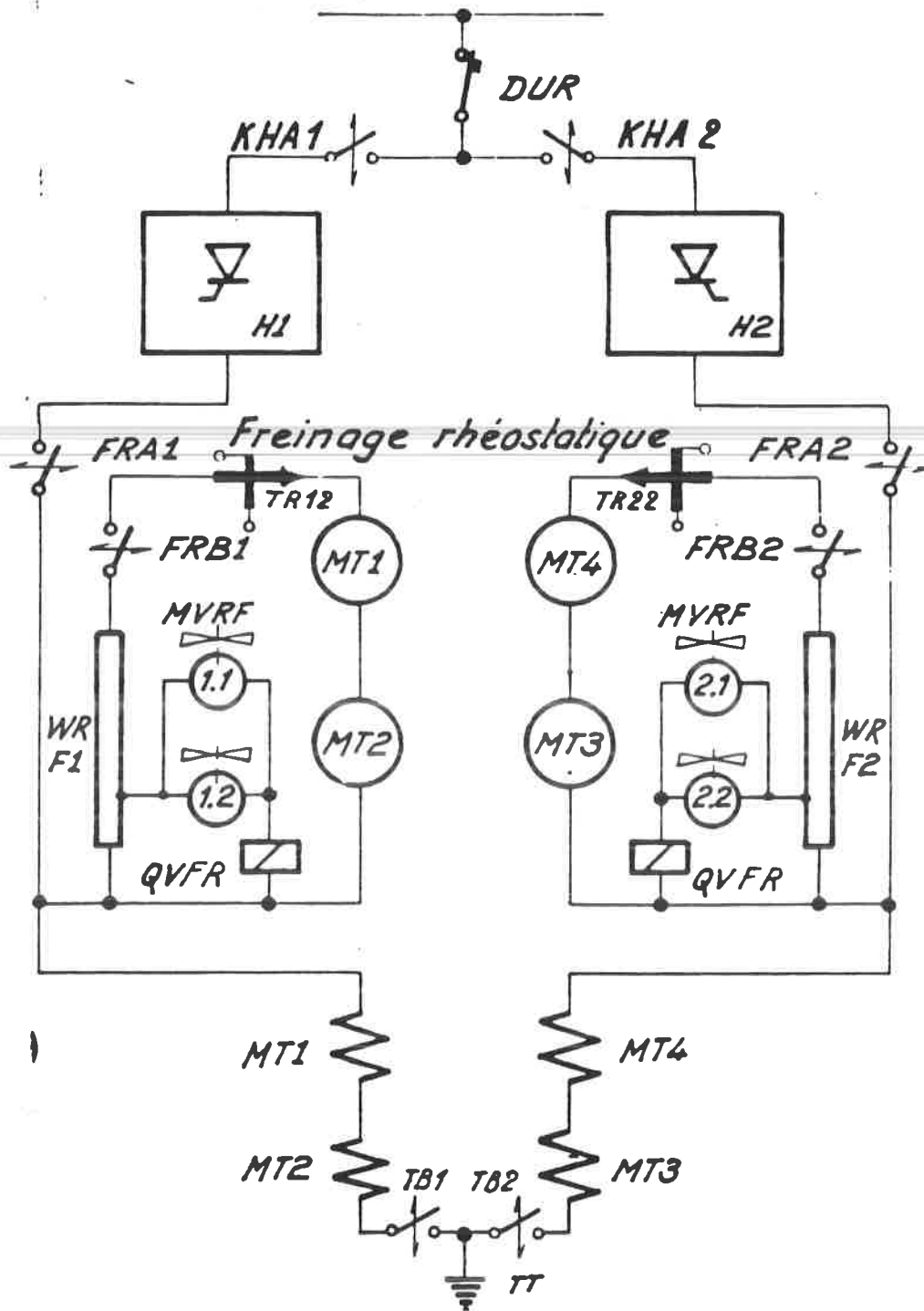


Fig. 52-12.

Annexe 13.

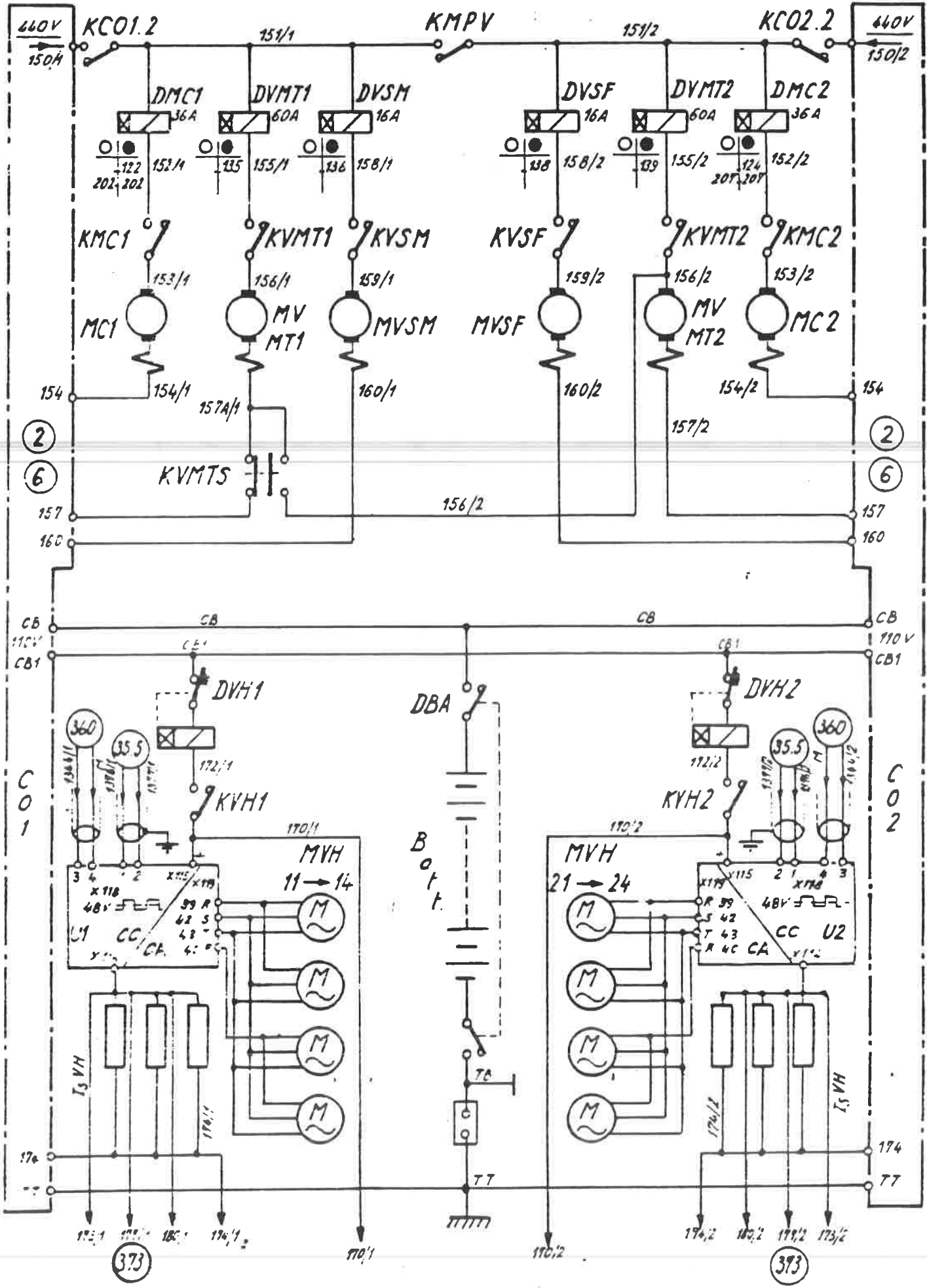
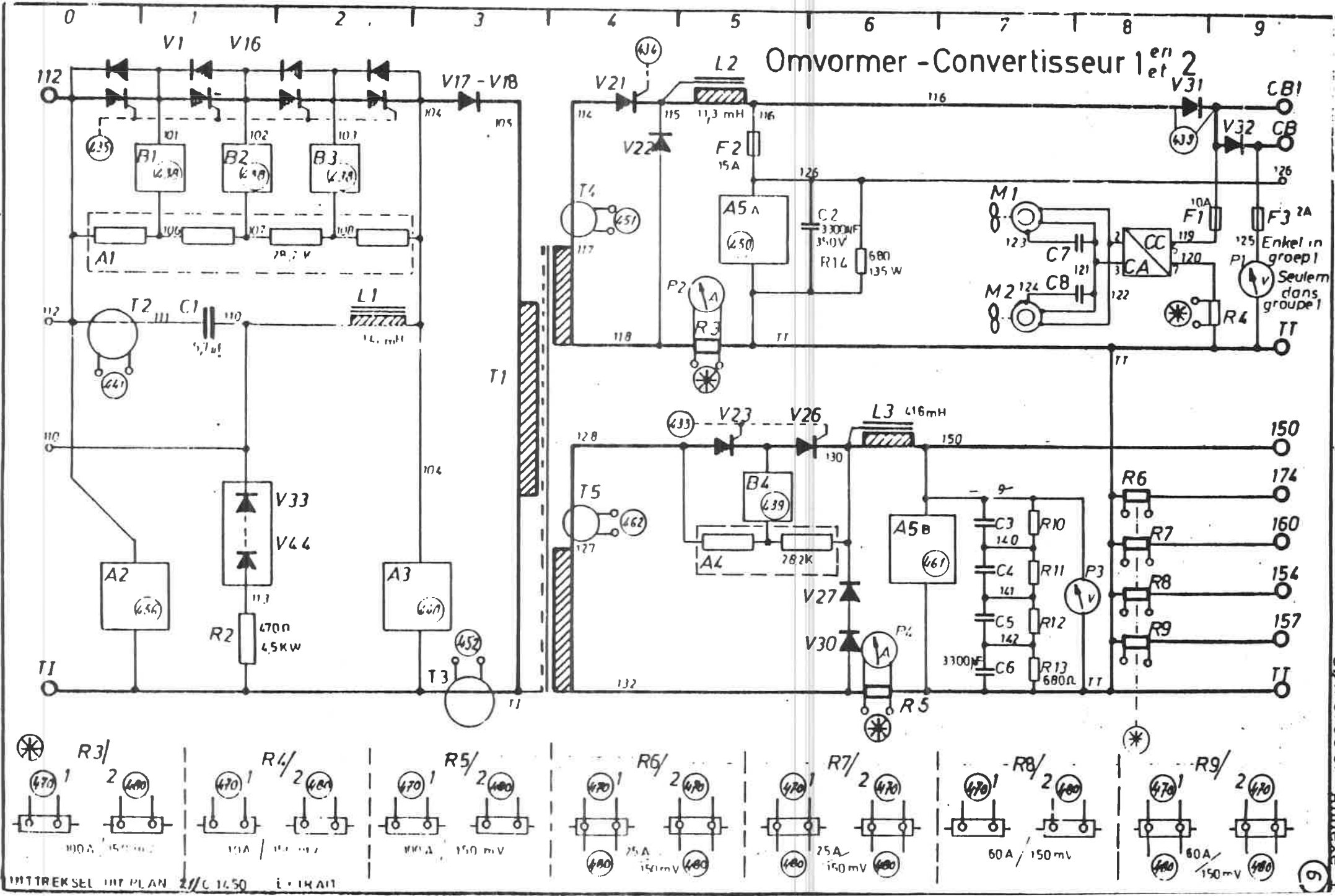


Fig. 52-13.

FIG. 52.14 Cours 1270



LOCOMOTIVES SERIE 2753.01. Considérations générales

L'expérience acquise avec les locomotives série 20 a permis de tirer quelques conclusions fondamentales pour la conception de nouvelles machines :

- 1° L'utilisation de locomotive CC n'est justifiée que sur la ligne du Luxembourg.

Le fait d'avoir abandonné (définitivement ?) l'idée d'une généralisation de l'attelage central en Europe, l'effort de traction devra rester limité à 240 kN par locomotive. Par conséquent, la double traction (ou l'unité multiple) avec des locomotives CC pouvant développer un effort de 300 kN n'est plus rationnel.

Il a été décidé d'acquérir 60 locomotives type BoBo ayant une puissance de plus de 4 000 Kw.

Elles doivent servir en principe à la remorque de trains de voyageurs lourds avec horaire accéléré.

En prévision d'une augmentation de la vitesse maximum autorisée sur certaines lignes, ces machines sont conçues pour 160 km/h.

Comme la charge maximum remorquable dépend principalement du poids adhérent (840 kN) il ne faut donc pas s'attendre à pouvoir prendre plus de charge qu'avec les locomotives séries 23 - 26.

La fig. 53 .01 donne les caractéristiques générales de ces locomotives tandis que la fig. 53,02 montre la courbe effort - vitesse en comparaison avec une locomotive série 23.

- 2° Une deuxième conclusion concerne l'excitation indépendante des moteurs de traction des locomotives série 20 (à caractéristique série).

Cet artifice électronique a été abandonné pour des raisons de simplification; les inducteurs sont à nouveau placés 2 par 2 en série avec les induits.

- 3° En ce qui concerne les services auxiliaires, la voie engagée avec les locomotives série 20 a également été abandonnée.

Le réglage de la vitesse de rotation du groupe moteur alternateur 380 V - 60 Hz tant à vide qu'en charge et ce, entre 2700 et 3600 V est un problème délicat.

Ce groupe rotatif de 300 kVA pose également des problèmes d'environnement à cause du niveau sonore élevé.

L'on s'avisa de trouver un convertisseur statique (55 kW) commandé par thyristors qui transforme le courant 3 kV en courant alternatif (+ 200 Hz). Ensuite, ce courant est redressé via un groupe transfo redresseur qui nous livre du courant continu 440 et 110 V.

Ainsi, les services auxiliaires sont alimentés en courant continu mais cette fois, en *basse* tension ce qui ne devrait poser aucun problème de maintenance.

53.02. Schéma haute tension

Sur le schéma de la fig. 53.03 nous retrouvons les différentes composantes d'un équipement à thyristors.

- Le contacteur KIFE avec résistance pour la charge des filtres d'entrée SF - CF et L50 - C50.
- Le dispositif de mise à la terre qui devra également décharger les condensateurs des filtres et du circuit d'extinction des thyristors.
- Les commutateurs verrouillés KHA1-2 pour alimentation (et isolement) des hacheurs.
- Les moteurs de traction se trouvent deux à deux en série avec une self de lissage SM1-2.
- Nous retrouvons aussi les commutateurs type IB35 - IRW1 et 2.
- Les inducteurs peuvent être shuntés au moyen des contacteurs KSH 11-12 et 21-22.
- Ce qui est nouveau, ce sont les 12 contacteurs commandés à distance par un interrupteur à 6 positions.

L'on peut successivement réaliser les schémas suivants : (fig. 53.04)

- tout en service
- 1 hacheur isolé et 4 moteurs en série
- 1 groupe hacheur + 2 moteurs isolés
- tout isolé (hle comme véhicule)

Le conducteur ne devra donc plus se rendre dans la cabine HT que très sporadiquement.

Le freinage *rhéostatique* est réalisé par excitation indépendante des inducteurs au moyen du hacheur. C'est le rôle du contacteur FRA tandis que le contacteur FRB envoie le courant de l'induit dans les résistances de freinage.

Le *rhéostat* est refroidi par 2 moteurs-ventilateurs qui sont placés en déviation dans le circuit.

Le freinage *rhéostatique* peut être réglé par la boule d'effort (hacheur) mais fonctionne aussi d'une manière entièrement automatique lors d'un freinage pneumatique. (max. 120 kN à 80 km/h).

53.03. Le hacheur (fig. 53.05.)

Le schéma du hacheur se distingue du schéma classique par deux améliorations.

- 1° Le circuit d'extinction n'est plus relié directement à la masse mais se trouve en parallèle sur Th1.

Il s'ensuit une sollicitation moindre pour le condensateur CF du filtre d'entrée par où passait le courant de décharge du circuit d'extinction.

Le condensateur C2 est également moins sollicité car la tension maxima entre ses bornes ne dépassera plus 3000 V. (6000 par rapport à la masse).

- 2° Fonctionnement comme vernier

Nous savons que le rapport cyclique est limité par les temps réels d'extinction et d'allumage des thyristors Th1.

En remplaçant la diode série par un thyristor "Thv", on obtient un réglage fin de la tension aux moteurs jusqu'à 0.

En effet, tant que Thv s'allume en même temps que Th1, rien n'est changé (fig. 53.06-a) par rapport à la diode série.

En allumant Thv un peu plus tard (fig. 53.06-b), l'on voit que le rapport cyclique peut se réduire à 0.

Il a été nécessaire d'ajouter une self au schéma pour provoquer l'extinction du Thv au moment du passage du courant dans la diode de roue libre D.

Grâce à ce procédé, une seule fréquence de hachage (150 Hz) convient, tant pour la période de démarrage qu'à pleine puissance.

53 .04. Convertisseur

Le convertisseur statique est représenté à la fig. 53.07.

En principe, il peut être comparé à celui des AM 80 mais la tension des services auxiliaires est de 440 V (110 V pour charge batterie).

Nous retrouvons le circuit d'extinction sans thyristors. La variation de la tension de ligne est compensée par une variation de la fréquence de hachage dans le circuit primaire du transfo (100 - 240 Hz).

En dessous de 240 Hz, ce sont les thyristors "Vernier" qui règlent la charge batterie.

Les 440 V cc sont à nouveau converti en 220 V ca pour l'alimentation des moteurs ventilateurs du convertisseur.

53.05. Auxiliaires (fig. 53.08)

La locomotive dispose de 2 convertisseurs.

Chaque groupe alimente 3 moteurs à 440 V (compresseur-ventilateur de moteurs de traction et ventilateur de self de lissage).

En cas de défaut à un groupe, il y a moyen de tout alimenter par un seul convertisseur.

Les moteurs-ventilateurs des hacheurs fonctionnent à 110 V.

LOCOMOTIVE SERIE 27.

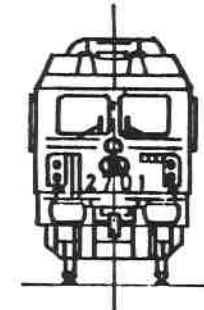
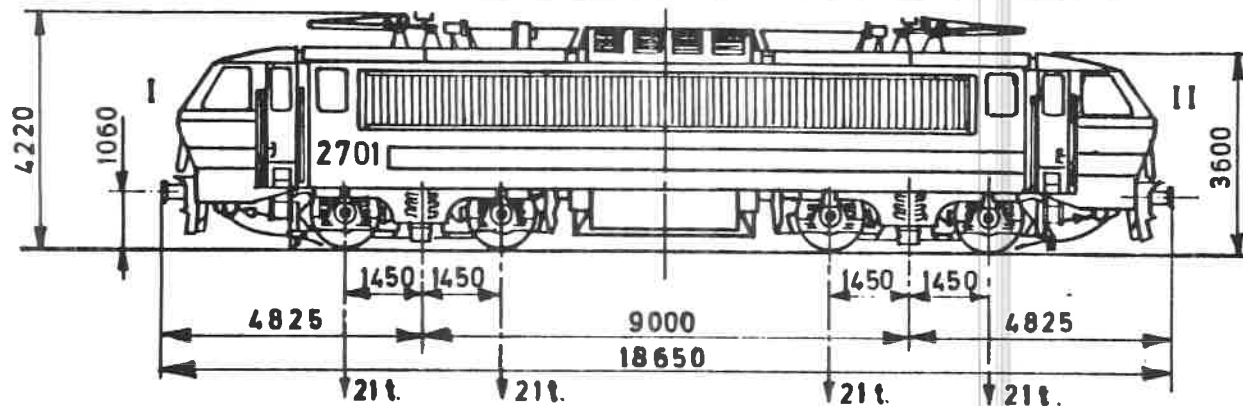


FIG. 53.01

GENERALITES.

<u>Effectif</u> :	30 + 30	60
<u>Type</u> :		BoBo
<u>Masse total</u> :	ton	84
<u>Numération</u> :	1 ^{re} série : 2701 à 2730 2 ^e série : 2731 à 2760	
<u>Puissance continue</u> :	kW	4150
<u>Tension de service</u> :	kV.	3
<u>Vitesse maximum</u> :	km/h.	160/100
<u>Masse max. par essieu</u> :	ton	21
<u>Effort max. au démarrage</u> :	kN	234
<u>Rayon min. de courbe</u> :	m.	100
<u>Diamètre des roues</u> :	mm.	1250

PARTIE MECANIQUE.

Constructeur : S.A. La Brugeoise et Nivelles.
Année de construction : 1^{re} série : 1981
2^e série : 1982
Freinage : Frein autom. de service et frein direct de manoeuvre. Frein de secours agissant sur la conduite de frein autom. Frein électr. rhéostatique. Le frein autom. comprend le régime "Marchandises - Voyageurs" et le régime "Haute puissance" (à 2 étages de press.). Le robinet de mécanicien du frein automat. est du type Oerlikon FV 4.
 La locomotive est pourvue d'un frein anti-patinage. 2 compresseurs Wabco type 242 VB 79 alimentant 4 réservoirs d'une capacité totale de 1000 l.
 Un frein à vis placé dans chaque cabine de conduite et agissant chacun sur les 4 blocs frein d'un bogie.
Bogie : La locomotive est équipé de bogies BN - ACEC avec suspension :
 - primaire : (Winterthur) SLM
 - secondaire : Flexicoil.
Chauffage des cab. de conduite par radiateurs et batterie de chauffe électr. à air pulsé.

PARTIE ELECTRIQUE.

EQUIPEMENT DE TRACTION :

Constructeur : A.C.E.C. Charleroi.
Type : équipement de démarrage à thyristors à commande électronique.
Moteurs de traction : Type LE 9215 avec excitation en série.
Nombre : 4
Puissance unihoraire : 1062,5 kW.*
Puissance continue : 1048 kW.
Suspension : élastique sur 3 points.
Transmission élastique :
 - Transmission BBC - Federantrieb.
 - Le carter est tenu par roulem. à rouleaux.
Rapport d'engrenages : 116/41 = 2,829.
Équipement de frein électrique :
Constructeur : A.C.E.C. Charleroi.
Type : rhéostatique avec réglage électronique des inducteurs de MT, couplés en excitation indépendante et combiné au pas avec frein pneumatique.
Rhéostat : puissance max. 2500 kW.*
Ventilation : 4 ventilateurs Leroy-Somer T 22 - 9 kW - 80 V - 4500 tr./min.
Débit : 160 m³/min. à 4500 tr./min.

APPAREILLAGE AUXILLAIRE :

2 convertisseurs statiques : 3 kV. 2x55kW. avec sorties 440 V.~ et 110 V.=
 2 x (2 ventilateurs sur un moteur) pour les mot. de traction 440V - 10,6 kW. type GRMO 180,5 (Avk) - débit : 125 m³/min.*
 2 x moteurs - ventilateurs : pour selfs 440 V. - 4,5 kW - type GRM 132,3 (Avk) - 1600 tr./min. - débit 120 m³/min.
 6 moteurs - ventilateurs : pour hacheurs
 - mot. shunt Stephan 900W/110V/2900 tr./min
 - ventilateur ALVI HV40.
 2 moteurs - compresseurs :
 - moteur 440 V. - 11 kW type GRM 180,5 (Avk) - 1050 tr./min.
 - compresseur : Wabco - Westinghouse type 242 VB 79 avec 2 étages de pression et 4 cylindres.
 1 Batterie : chargée en permanence par les 2 convertisseurs en //.
 Batteries SAFT type KPM 100Ah avec 75 éléments 100 V. - tension de charge 115 V.

* Valeurs calculées.

Annexe 1

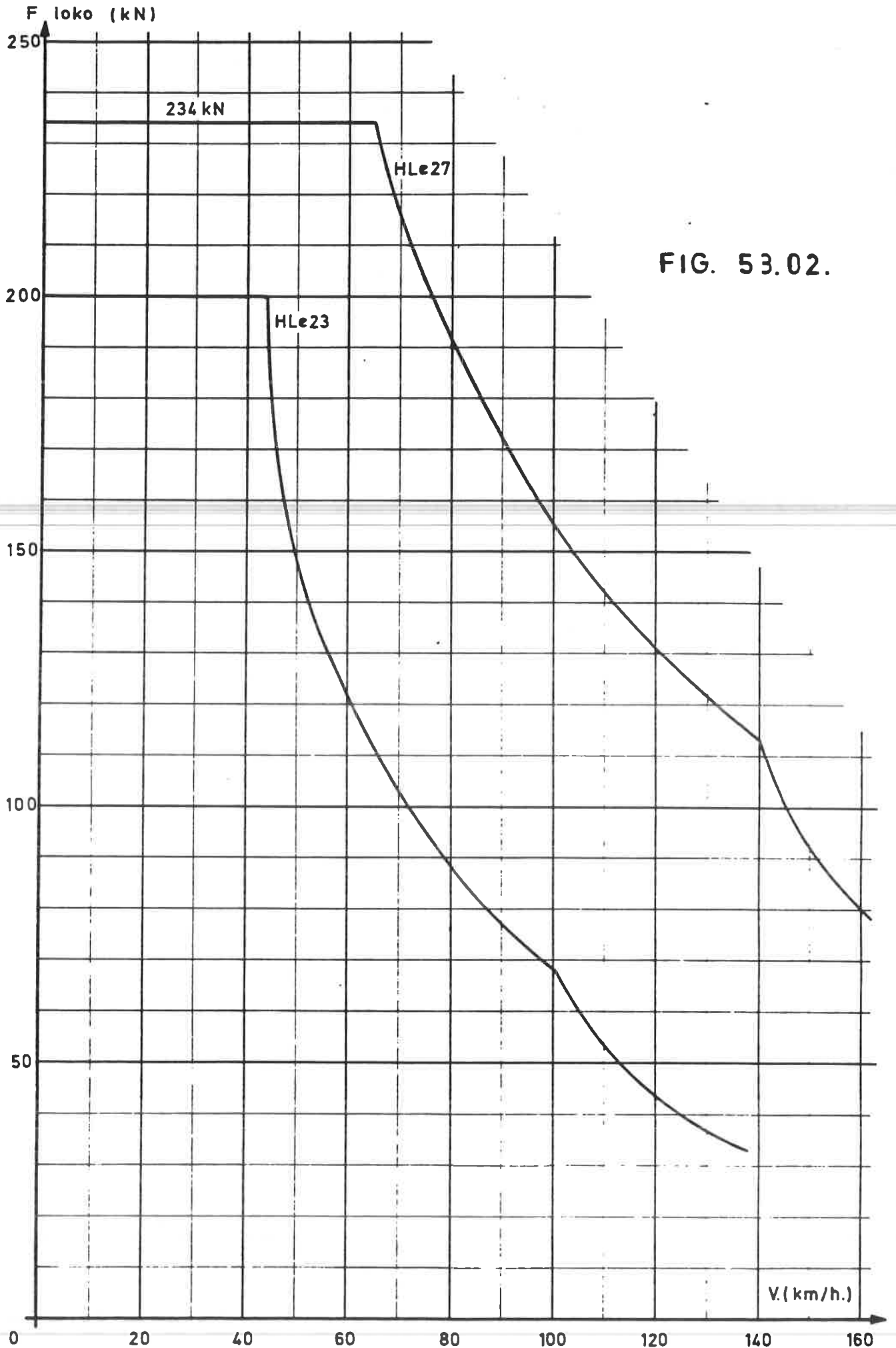


FIG. 53.02.

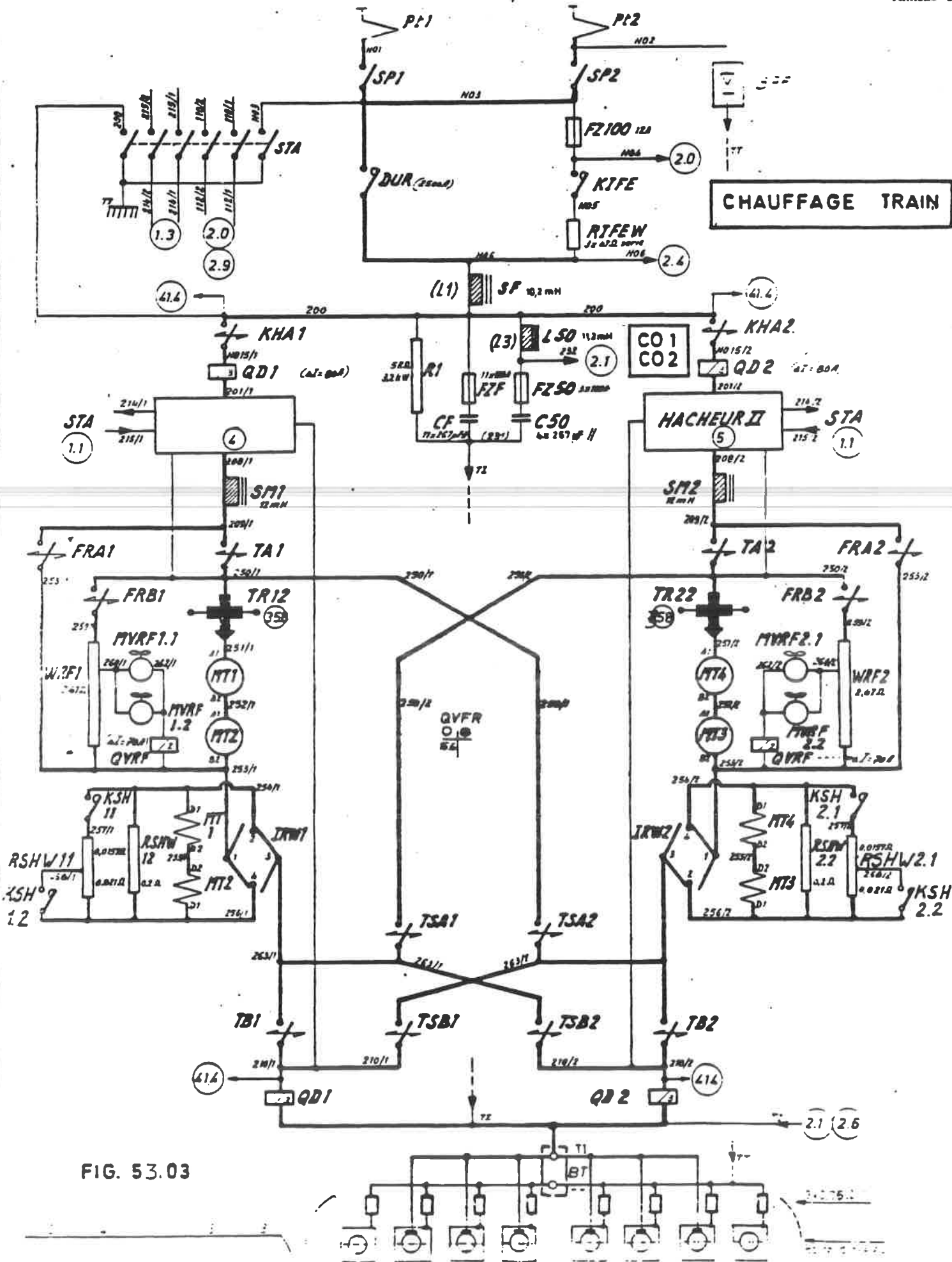
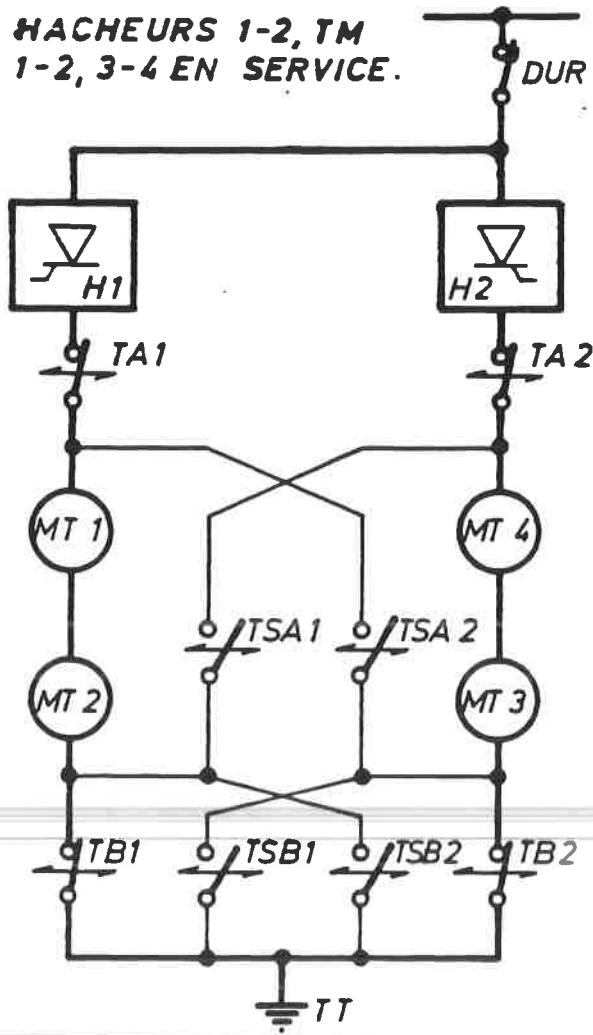
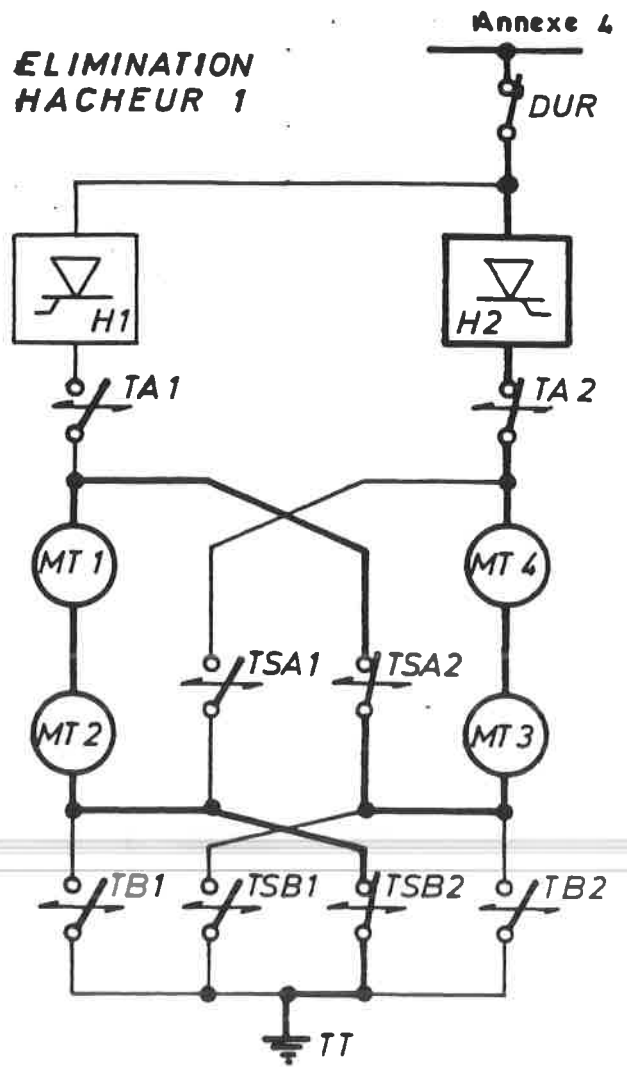


FIG. 53.03

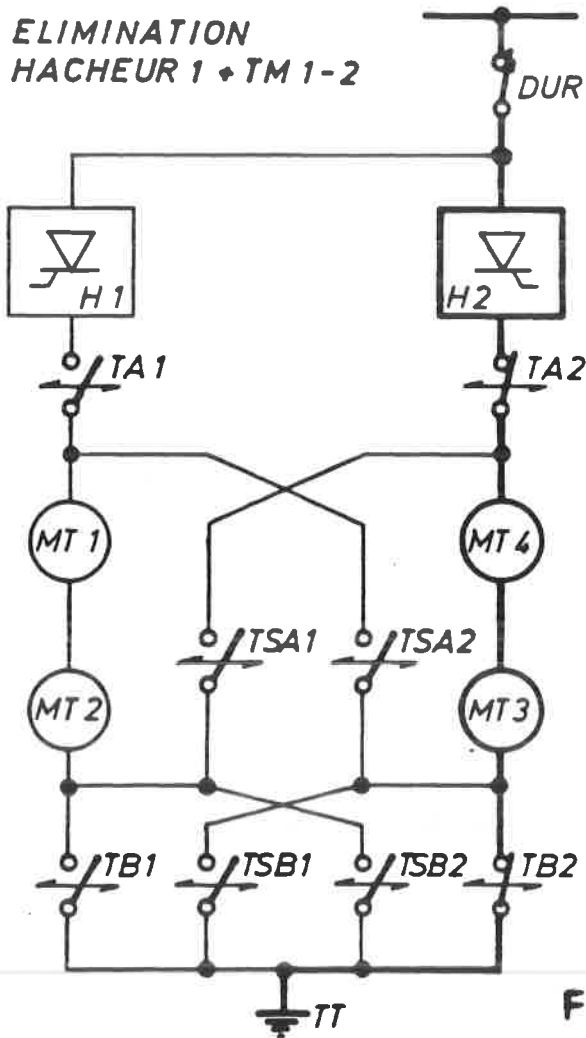
**HACHEURS 1-2, TM
1-2, 3-4 EN SERVICE.**



**Annexe 4
ELIMINATION
HACHEUR 1**



**ELIMINATION
HACHEUR 1 + TM 1-2**



**FREINAGE
RHEOSTATIQUE**

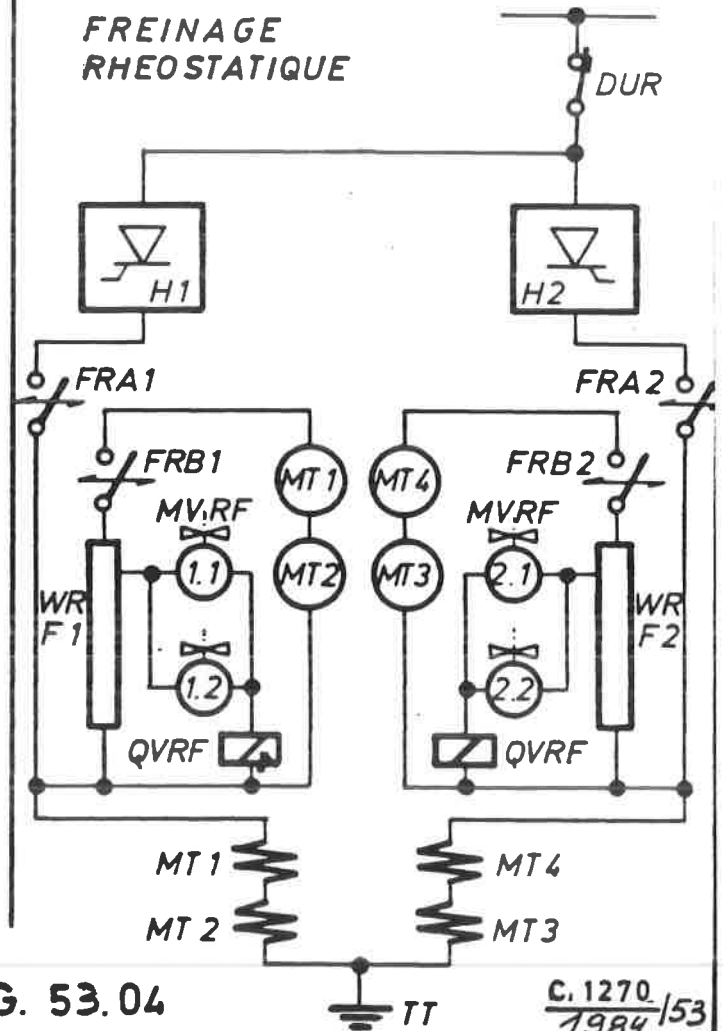


FIG. 53.04

**C.1270
1984/53**

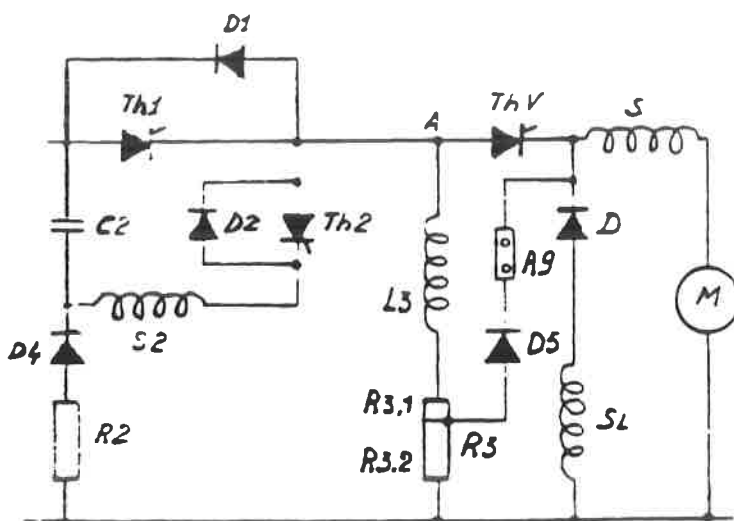
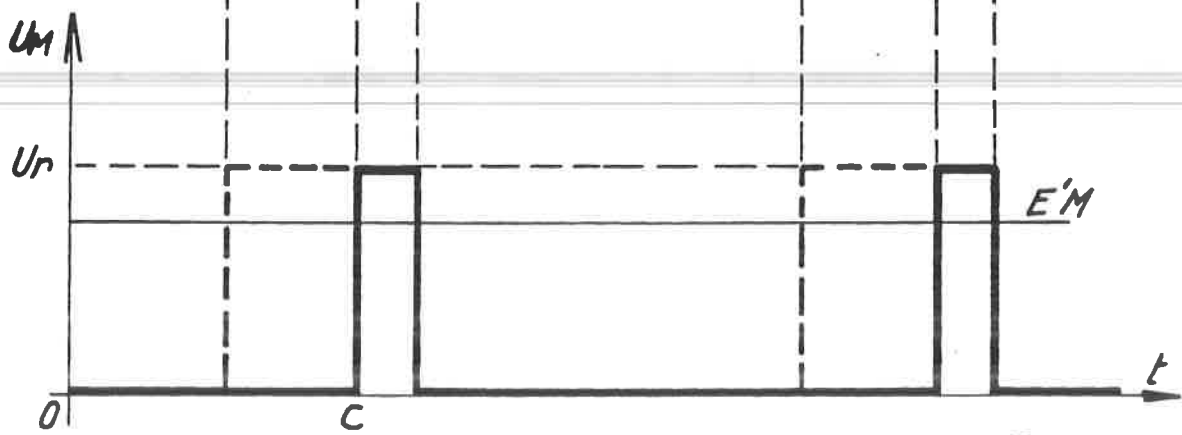
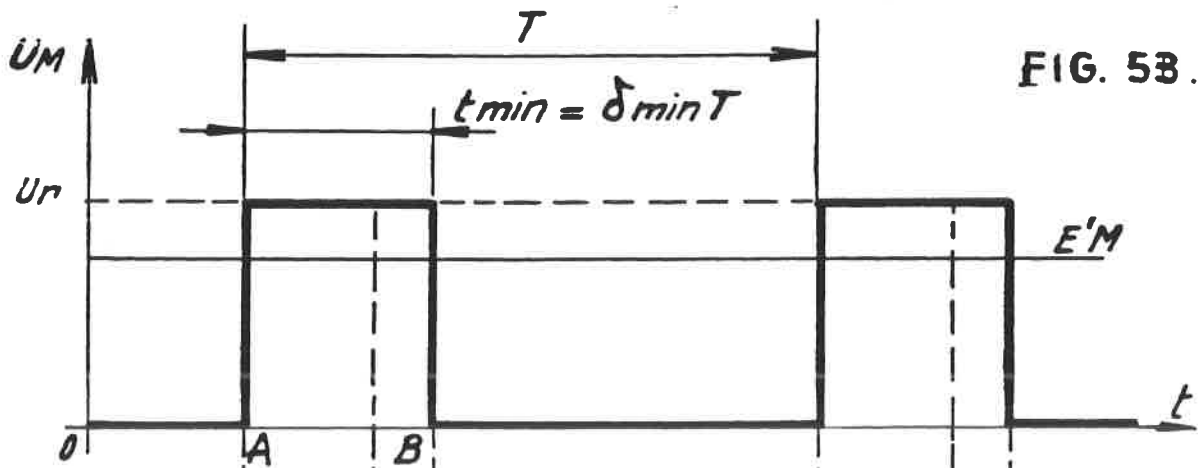
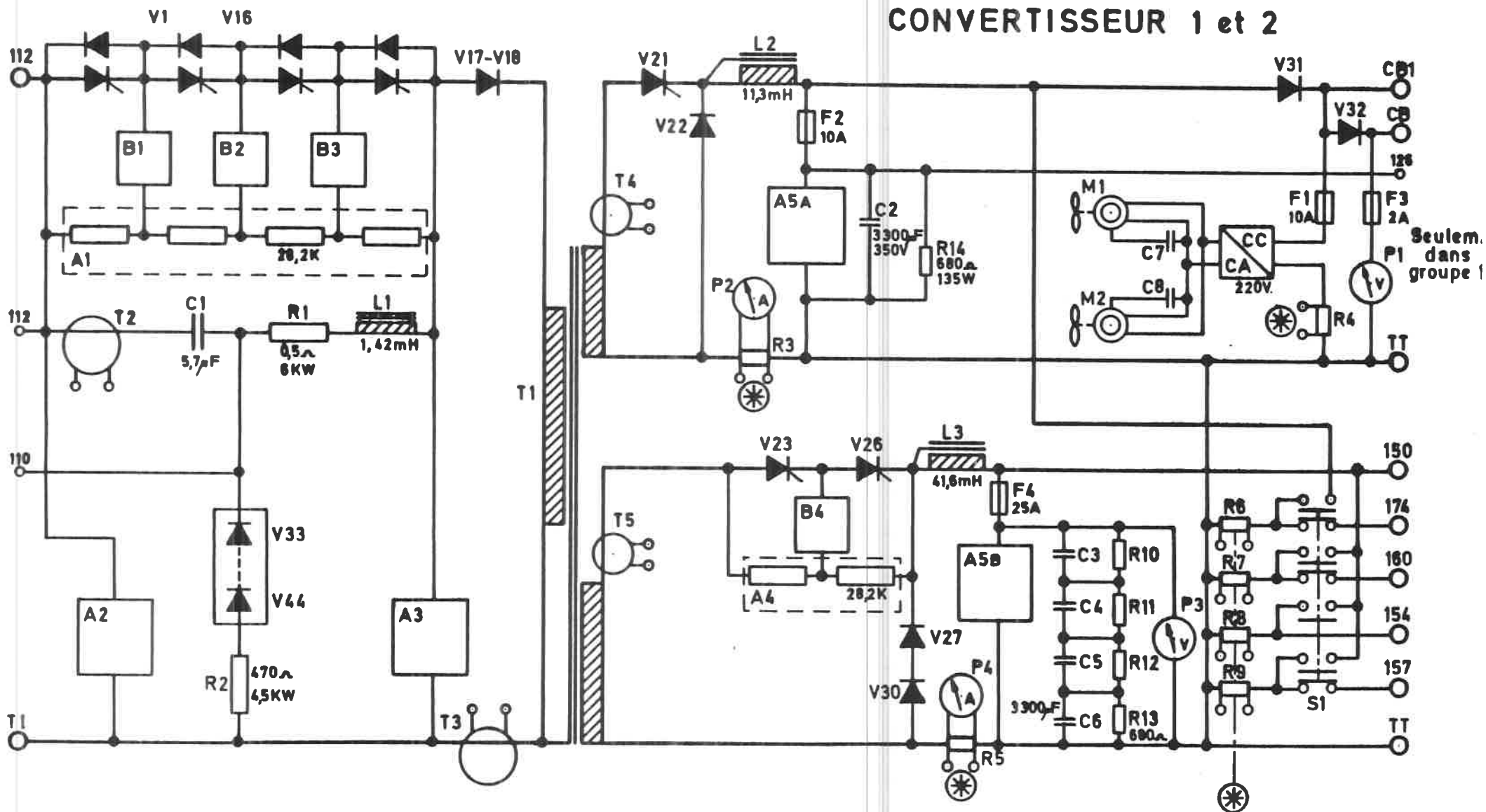
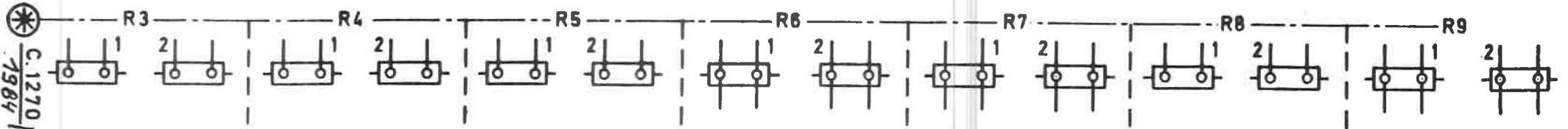


FIG. 53.07.



Seulem. dans groupe 1



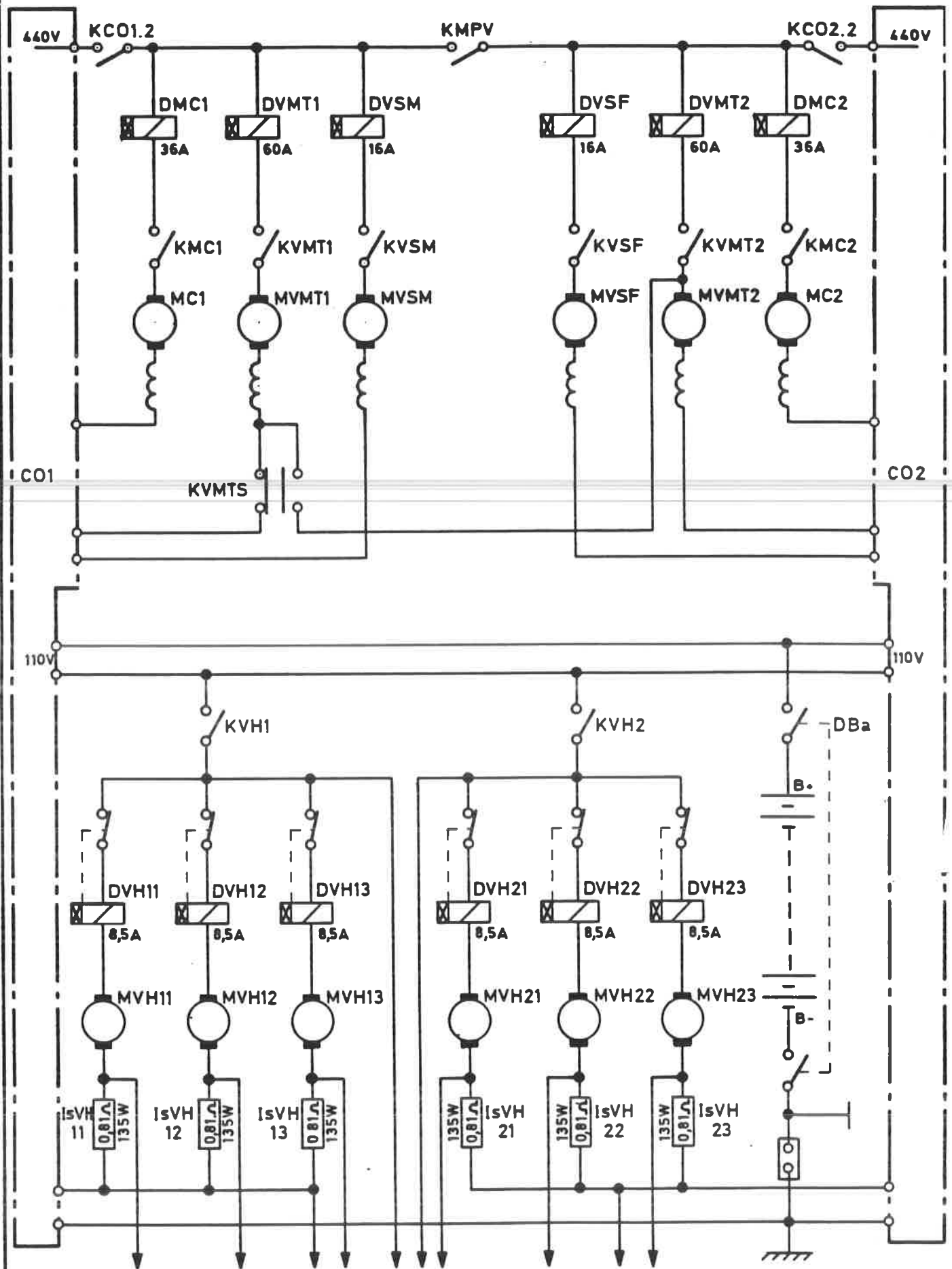


FIG. 53.08.

S.N.C.B

Enseignement Professionnel

TRACTION ELECTRIQUE

Cours 1270

▽/▽

Leçons 54 à 59



COURS 1270 - LOCOMOTIVE SERIE 20.

54.01 - Généralités.

L'augmentation des charges à remorquer ainsi que l'élévation des vitesses maxima sont deux éléments qui ont conduit à augmenter la puissance développée par les locomotives.

Puisque $P = F \times V$, la puissance maximum sera déterminée par l'effort de traction à la vitesse maximum.

Une utilisation optimale de l'adhérence fut réalisée sur les locomotives série 26 grâce à :

- l'application de la traction basse;
- l'utilisation de bogies monomoteurs;
- une détection électronique du patinage et du shuntage d'induit.

L'utilisation de thyristors sur les locomotives série 20, a, de plus, permis d'améliorer de façon sensible les conditions d'adhérence si bien qu'on a pu éliminer la délicate transmission par engrenages nécessaire au bogie monomoteur.

La traction basse fut maintenue.

La détection électronique du patinage fut également maintenue mais le shuntage d'induit a été abandonné puisqu'on peut maintenant, tout aussi rapidement, influencer la commande du hauteur.

On est revenu au principe d'un moteur par essieu.

Les locomotives CoCo série 20 fig. 54.01 de la S.N.C.B. sont destinées à la remorque des trains de voyageurs et de marchandises. Leur vitesse maximum est de 160 km/h.

Les principales caractéristiques sont décrites à la fiche descriptive n° 150.00.04/7 (fig. 54.02).

L'emplacement des appareils sur la locomotive est décrit à la figure 54.03 et la légende en 54.04.

54.03 - Modification en GR.

Les locomotives série 20 subdivisées en deux séries ont subi dès leur origine de nombreuses modifications effectuées^{tant} par le constructeur que par la SNCB et présentent de cette manière des diversités au niveau du câblage et de l'implantation de l'appareillage.

Afin d'augmenter leur fiabilité, de réduire les retards répétitifs, d'uniformiser les deux séries et de faciliter le dépannage, il a été décidé de renouveler le câblage BT, faradisé et alternatif dans le cadre de la Révision Générale (Note M 24-31, n° 241.7.2/0 du 4.7.86).

De plus une détérioration du câblage causée par ces modifications (encombrement des caniveaux, nombreux fils inutilisés) et principalement le mauvais état des connexions à faston dû à une oxydation prématurée et au niveau vibratoire élevé de cette locomotive justifie cette décision.

La philosophie utilisée dans ce nouveau type de câblage est de limiter au maximum le nombre de borniers à faston en les remplaçant par des coupleurs 19 fils type FRB déjà utilisés sur la première série ainsi que sur les locomotives T18.

Du câble 19 conducteurs de 3 mm² sera employé pour le câblage entre armoire Basse Tension considérée comme bornier central et les coupleurs.

Une nouvelle implantation de l'armoire Basse Tension sera réalisée afin de regrouper l'ensemble des relais RASZ et télémechaniques, disjoncteurs, lampes de signalisation et interrupteurs d'isolement sur leur panneau respectif, ainsi que les appareils intégrés à l'intérieur de cette armoire.

Par la même occasion, une série de modifications et d'améliorations seront réalisées, à savoir :

- a) suppression du dispositif de commutation 1500-3000 V pour l'alimentation du moteur 2CT200 (fig. 54.13).

D'où les locomotives série 20 modifiées sont aptes à la remorque de trains de voyageurs et de marchandises sur le réseau 3000 V continu uniquement;

- b) suppression des éliminateurs hacheurs manuels et implantation du dispositif de commande à distance pour l'isolement des hacheurs (fig. 54.05 repère 28 et schéma fig. 54.11 les KHA);
- c) adaptation de la signalisation;
- d) amélioration du circuit de commande et de détection de la ventilation;
- e) dispositif de contrôle de symétrie de phase du réseau triphasé (fig. 54.18);

- mise en série des 6 moteurs sur un hacheur; couplage pouvant être utilisé en cas de défaut d'un hacheur pour conserver la totalité de l'effort de démarrage, ou en cas de double traction pour limiter le courant caténaire;
- sur chaque groupe de moteurs, un rhéostat de freinage RF1 ou RF2 mis en service par le contacteur KF1 ou KF2 est ventilé par les moteurs ventilateurs VF1, VF2 ou VF3, VF4. Le contrôle de la ventilation est assuré par le relais différentiel QVF;

L'ensemble des circuits de puissance est protégé par le relais différentiel QD.

54.05 - Description des circuits auxiliaires à 3000 V protégés par le DUR (fig. 54.13).

Les circuits auxiliaires à 3000 V protégés par le DUR comprennent :

- l'alimentation de la conduite de chauffage train, commandée par deux contacteurs électropneumatiques CCH1 et CCH2 et protégée par le relais à maxima QCHT provoquant l'ouverture du DUR. Un accouplement de chauffage comportant une boîte d'accouplement fixe, un coupleur à fiche et une boîte de repos est installé sur chaque extrémité de la locomotive. Un sectionneur de mise à la terre de la conduite de chauffage Sch est prévu; ce sectionneur fait partie du dispositif de sécurité;
- le chauffage des cabines de conduite des locomotives; les résistances de chauffage RC1.1 - RC1.2 - RC2.1 - RC2.2 sont commandées par le contacteur K1 et protégées par le fusible FchC;
- le moteur MGA entraînant l'alternateur d'alimentation du réseau auxiliaire 380 V 60 Hz. Ce moteur à double induit, comprend une excitation série ainsi qu'une excitation indépendante alimentée par la régulation de vitesse. Les résistances de démarrage R2 et R4 sont court-circuitées à la fin du démarrage par les contacteurs K2D et K3D.

Les deux induits sont normalement couplés en série sous 3000 V par le commutateur CTen.

Afin de permettre une alimentation normale des auxiliaires 380 V en cas de circulation sous une caténaire 1500 V (entre Essen et Roosendaal), ces induits pouvaient être couplés en parallèle par le commutateur CTen. (fig. 54.14).

Cela pour permettre l'excitation normale des moteurs de traction.

Remarque : comme précité la possibilité du couplage parallèle est supprimée sur les HL modifiées (après GR).

- dans la branche batterie, un shunt d'ampèremètre pour la lecture du courant de charge ou décharge de la batterie;

Cette batterie SAFT type KPM 70, comporte 54 éléments "cadmium nickel" groupés en série d'une capacité de 70 ampères-heures.

La batterie d'accumulateurs est formée de 9 bacs de 6 éléments. Chaque élément est enfermé dans un bac en acier soudé.

La particularité de cette batterie est d'avoir une courbe tension de décharge quasi plate, la tension par élément ne variant que de 1,25 V à 1,2 V pour 10 à 90 % de sa capacité. De plus, en charge elle ne présente qu'un seul palier de montée de tension, se produisant à environ 90% de capacité chargée. Comme cette élévation de tension est peu élevée, la tension de charge peut être abaissée diminuant ainsi la fourchette de tension.

3. Le moteur asynchrone triphasé MCP (fig. 54.15) d'entraînement du compresseur par l'intermédiaire du disjoncteur magnéto-thermique tripolaire DK2 et du contacteur tripolaire K2;
Le moteur est également protégé par le dispositif de contrôle de symétrie de phase du réseau triphasé RSPH4 (fig. 54.18).

Il y a 1 groupe moteur-compresseur.

Les caractéristiques du compresseur, du type Westinghouse 243 VC sont :

Débit : 2 500 l/min
Pression de refoulement : 8 kg/cm²
Nombre de cylindres : 4
Refroidissement : par air.

Le compresseur est entraîné directement par un moteur asynchrone triphasé du type AK 180 dont les caractéristiques sont :

Puissance : 22 kW.
Tension d'alimentation : 380 V
Fréquence : 60 Hz
Vitesse de rotation : 1.155 tr/min

Le groupe moteur compresseur est enclenché par un contacteur triphasé K2 commandé à l'intermédiaire d'un relais auxiliaire RK2, lui-même sous le contrôle d'un régulateur de pression.

4. Les moteurs asynchrones MV1 à MV3 et MV4 à MV6 (fig.54.15) d'entraînement des ventilateurs des moteurs de traction M1 à M3 et M4 à M6 par l'intermédiaire respectivement des contacteurs tripolaires K4 et K5;

Ces deux groupes sont mis sous tension par le contacteur triphasé K6 commandé par l'intermédiaire d'un relais auxiliaire RK6.

7. Le moteur triphasé MVSGA (fig. 54.15) d'entraînement du ventilateur de la self de lissage du groupe MGA par l'intermédiaire du disjoncteur magnétothermique DSGA;

La self de lissage SGA est ventilée par un groupe identique que ceux qui ventilent les hacheurs.

8. Entre deux phases le dispositif de déclenchement rapide du DUR, le pont redresseur d'alimentation des thermo-boxes de cabine par l'intermédiaire des disjoncteurs magnétothermiques DTHB1 et DTHB2 ainsi que le moteur ventilateur MVEL de l'armoire électronique des hacheurs.

54.07 - Equipements électriques.

Bien que les équipements décrits ci-après font l'objet de leçons particulières, nous signalons les particularités de ceux-ci qui sont propres à la locomotive série 20 :

- 54.08 : le hacheur
- 54.09 : le moteur de traction
- 54.10 : le manipulateur
- 54.11 : le transducteur de mesure
- 54.12 : le groupe auxiliaire moteur-alternateur

54.08 - Le hacheur.

La théorie relative au filtre d'entrée et au hacheur est décrite aux leçons 44 et 45, nous signalons quelques notions propres à la locomotive série 20.

a. Butées minimales et maximales.

La butée minimale est déterminée pour réaliser un effort de 40 kN à l'arrêt de la locomotive sur le cran manoeuvre (avec excitation réduite des moteurs de traction).

La butée maximale est égale à 0,95, toutefois, lorsque la tension caténaire est supérieure à 3000 V, la butée maximum limite la tension aux bornes des trois moteurs à 2850 V.

b. Fréquences pilotes.

Le choix d'une faible fréquence de hachage est favorable à l'obtention d'une butée minimale faible (limitation de l'effort à l'arrêt), mais péjore le dimensionnement du filtre d'entrée et des selfs de lissage des moteurs de traction .

Les caractéristiques du moteur sous 950 V sont les suivantes :

Régime continu.

- Puissance : 855 kW
- Courant induit : 945 A Tension induit : 950 V
- Courant excitation : 151 A
- Vitesse : 1 080 T/min
- Vitesse correspondante de la locomotive (roues mi-usées) 80 km/h.
- Effort : 225 kN

Régime unihoraire.

- Puissance : 903 kW
- Courant induit : 990 A Tension induit : 950 V
- Courant excitation : 158 A
- Vitesse : 1 070 t/min.
- Vitesse correspondante de la locomotive (roues mi-usées) 79 km/h
- Effort : 240 kN

Régime grande vitesse.

- Puissance : 870 kW
- Courant induit : 1 000 A Tension induit 950 V
- Courant excitation : 50 A
- Vitesse : 2 160 t/min; vitesse correspondante de la locomotive (roues mi-usées) 160 km/h.
- Effort : 118 kN.

D'autres caractéristiques sont :

- courant de démarrage dans les moteurs : 1 200 A
- Effort maximum : 314 kN
- Rapport de réduction : 3,077.

Les courbes de la fig. 54.21 donnent les performances du moteur en traction.

L'isolement des moteurs est de la classe F.

La figure 54.22 montre la coupe longitudinale du moteur et de la transmission "G" (voir leçon 26 : Transmission).

Dans sa rotation, la manette d'effort entraîne un variateur de champ magnétique, lequel fournit à l'électronique la consigne analogique de l'effort de démarrage.

En principe, un variateur de champ magnétique (fig. 54.25) est constitué d'un transformateur dont on fait varier le flux embrassé par son secondaire.

Le primaire (stator) est alimenté à tension et à fréquence constante (400 Hz) par un oscillateur faisant partie de l'électronique de commande. (Boîtier H 3432).

En fonction du déplacement angulaire du rotor, la tension secondaire (rotor) peut varier de 0 à une valeur maximum. C'est cette tension qui est injectée à l'électronique, et qui lui sert de consigne.

Les figures 54.26 et 54.27 montrent le raccordement des variateurs de champ magnétique avec le boîtier H 3433 pour :

- la formation de la consigne "vitesse";
- la formation de la consigne "effort";
- la formation de la consigne "freinage".

c) La manette de sens de marche peut occuper trois positions :
AV - 0 - AR.

La manette de sens de marche est amovible et conçue de telle manière que, pour passer d'un sens de marche à l'autre, il faut nécessairement revenir à zéro, l'enlever, la retourner, l'introduire et faire choix du nouveau sens de marche. Une valve pneumatique, intervenant dans le circuit pneumatique de la veille automatique, est fermée sur la position 0 de l'inverseur de marche et ouverte sur les deux autres positions.

La manette de sens de marche commande un tambour à cames actionnant des contacts, insérés dans les circuits d'asservissement.

La manoeuvre des différents organes du manipulateur se résume comme suit :

- a) lorsque la manette du sens de marche se trouve en position 0, les manettes de vitesse et de réglage d'effort sont bloquées en position 0;
- b) la manette de sens de marche placée sur une position de marche ne peut être replacée à zéro que si la manette de vitesse se trouve elle-même sur la position 0.

Remarque : Butée "position 24" de la manette d'effort (fig. 54.23 - repère B).

Le moteur est mis sous tension par le contacteur K1D.

La self de lissage très importante SGA empêche toute montée de courant anormale dans le moteur quand il se produit une surtension sur la caténaire (par exemple au blocage des hacheurs).

Les diodes DS1 - DS2 - DS3 (fig. 54.13) empêchent la décharge de l'énergie magnétisante de la self du filtre d'entrée dans le moteur lors de l'ouverture sous défaut du DUR.

Les caractéristiques du moteur 2 CT 200 sont les suivantes :

Nombre d'induits : 2 / courant d'excitation
 Tension nominale : 2 x 1500 V / indépendante : 40,9 A.
 Courant nominal : Induit : 110 A
 Vitesse de rotation : 1800 tr/min.

b) Alternateur des auxiliaires DIB 80.

L'alternateur d'alimentation des circuits auxiliaires à 380 V - 60 Hz est entraîné à vitesse constante par le moteur MGA. Cet alternateur, du type brushless, c'est-à-dire ne comportant ni bagues ni balais, possède une régulation de tension pilotant l'excitation d'un alternateur secondaire calé en bout d'arbre (fig. 54.29). L'induit de cet alternateur, bobiné sur son rotor (m2), alimente, via un redresseur tournant (n1), l'enroulement inducteur (m1) de l'alternateur des auxiliaires, se trouvant sur son rotor. Une diode Zéner (n3) protège les diodes tournantes.

Le réseau triphasé possède un neutre qui est relié à la masse par l'intermédiaire d'un relais détecteur de masse (fig. 54.15) et au travers de la batterie. En cas de masse d'un point quelconque du réseau triphasé, le relais de masse va s'exciter et provoquer le déclenchement du DUR.

Le sectionneur SNT (fig. 54.15) permet d'isoler le relais de masse et de relier le neutre de l'étoile à la masse via une résistance de limitation.

Le réseau triphasé est protégé par le disjoncteur magnéto-thermique tripolaire DCA.

Les caractéristiques principales de l'alternateur sont :

Puissance : 300 kVA
 Cos φ : 0,8
 Tension : 380 V
 Fréquence : 60 Hz
 Vitesse de rotation : 1800 tr/min.

A côté de ce régulateur, sont prévus trois relais de protection électronique :

- un relais de sous-fréquence Ru2, réglé à 38 Hz;
- un relais de surfréquence Ru3, réglé à 71,5 Hz ;
- un relais de surveillance de tension, enclenché entre 190 V et 245 V (entre neutre et phase).

La séquence de démarrage s'effectue de la manière suivante
Dès la fermeture du DUR, le groupe démarre grâce à l'excitation série; les résistances de démarrage R2 et R4 sont en service car les contacteurs K2D et K3D sont encore ouverts (fig. 54.13).

Lorsque le groupe atteint la vitesse de 1.140 tr/min (38 Hz), le relais Ru2 s'enclenche; la fermeture du contact 764-765 du Ru2 met sous tension le relais retardé à l'enclenchement (6 sec) RADE; pendant cette temporisation de 6 sec (fig. 54.38), le démarrage du moteur se poursuit et à la fermeture des contacts du RADE, le moteur en principe à 1800 tr/min et les contacteurs K2D, K3D se ferment, éliminant ainsi les résistances de démarrage du moteur.

Le régulateur Ru1 stabilise la vitesse à 1800 tr/min par réglage de l'excitation indépendante du moteur.

Entretemps, le régulateur de tension de l'alternateur (encastré complètement dans l'alternateur) règle la tension de sortie à 380 V entre phases.

Le relais de tension Ru4 (commandé électroniquement) est enclenché lorsque sa tension d'alimentation est comprise entre les tolérances précitées. Le contact normalement fermé 107-1511 du Ru4 doit s'ouvrir avant la fin de la phase de démarrage, matérialisée par le contact 1080-107 du RADE (fig. 54.38).

Le relais de protection RD1 est excité quand l'alternateur ne délivre pas de tension (à cause d'un défaut). Le relais Ru2 joue ici le rôle de détecteur de tension. A la fermeture du DUR le relais RD1 est excité via le contact NF 764-1514 du Ru2. Si l'alternateur ne donne pas de tension, la temporisation du RD1 (5,5 sec) va s'écouler, sans que le relais Ru2 ne soit alimenté (ce relais est alimenté par une phase de l'alternateur). Le contact 626-1080 du RD1 va se fermer, ce qui excitera le RD2 qui à son tour ouvrira le disjoncteur.

Le contact de maintien 620-1514, maintiendra le RD1 excité, après le déclenchement du DUR; le maintien se faisant depuis le fil 620, le réarmement ne sera possible qu'après avoir coupé le bouton "urgence" et avoir attendu 20 sec (relais RT 20).

d) Fonctionnement des circuits de régulation de l'alternateur AVK type DIB 80 (fig. 54.34, 54.39 et 54.40).

Le réglage de la tension (U.V.W.) fournie par l'alternateur principal est obtenu par variation du courant d'excitation de l'alternateur secondaire (excitatrice).

Le courant d'excitation de l'alternateur secondaire est assuré et régulé par l'équipement ci-après qui contient :

- un montage d'addition de courant déterminant le courant d'excitation I (autorégulation en fonction de la charge)
- un régulateur de tension dérivant de l'excitation un courant i .

Le montage d'addition de courant est constitué par trois bobines de self m_3 et trois transformateurs de courant m_4 (fig. 54.40). Les courants des selfs et les courants des transformateurs sont additionnés vectoriellement et appliqués par l'intermédiaire du redresseur n_2 à l'enroulement d'excitation J_1-K_1 de l'alternateur secondaire.

Le régulateur de tension est constitué par un transistor de puissance P_2 (fig. 54.34, 54.39 et 54.40) commandé par un amplificateur de régulation à trois étages (P_3 , P_4 , P_5 fig. 54.40) dont le seuil de conductibilité est fonction des caractéristiques de la diode Zéner n_5 (tension de seuil).

Le transistor de puissance P_2 est monté en parallèle sur l'enroulement d'excitation J_1-K_1 de l'alternateur secondaire sous forme d'un shunt variable en liaison avec les résistances r_{13} - r_{15} de dissipation de la dérivation du courant i .

La tension de mesure est prélevée aux bornes de l'alternateur principal et dirigée vers l'amplificateur TO 12.3 de régulation (circuit imprimé de la figure 54.34) par l'intermédiaire du transformateur de mesure m_8 , des éléments de filtrage (filtre passe-bas TO13), des condensateurs et du redresseur n_8 (implanté sur le circuit imprimé TO12.3).

Le filtre passe-bas TO13 atténue les ondes harmoniques occasionnées par le consommateur sur le circuit de mesure.

La tension de sortie de l'alternateur principal est réglée par le rhéostat d'ajustage R_1 et finement par le potentiomètre R_4 .

Remarques :

- 1) En outre, le régulateur est alimenté sous une tension d'environ 20 V par le transformateur monophasé m_7 et le redresseur M_4 .
- 2) Il existe une deuxième version du TO 12.3 utilisant une régulation pour amplificateur opérationnel.

54.15 - Elimination des moteurs de traction (fig. 54.42).

Les moteurs de traction peuvent être éliminés par groupe de trois grâce aux sectionneurs SMS1 et SMS2 (fig. 54.10) dans les positions suivantes :

N = alimentation normale des M.T. par le hacheur correspondant;

O = élimination des M.T.

S = mise en série des 6 M.T. sur le hacheur en service.

En cas d'élimination des M.T., le SMS1 ou le SMS2 est à manoeuvrer, ensuite l'interrupteur ELH (fig. 54.05 rep. 28) de la cabine occupée est à positionner sur :

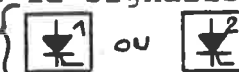
- ~~H1~~ - si le SMS1 est positionné et bloqué sur O (H2 + MT 4, 5 et 6 en service).
- ~~H2~~ - si le SMS2 est positionné et bloqué sur O (H1 + MT 1, 2 et 3 en service).

Ensuite, dans la cabine occupée, fermer l'IC "urgence" minimum 2 secondes SANS FERMER L'IC "PANTO(S)" et remettre en service.

54.16 - Elimination d'un hacheur commandée du poste de conduite.
(fig. 54.43).

Pendant la marche, à condition que le profil de la ligne et l'horaire du train le permettent, l'élimination d'un hacheur doit être commandée à partir du poste de conduite occupé, après déclenchement du D.U.R. :

- ouvrir les I.C. "panto" minimum 10 secondes, SANS OUVRIR L'I.C. URGENCE;
- placer l'interrupteur ELH (couplage n° 2 ou 3 du tableau de la fig. 54.46) suivant la signalisation au pupitre de conduite;
- fermer l'I.C. "panto";
- réarmer le D.U.R. et reprendre la traction (50% de traction)



Cette manoeuvre élimine un groupe hacheur-moteurs.

54.17 - Marche sur un hacheur et 6 moteurs de traction (fig. 54.44).

Avec un hacheur éliminé, il existe une position de secours permettant d'alimenter les 6 moteurs de traction en série par l'autre hacheur; on bénéficie ainsi de la totalité de l'effort de démarrage, la puissance est toutefois réduite de moitié, les moteurs de traction ne pouvant être alimentés qu'à mi-tension.

Vu la puissance encore disponible, ce couplage permet de remorquer à 60 km/h les trains de marchandises sans perte de temps.

54.19 - Résumé des couplages compatibles
Hacheur - Moteurs de traction.

Le tableau de la fig. 54.46 reprend les 7 couplages possibles ainsi que la position de l'appareillage :

- ELH : interrupteur d'élimination hacheur;
- SMS : commutateur pour mise en série des moteurs de traction 1/6;
- KHA : contacteur élimination hacheur;

La fig. 54.47 montre la configuration de cet appareillage pour chacune des sept couplages.

Fig. 54.01.



EMPLACEMENT DES APPAREILS

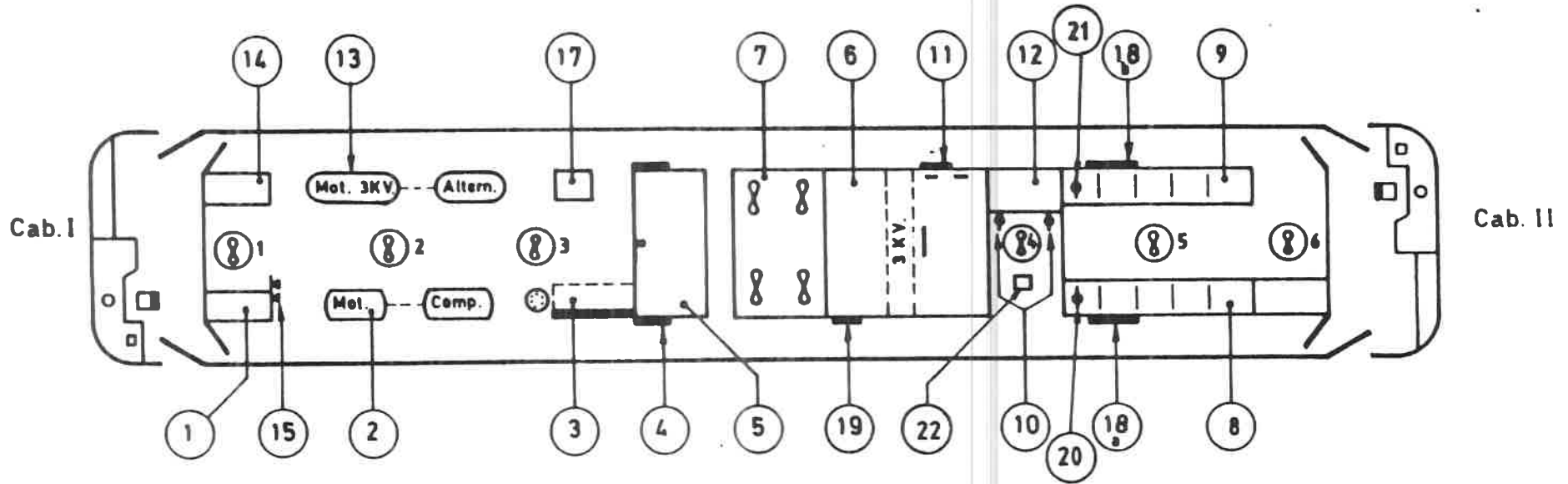
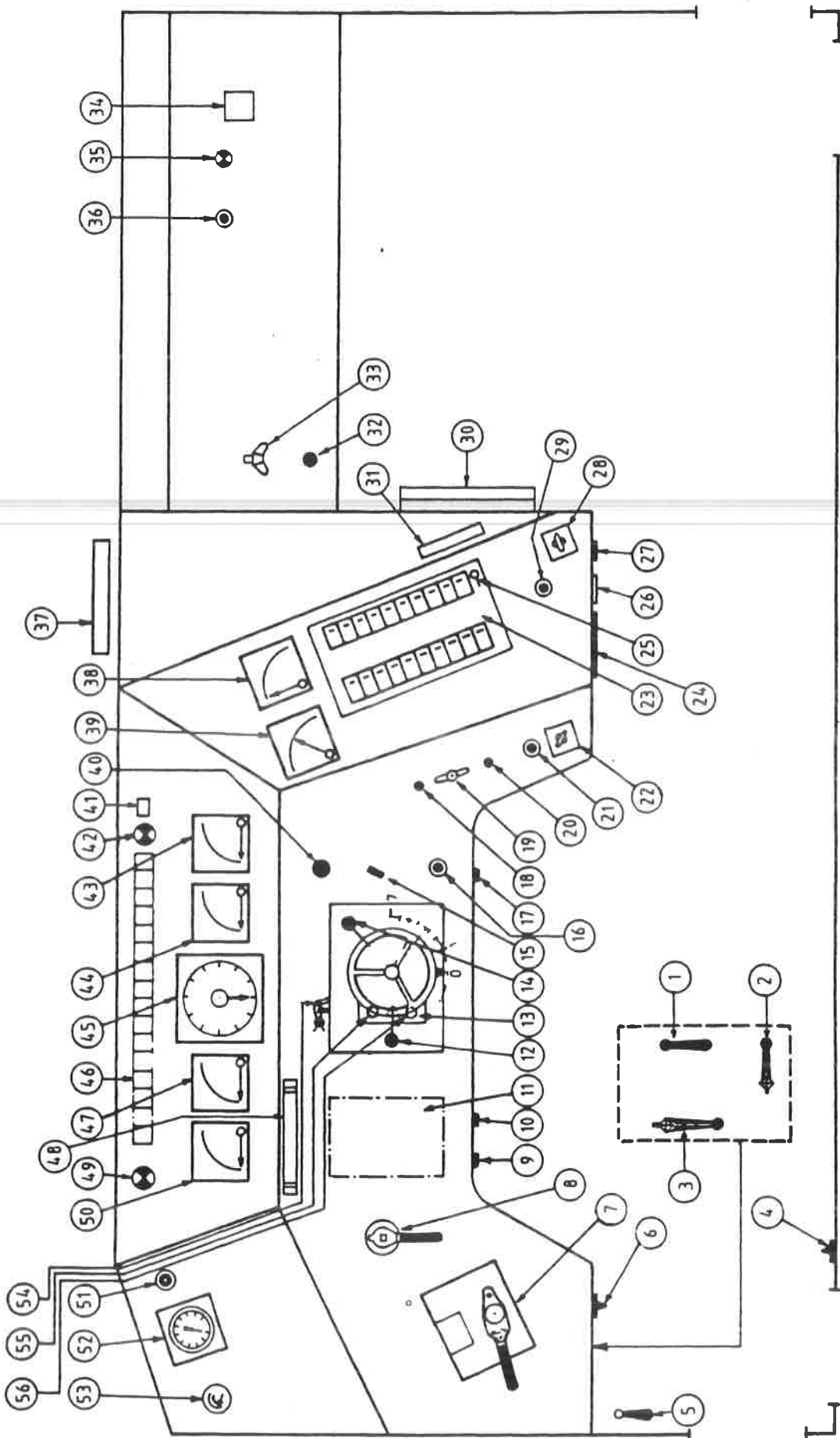


Fig. 54.03.

Fig. 54.05.

APPAREILS CABINE DE CONDUITE



LAMPES DE SIGNALISATION DE LA CABINE DE CONDUITE

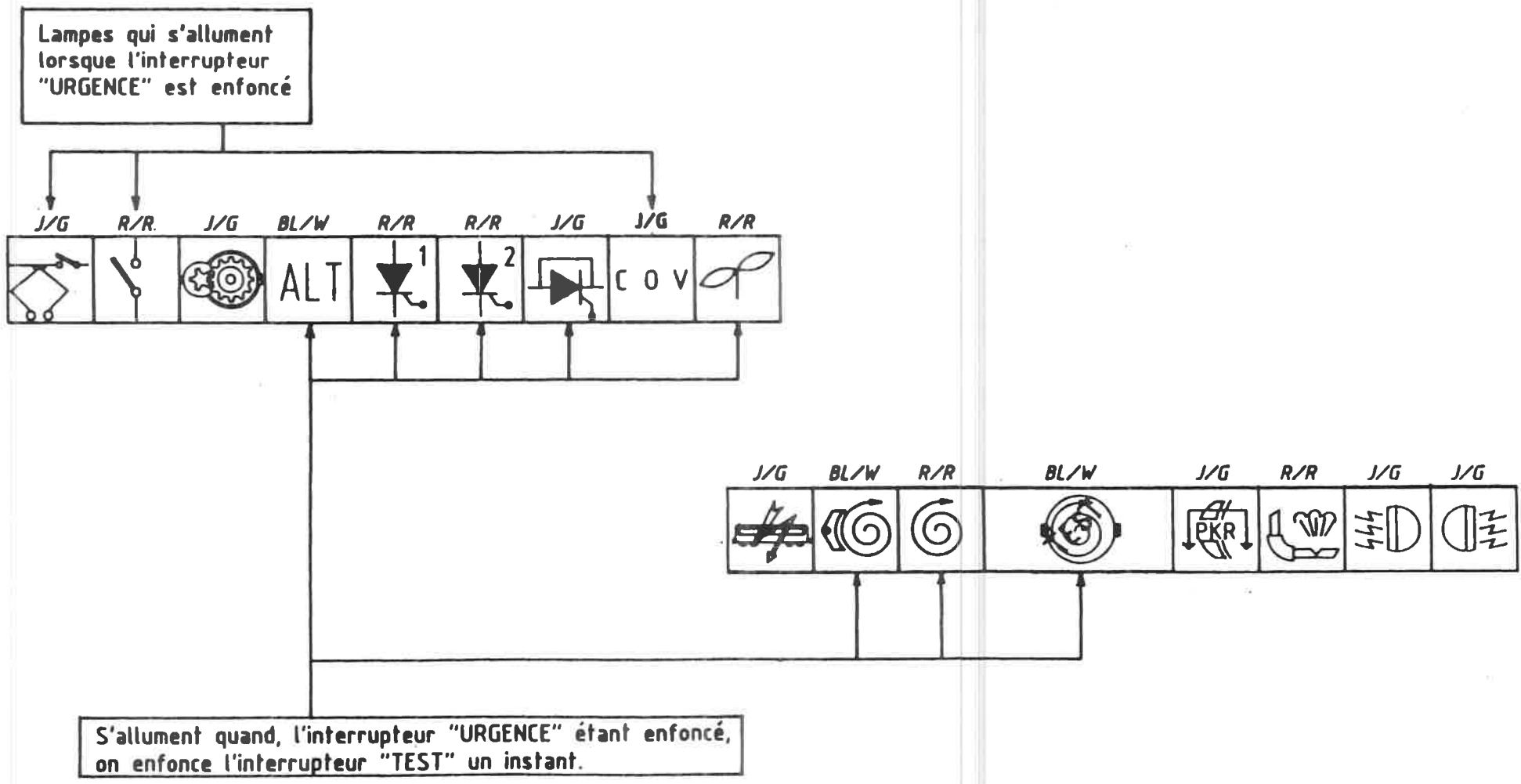
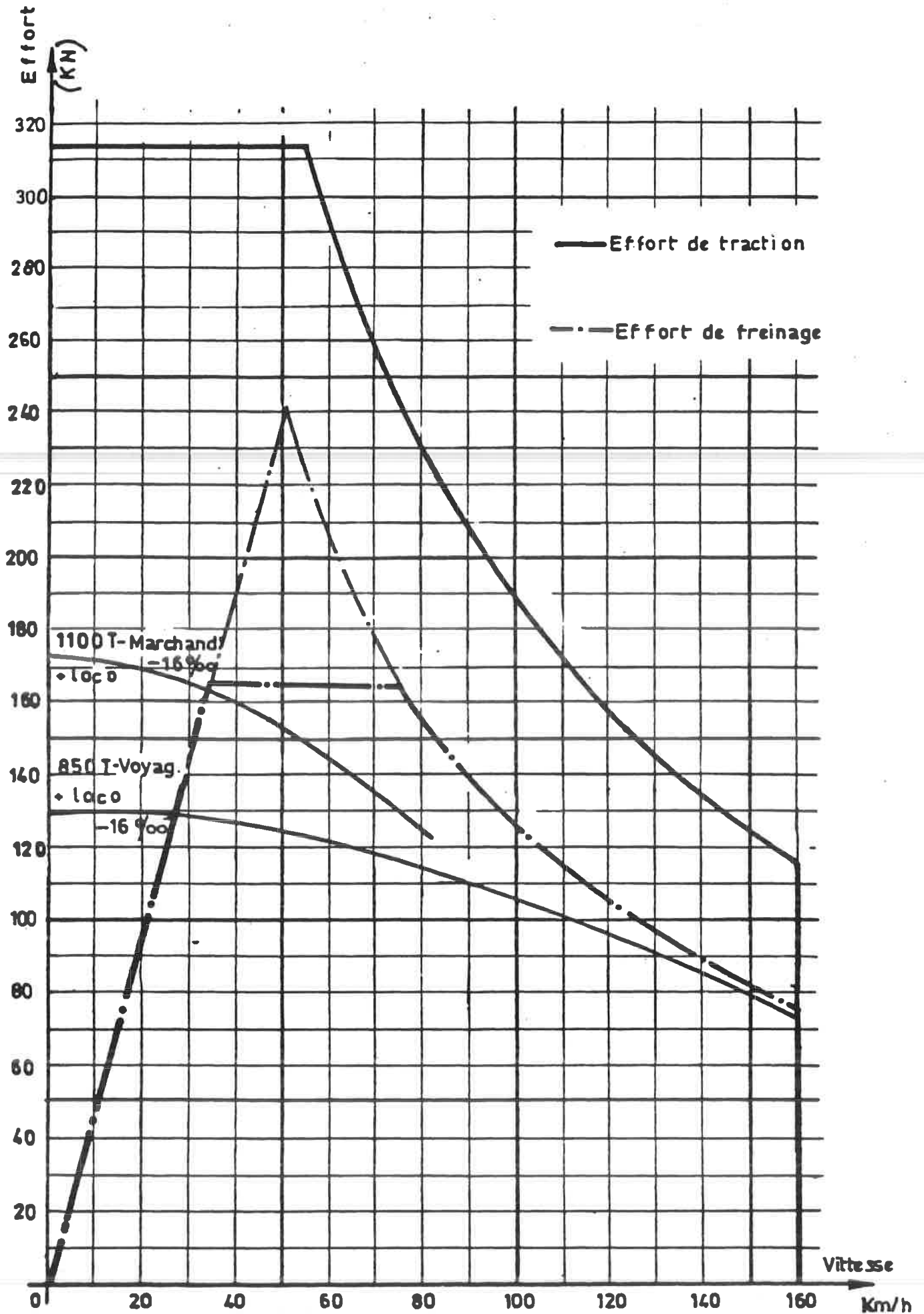
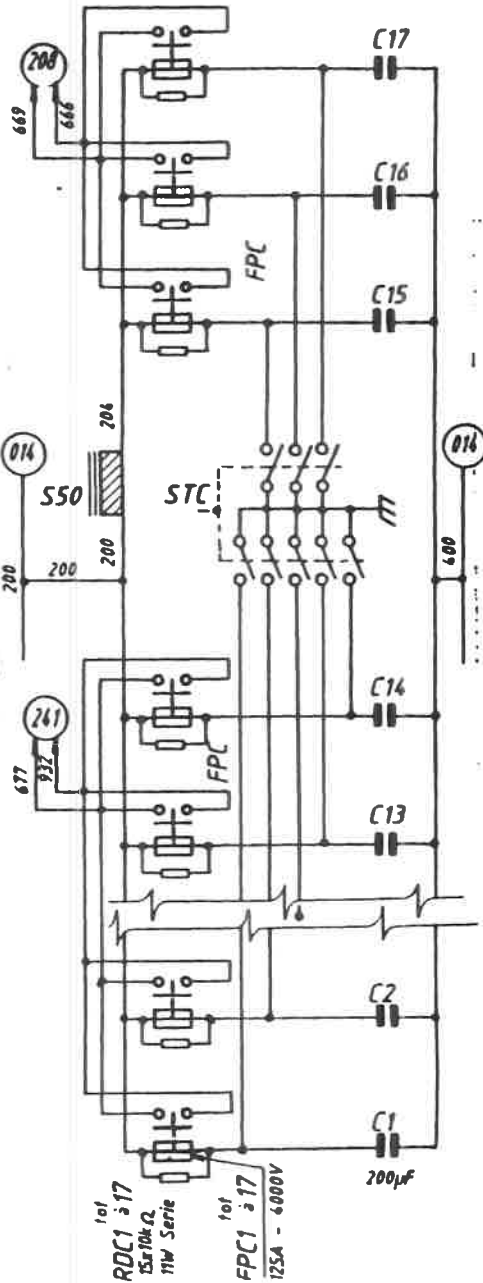


Fig. 54.07.

Fig. 54.09.



Ingangfilter
Filtre d'entree



Hakker 1 en 2
Hacheur 1 et 2

Ha1 en Ha2 zijn schematisch gelijk
- de draden van Ha1 staan niet tussen haakjes deze van Ha2 wel,
de juiste namen van de toestellen aan de
naamgeving een "1" voor Ha1 en een "2"
voor Ha2 toevoegen

Ha1 et Ha2 sont schematiquement identiques
- Les repères des fils de Ha1 ne sont pas
indiqués entre parenthèses, ceux de Ha2 bien,
- Les noms exacts des appareils: ajouter aux indications des
noms "1" pour Ha1 et "2" pour Ha2.

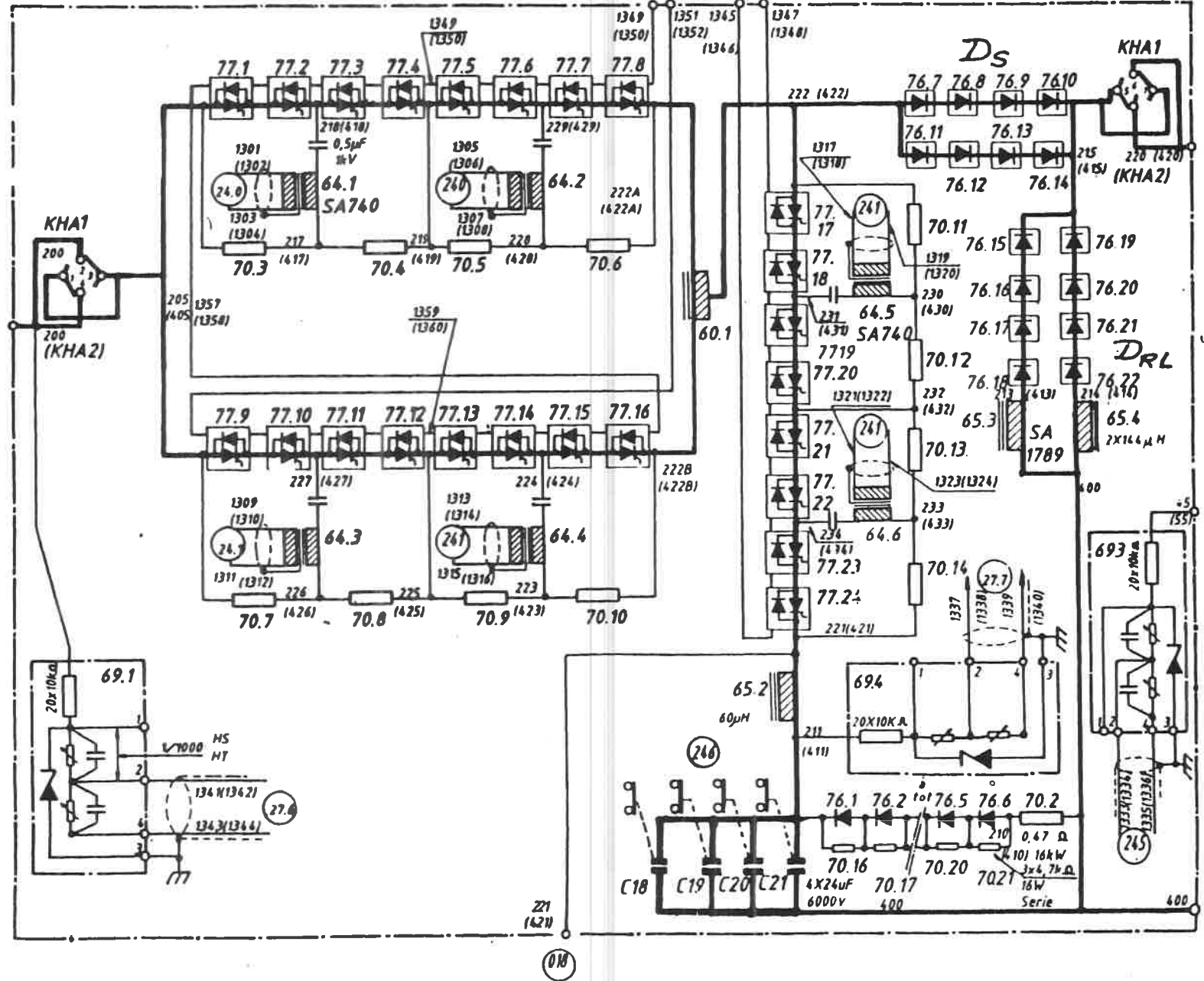


Fig. 54.11.

Fig. 54.13.

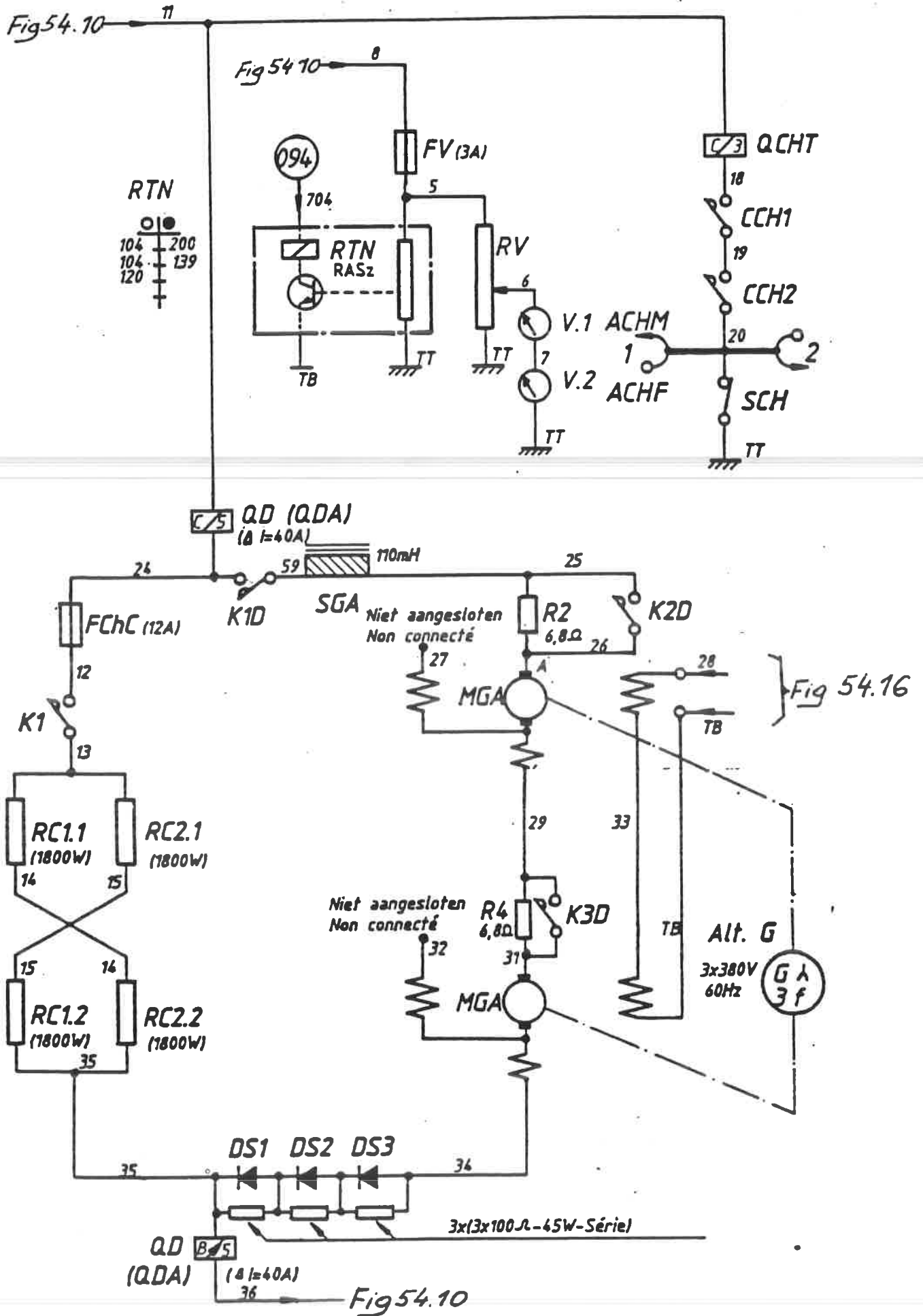


Fig 54.37
et 54.38

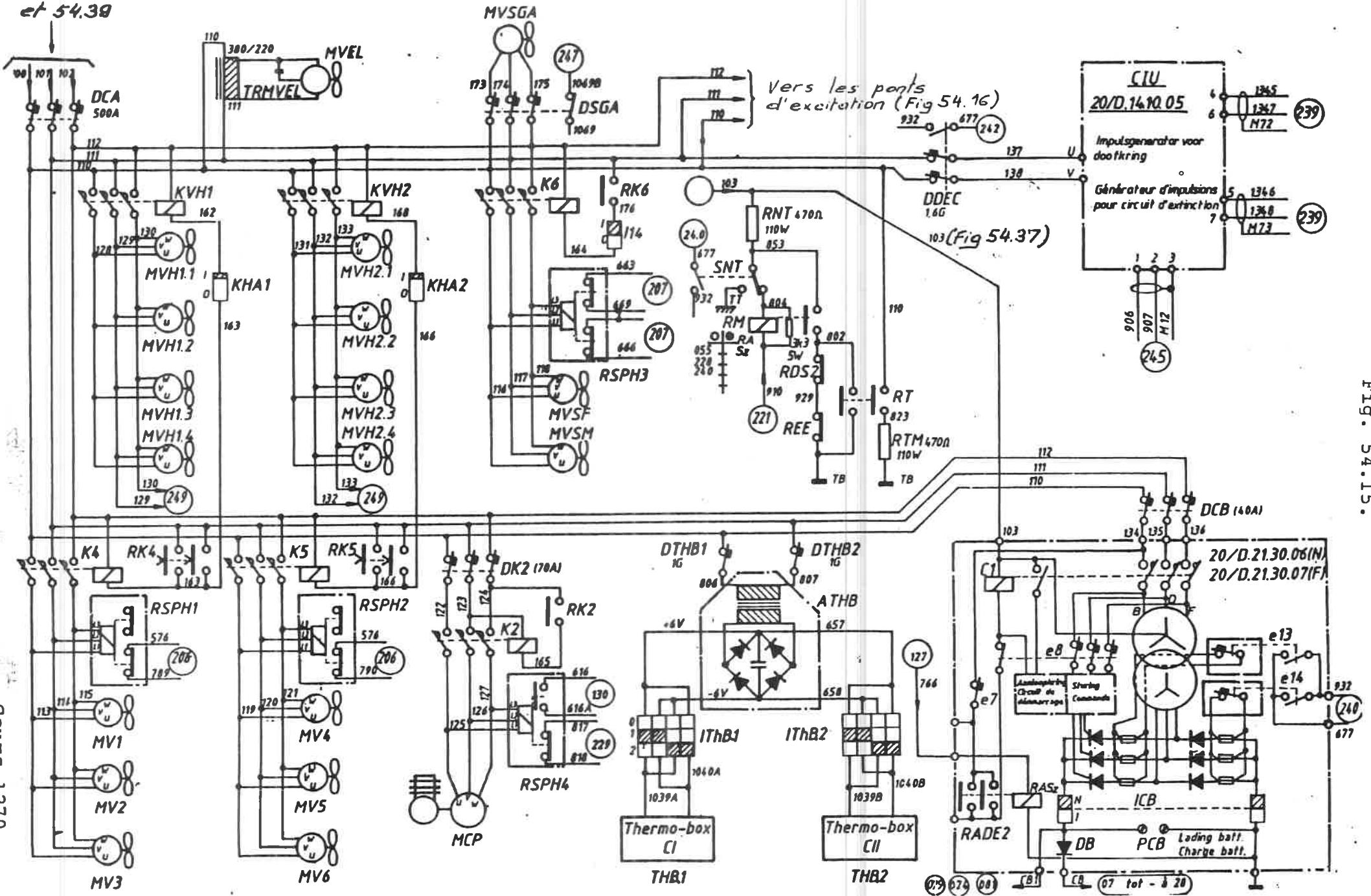


Fig. 54.15.

Fig. 54.17.

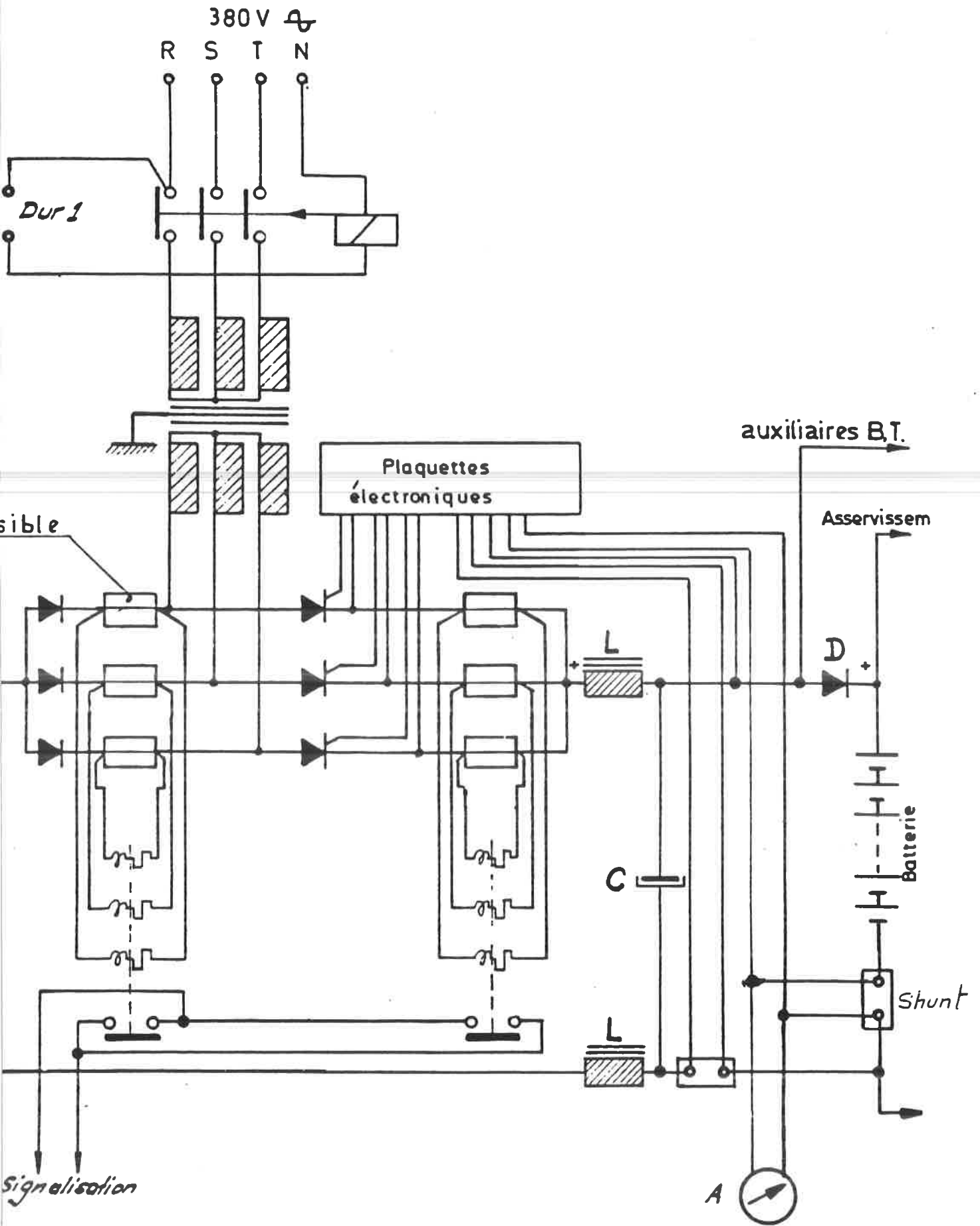
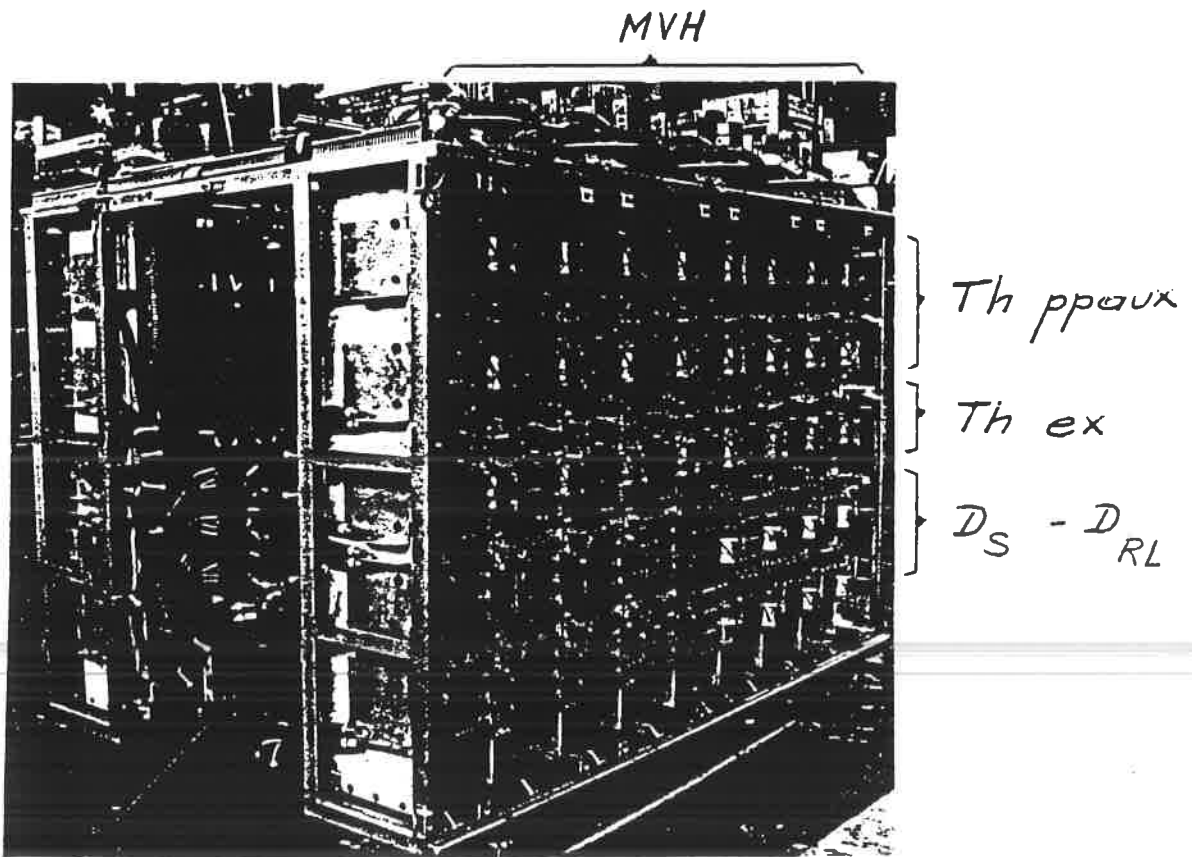


Fig. 54.19.



Transfo
l'équitépartition
60.1 Fig 54.11

Armoire hacheur.

Modules:

Th ppoux : Deux branches en parallèle de huit thyristors en série

Th ex : Une branche de huit thyristors en série

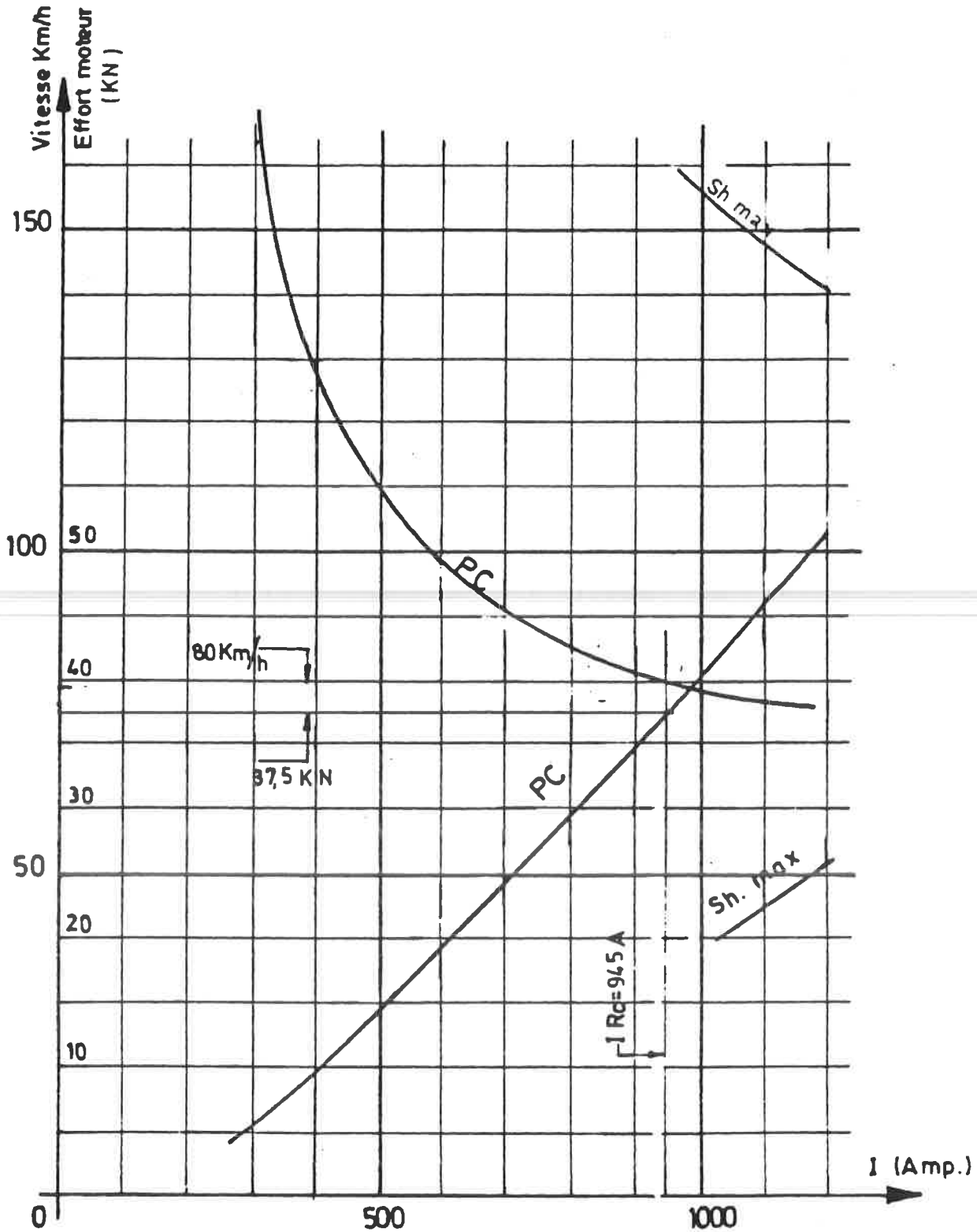
D_S - D_{RL} : De gauche à droite :

. Diode série : deux branches en parallèle de 4 diodes en série

. Diode de "roue libre" deux branches en parallèle de 4 diodes en série

MVH : Moteurs asynchrones d'entraînement des ventilateurs "hacheur"

Fig. 54.21.



Moteur : LE 772 G

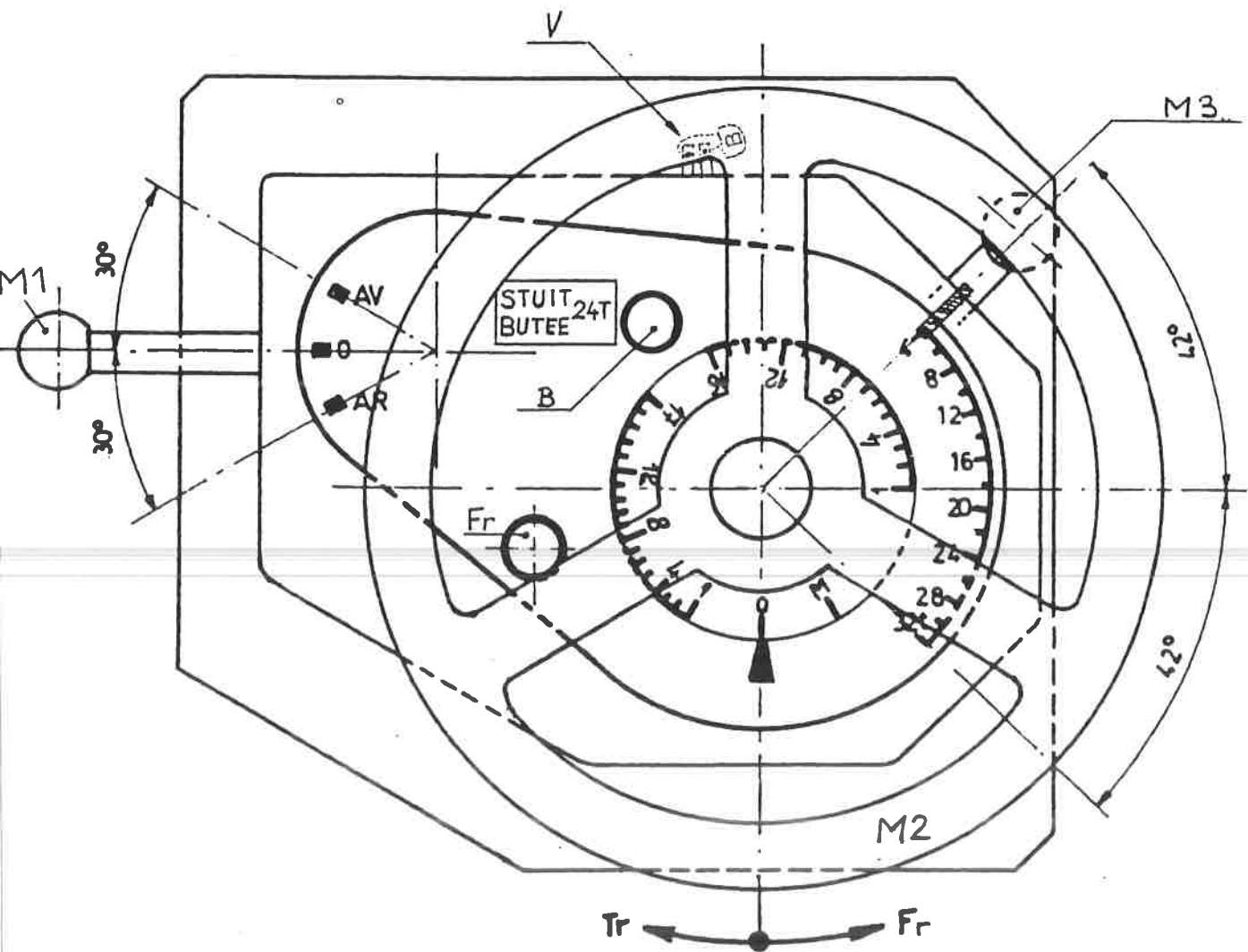
Caractéristiques approximatives : $U=950V$

Réduction : $80/26 = 3,08$

Roue mi-usée : 1210 mm

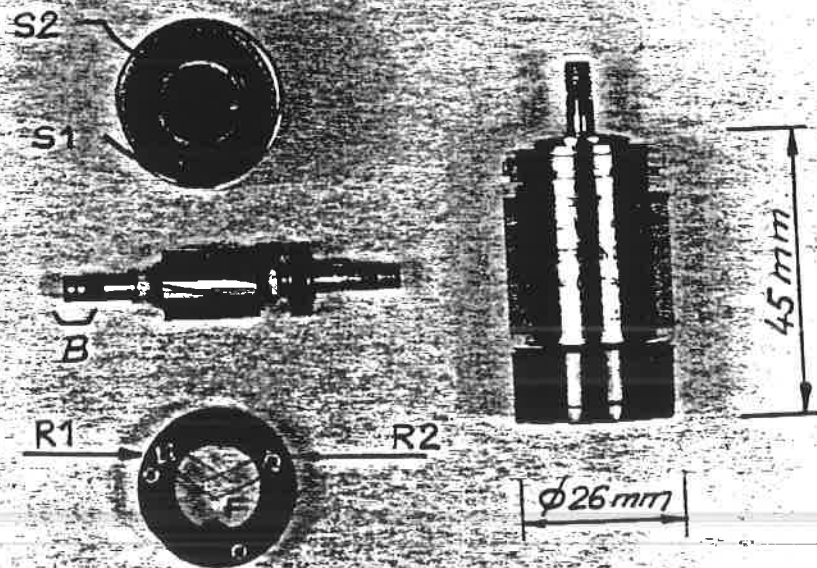
Régime continu 950V-945 A -1080tr/min -855 KW

Fig. 54.23.



Manipulateur.

- M1 Manette d'inversion
- M2 Manipulateur - manette de vitesse
- M3 Boule d'effort
- V Verrouillage "plombé" boule d'effort "24T"
- B Butée effaçable pour positionnement au-delà de "24T" de la boule d'effort
- Fr Butée effaçable du frein rhéostatique



Variateur de champ magnétique Potentiomètre inductif (selsyn.)

Primaire (stator) $S_1 S_2$ alimenté à
tension et à fréquence constante
400 Hz

Secondaire (rotor) $R_1 R_2$ tension variable
de zéro à une valeur maximum
en fonction de la position de
l'axe de commande

| B : bagues collectrices
| F : "frotteurs"

Boîtier H3434 (Régulation effort de freinage) Freinage

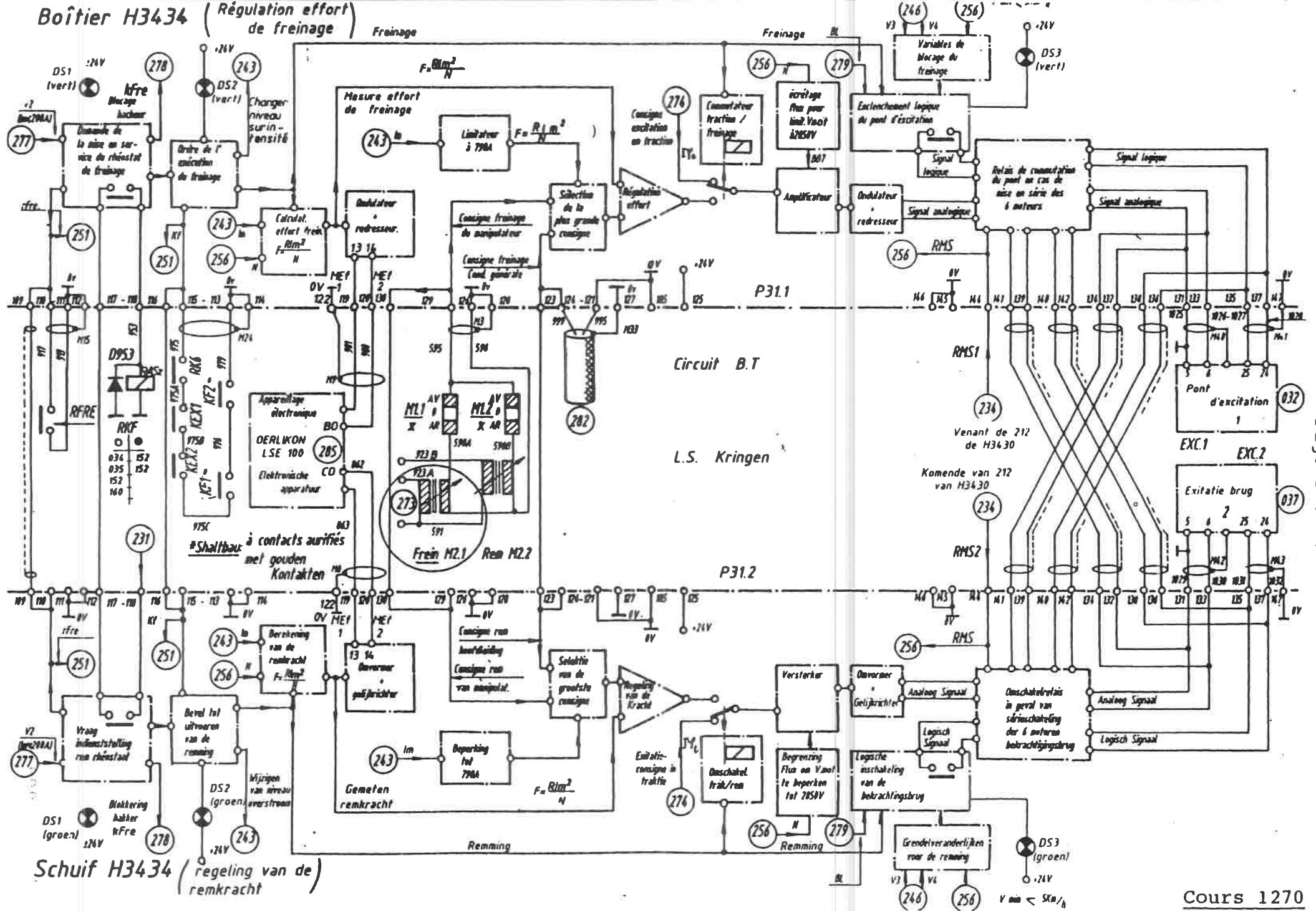
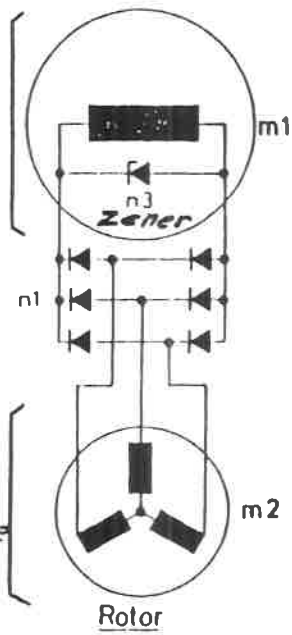


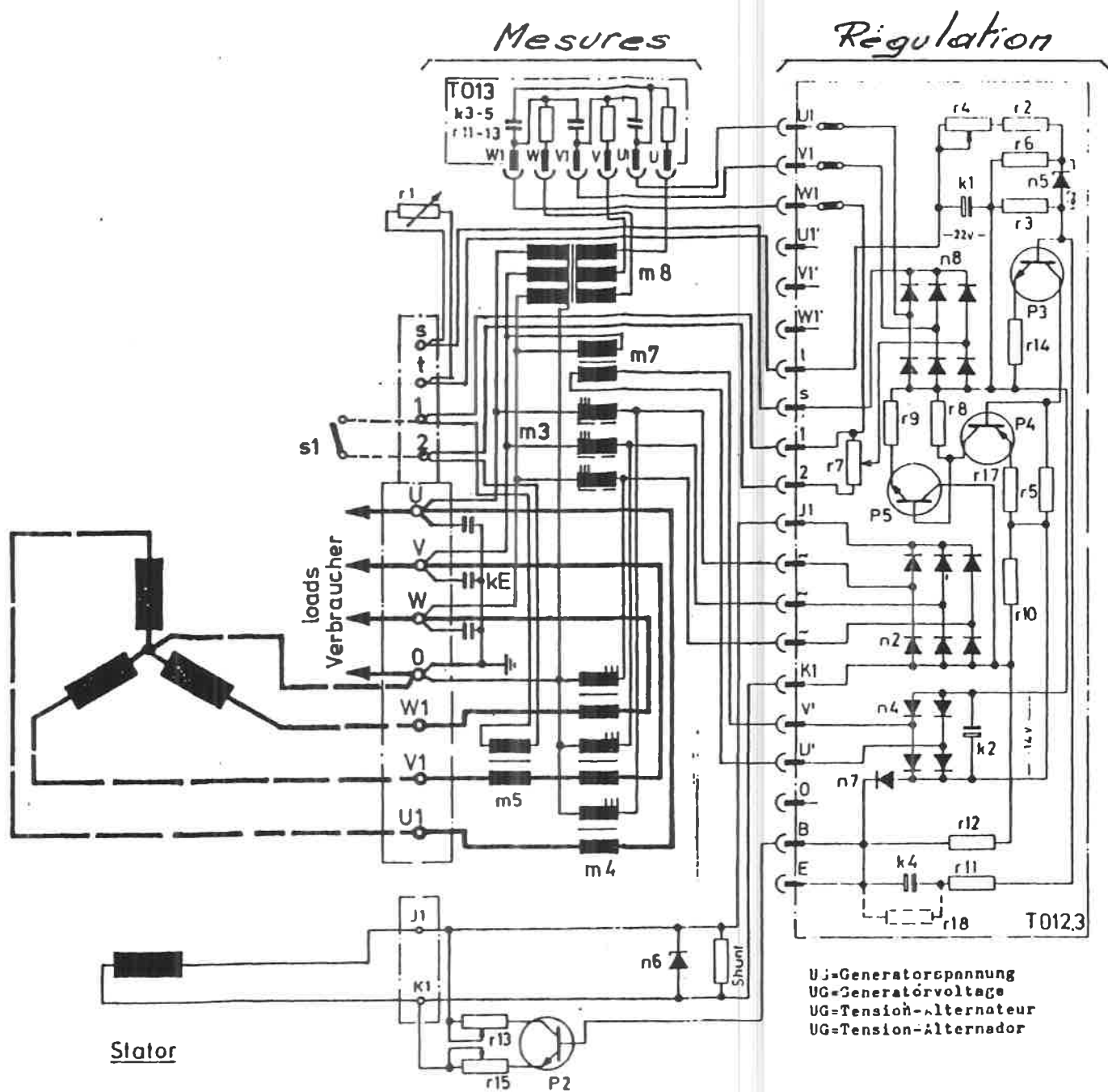
Fig. 54.27.

Schuif H3434 (regeling van de remkracht)

Alternateur principal.



Alternateur secondaire (excitation).



Uj = Generatorspannung
 UG = Generatorvoltage
 UG = Tension-Alternateur
 UG = Tension-Alternador

- m1 alternateur
- m2 excitatrice
- m3 reactance
- m4 transfo d intensité
- m5 transfo de statisme
- m6 transfo de puissance
- m7 transfo de mesure
- m8 redresseur tournant
- n1 redresseur
- n2 d excitation de base
- n3 diode à courbe libre
- n4 redresseur de puissance
- n5 diodes zener
- n6 redresseur de mesure
- P1,5 transistor préamplificateur
- P3 transistor de puissance
- k1,2,4 condensateur
- r2,6 diviseur de tension
- r13 résistance "driver"
- r3 résistance en pont
- r4 résistance série
- r5 résistance de statisme
- r1 rhéostat d'ajustage
- n8 diode
- n3,6 suppresseur des pointes de tension
- r5,8,9,10,11,12,14,15,17,18 résistance

Fig. 54.29.

Fig. 54.33.

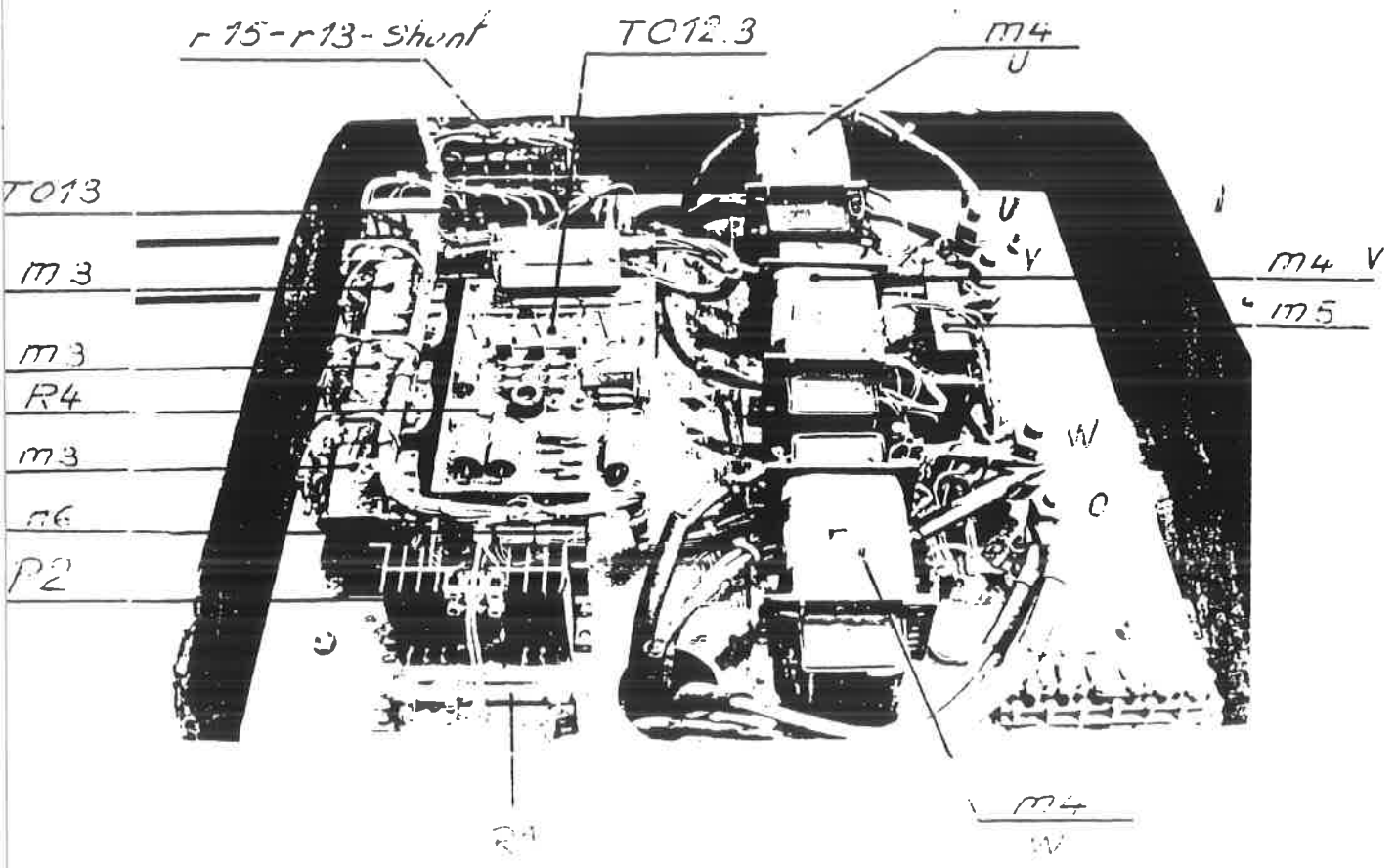
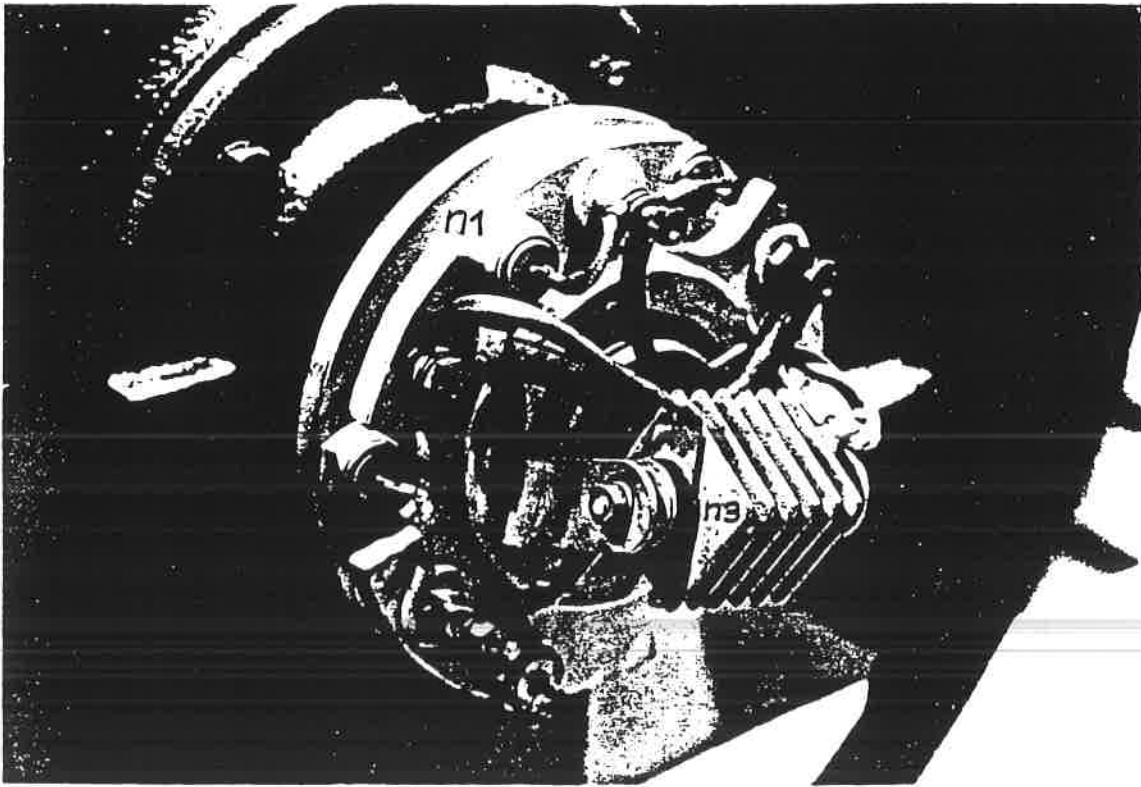
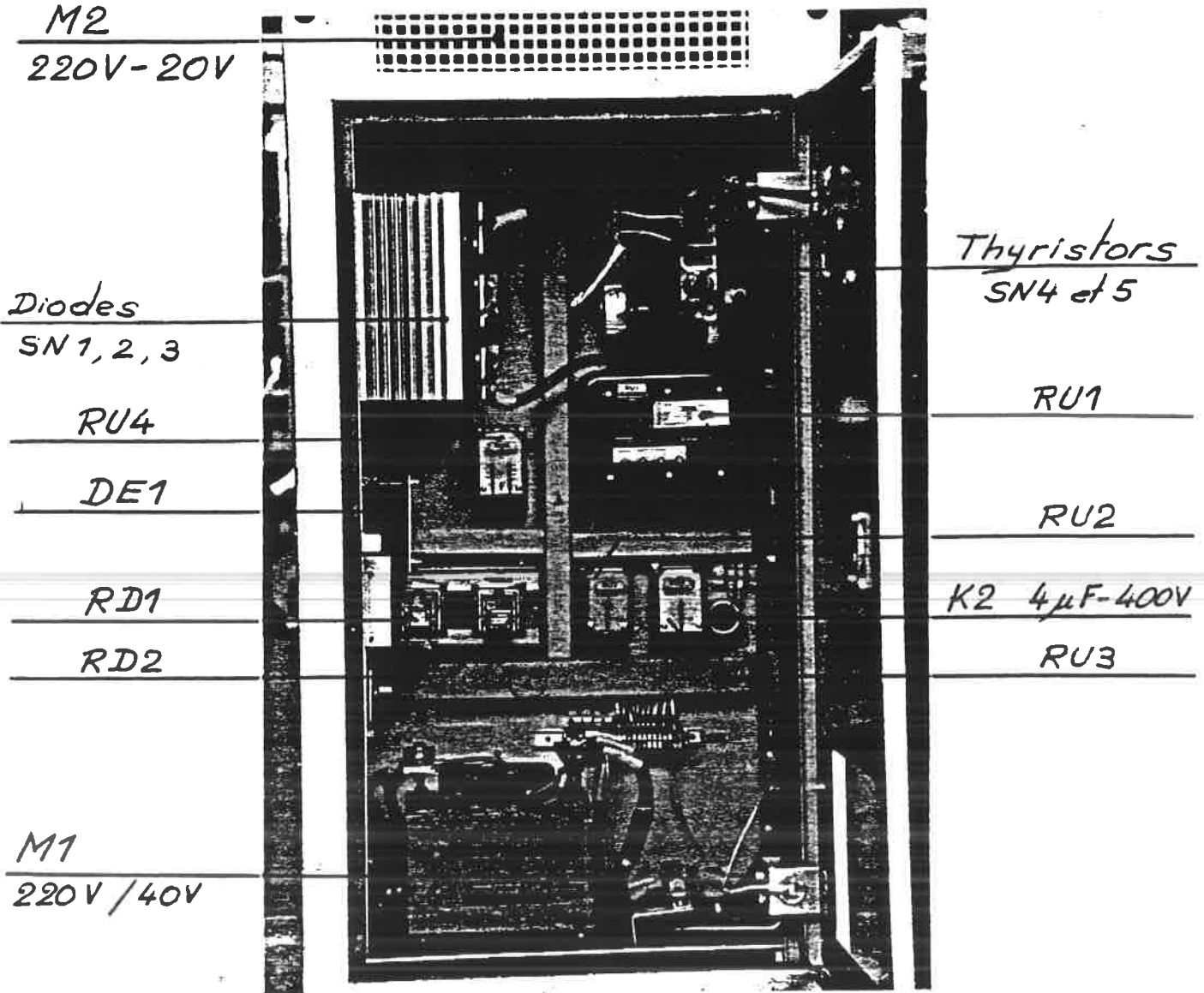


Fig. 54.34.

Fig. 54.36.



Armoire régulation du
groupe moteur 2CT200

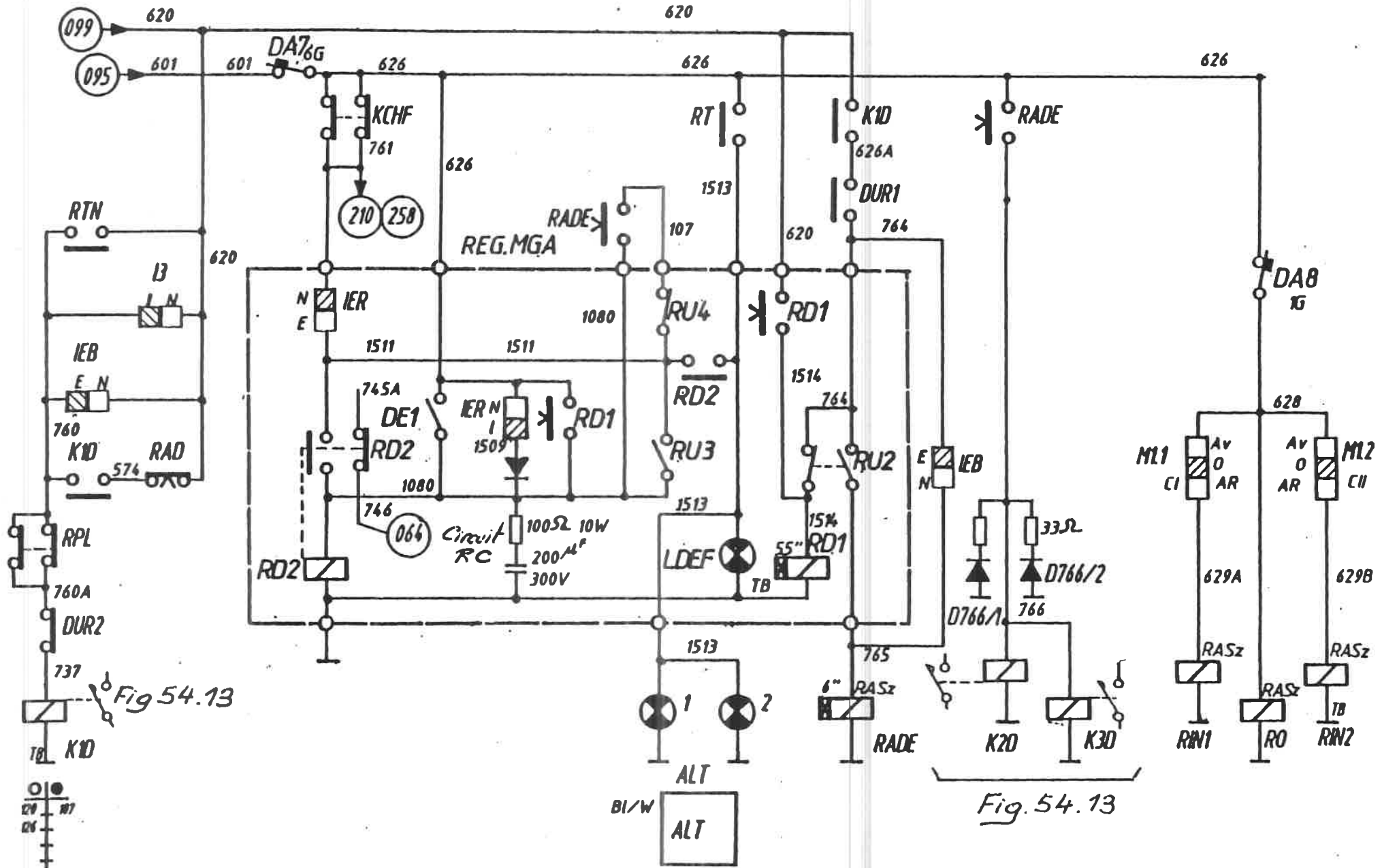
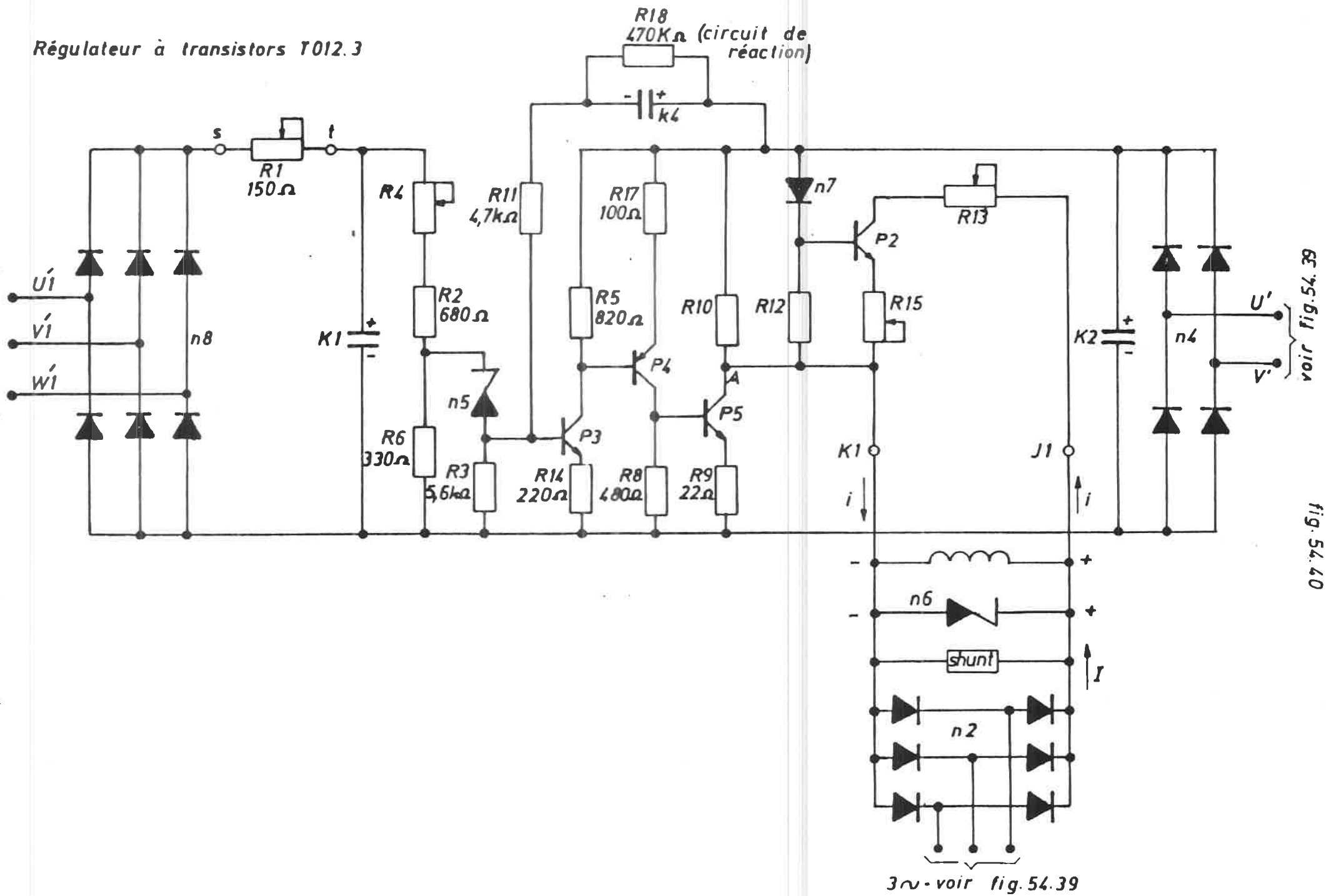


Fig 54.13

Fig. 54.13

Fig. 54.38.

Régulateur à transistors T012.3



voir fig. 54.39

fig. 54.40

Elimination des moteurs M4.5.6

Elimination des moteurs M1.2.3.

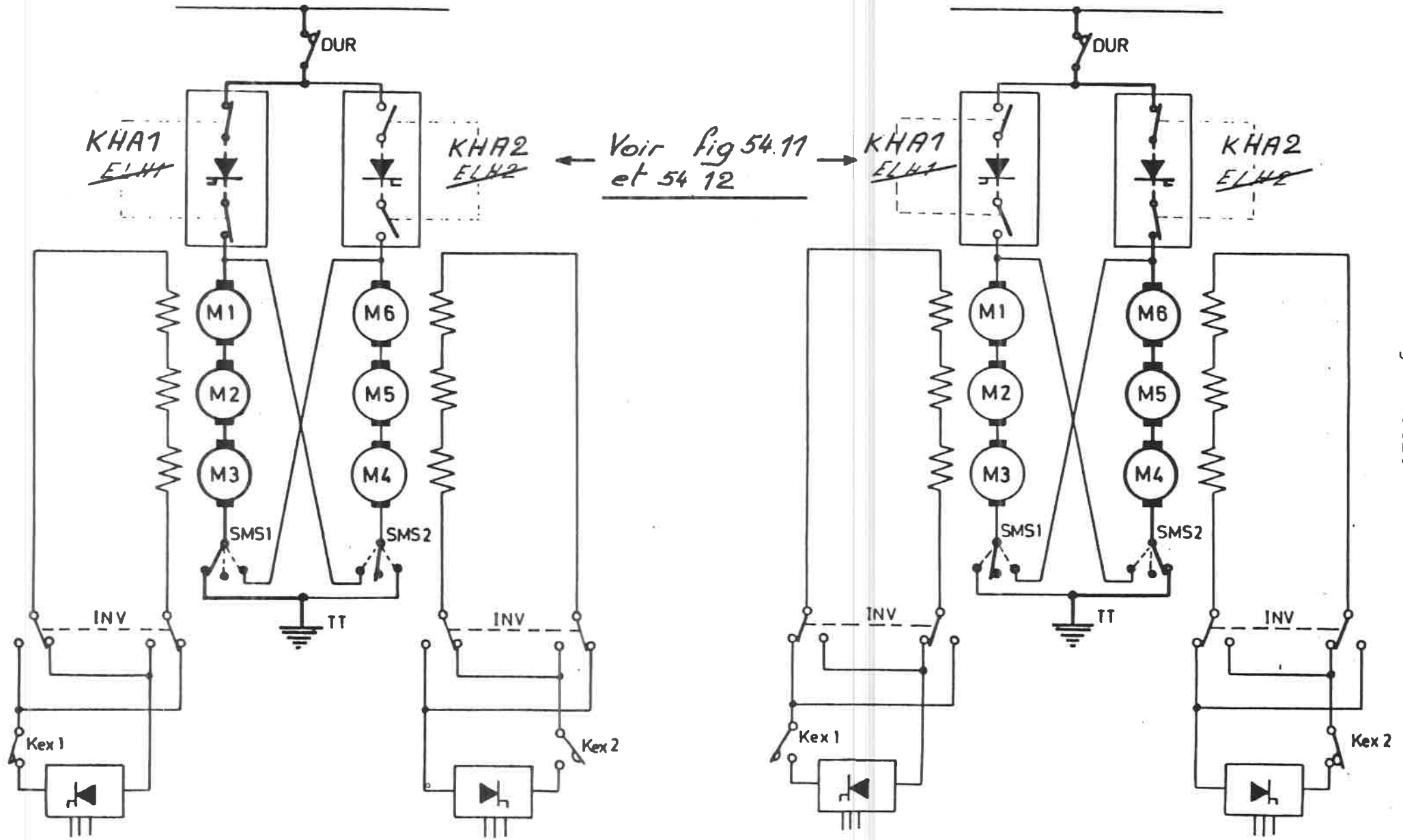
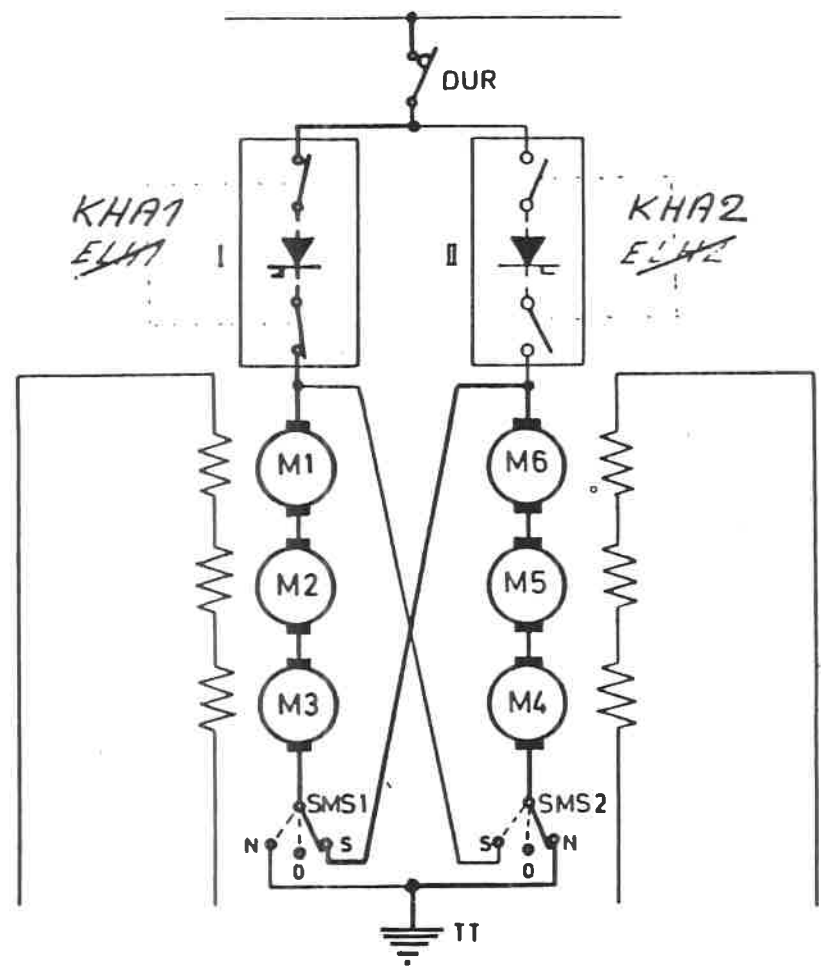


Fig. 54.42.

Elimination du hacheur II 6 mot. en série



Elimination du hacheur I 6 mot en série

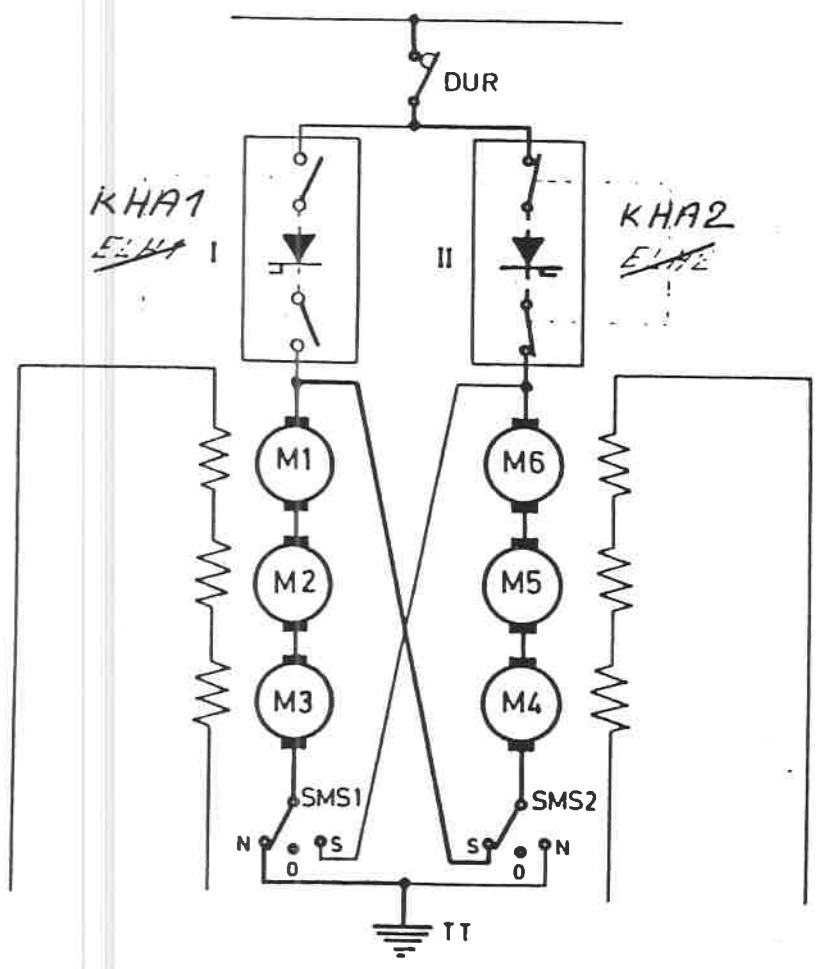


Fig. 54.44.

Fig. 54.46.

TABLEAU DES COUPLAGES COMPATIBLES HACHEURS - MOTEURS DE T..
TABEL KOPPELINGEN OVEREENSTEMMING HAKKERS - TRACTIEMOT..

COUPLAGES N° KOPPELINGEN	COUPLAGES REALISES	VERWEZENLIJKE KOPPELINGEN	POSITIONS STANDEN				
			ELH	SMS	SMS	KHA	KHA
				1	2	1	2
1			N	N	N	N	N
2			H1	N	N	I	N
3			H2	N	N	N	I
4			H2	S	N	N	I
5			H1	N	S	I	N
6			H1	O	N	I	N
7			H2	N	O	N	I

CIRCUITS LOGIQUES.55.01. Généralités.

Les circuits logiques sont destinés à remplacer les couplages classiques à relais.

Les avantages peuvent en être résumés en quelques phrases :

- a) augmentation de la fiabilité par la suppression des contacts mobiles et des accessoires;
- b) ces organes statiques peuvent être complètement protégés par une matière isolante qui permet d'en supprimer l'entretien;
- c) la consommation en énergie de ces circuits auxiliaires est ramenée de quelques dizaines de watts à quelques milliwatts;
- d) la vitesse de réponse d'un bloc à circuits logiques est très grande vis-à-vis de celle de relais où l'on doit tenir compte de l'inertie des pièces en mouvement.

Les circuits logiques travaillent avec des impulsions de courant (au contraire des circuits "analogiques" lesquels travaillent avec des variations de courant ou de tension).

55.02. Numérotation binaire.

Dans une numérotation décimale, les circuits de courant devraient être capables de différencier 10 états différents, ce qui est impossible.

Dans la numérotation décimale, les chiffres indiquent suivant leur plan dans le nombre, la quantité de multiples de 10 :

par exemple 9 527,329 =

$$9 \times 10^3 = 9\ 000$$

$$5 \times 10^2 = 500$$

$$2 \times 10^1 = 20$$

$$7 \times 10^0 = 7$$

$$3 \times 10^{-1} = 0,3$$

$$2 \times 10^{-2} = 0,02$$

$$9 \times 10^{-3} = 0,009$$

$$\text{total} = 9\ 527,329$$

Cas du 0.

Lorsqu'il n'y a pas de multiple de 10 dans un rang déterminé de la puissance de 10, on écrit 0.

La numérotation binaire présente l'avantage d'avoir 2 états stables seulement pour déterminer combien il y a d'unités dans un rang déterminé, 0 ou 1. (Ces états peuvent être représentés

Ceci peut être représenté dans le tableau suivant :

3.

A	F
0	0
1	1

b) Fonction "of".

Lorsque 2 contacts sont en parallèle, il suffit qu'un seul soit fermé pour faire brûler la lampe.

C'est représenté dans l'algèbre de Bode par le signe "of"

$$F = A \cup B$$

On peut aussi utiliser le signe +

$$F = A + B$$

Cela pourrait prêter à confusion

$$1 + 1 = 1$$

mais en "circuits logiques" nous savons que F ne peut prendre d'autre valeur que 0 ou 1.

Le tableau se présente comme suit :

A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

c) Fonction "et".

Nous prenons 2 contacts A et B en série : pour faire brûler la lampe F, il faut que A et B soient fermés.

Dans l'algèbre de Bode, on représente cela par le signe

$$F = A \cap B$$

Un point est aussi utilisé pour représenter "et" $F = A . B$.

Le tableau ci-dessous montre à nouveau toutes les possibilités.

A	B	F
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

b) Fonction "et" (fig. 55.03).

Une telle fonction peut être obtenue par un simple couplage de diodes. La sortie est normalement à -6 V (état 1) et toutes les entrées A, B, etc... aussi à -6 V (état 1).

Si une des entrées est portée au potentiel 0 V , alors $F = 0$ également.

Si on dresse le tableau d'un tel couplage, nous reconnaissons de suite la fonction "et" de la fig. 55.01.

c) Fonction "ou" (fig. 55.04).

Ici, nous voyons que si les entrées sont à 0 V , les sorties sont également à 0 V .

Lorsqu'une d'entre elles est polarisée négativement ($-6\text{ V} =$ état 1)
 $F = 1$ (donc également -6 V).

d) Amplification.

Lorsque plusieurs "portes" sont placées en série, nous perdons chaque fois $0,7\text{ V}$ de tension dans la filerie (fig. 55.05).

C'est pourquoi on utilise un couplage d'amplification consistant (fig. 55.06) en un transistor avec un collecteur polarisé à -6 V .

Lorsque l'entrée est à l'état 0, la sortie est également à l'état 0, mais avec l'entrée à -6 V (état 1), la pleine tension -6 V est également appliquée à la sortie (sans chute de tension).

De cette manière, nous obtenons le couplage de la fig. 55.07 comportant une grande quantité de "portes" avec chaque fois un couplage ("oui") avec un amplificateur intermédiaire.

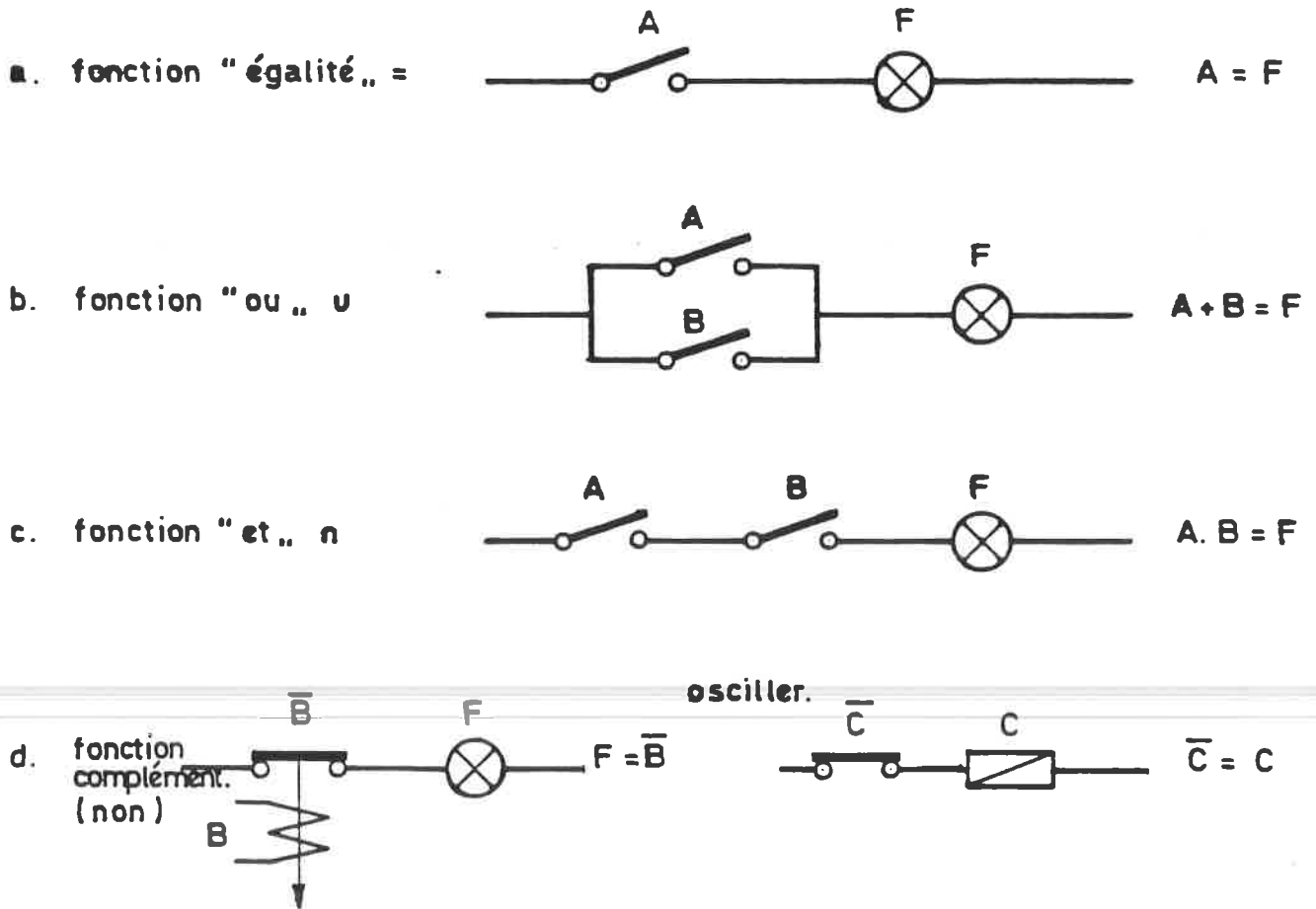
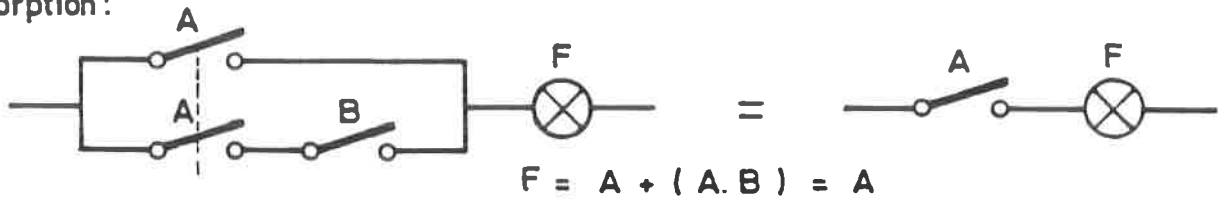
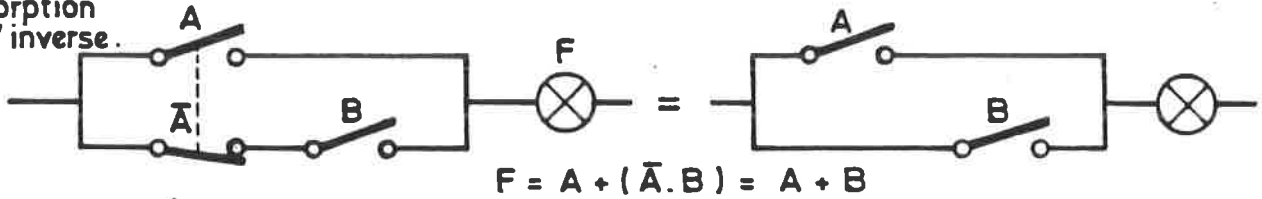


Fig. 55.01.

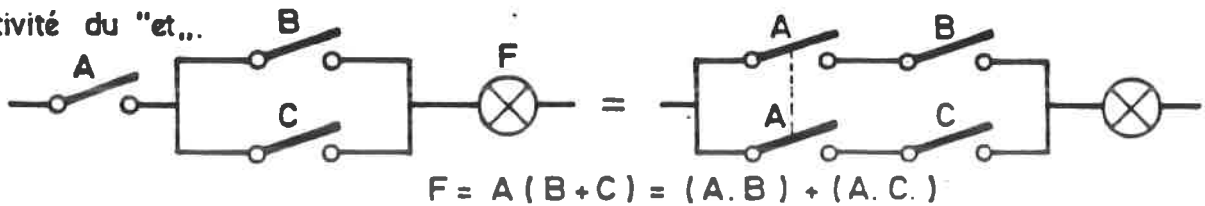
absorption:



absorption de l'inverse:



distributivité du "et"...



distributivité du "ou"...

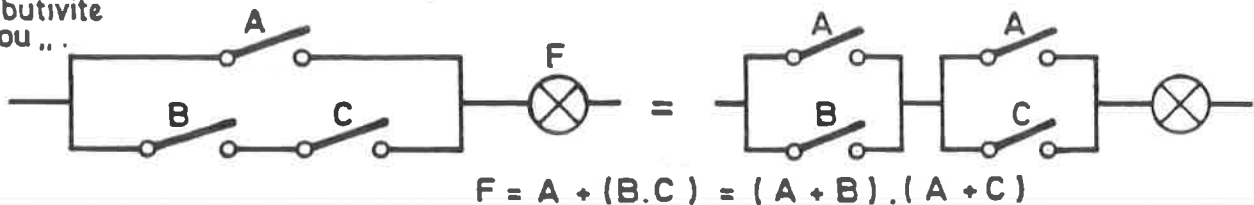


Fig. 55.02.

fonctions "et" en série.

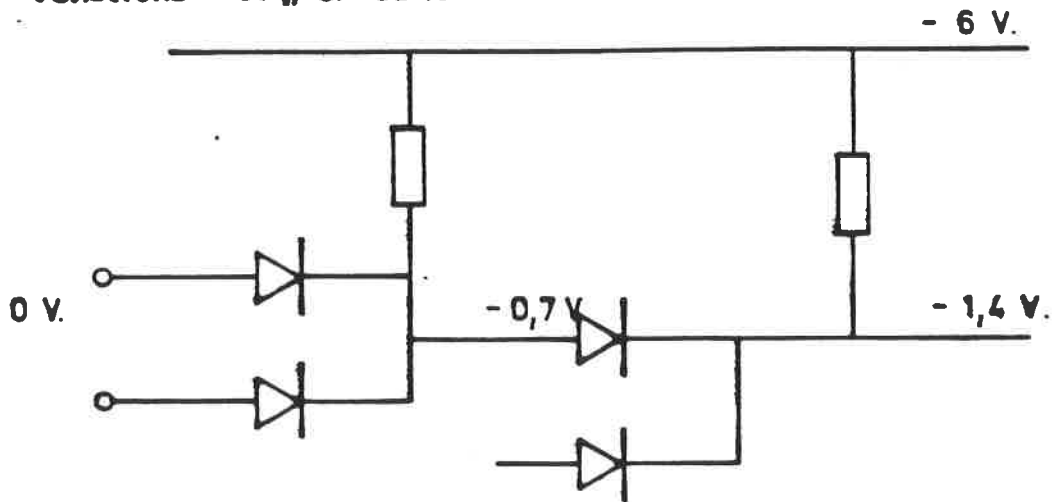
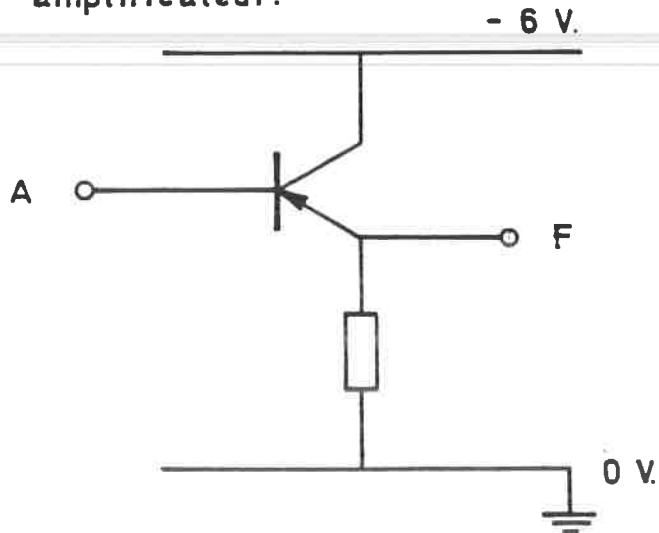


Fig. 55.06.

amplificateur.



A	F
0	0
1	1

0 = 0 V.
1 = -6 V.

Fig. 55.07.

en série avec amplification.

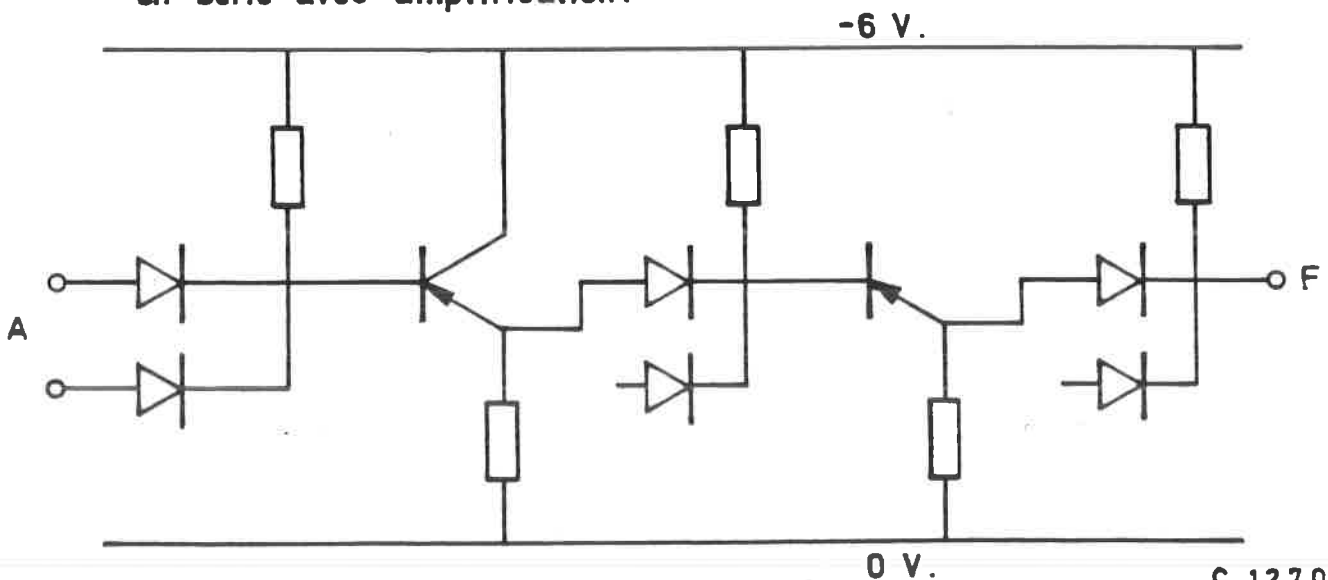


Fig. 55.08.

LE MICROPROCESSEUR.
-----1. Généralités.

De plus en plus, le microprocesseur est utilisé dans des applications industrielles.

Le microprocesseur est un composant d'un système ordinateur. Pour en faire une unité fonctionnelle, il faut y ajouter une mémoire et des circuits d'entrée et de sortie.

Quand les entrées, les sorties et éventuellement la mémoire sont mises ensemble avec le microprocesseur dans un seul C.I. on parle d'un microcontrôleur.

2. Structure d'un microcalculateur.2.1. Généralités.

Un microcalculateur est un système logique capable de :

- recevoir, en provenance du monde extérieur, des informations codées (arithmétiques ou logiques);
- traiter ces informations au moyen d'un programme d'instructions (par exemple, effectuer sur ces données des opérations arithmétiques et/ou logiques);
- fournir les résultats au monde extérieur.

- le compteur de programme : celui-ci avance de 1 à 3 pas (selon la longueur de l'instruction, voir 3) à chaque instruction, et peut donner sur le bus des adresses, l'adresse de l'instruction suivante à exécuter ;
- le registre d'instruction : celui-ci mémorise l'information codée qui définit l'instruction en cours : cette information lui parvient par le bus des données;
- des registres auxiliaires (à 8 bits si le bus des données est à 8 bits); il effectue notamment les calculs sur l'accumulateur et le registre temporaire des données : certains types de microprocesseurs possèdent d'autres registres auxiliaires, dont certains peuvent être associés deux à deux pour former des registres de 16 bits, appelés registres pairs;
- des bistables indicateurs, appelés flags (drapeaux) qui mémorisent l'état de certaines variables logiques intervenant dans des calculs (par exemple, le report d'une addition);
- un décodeur d'instruction, qui interprète le message codé représentant une instruction;
- une unité de commande qui génère successivement toutes les impulsions de commande nécessaires à l'exécution d'une instruction; ces impulsions de commande sont destinés aux divers sous-ensembles du microprocesseur;
- une unité arithmétique et logique qui exécute l'instruction en cours;
- un registre d'adresse, appelé pointeur de pile, qui désigne l'adresse à laquelle il convient de lire, dans la mémoire, l'endroit où le microcalculateur a abandonné temporairement la succession normale des instructions (voir 2.8. et 4.6.);
- un bus interne qui assure la communication de l'information entre les divers sous-ensembles du microprocesseur.

A titre d'exemple, la fig.12.1. représente schématiquement un microprocesseur INTEL 8080.

2.5. La mémoire.

Les informations à mémoriser dans le microcalculateur sont de deux types :

- les informations fixes, qui ne varient pas pendant le fonctionnement du microcalculateur : elles constituent en général le programme d'instructions; elles sont présentes dans des mémoires à lecture seule ou majoritaire (ROM, PROM ou EPROM);
- les informations variables, telles que les informations reçues de l'extérieur, les résultats intermédiaires des calculs, les informations qui attendent d'être transmises au monde extérieur; elles sont toujours présentes dans des mémoires de travail, du type RAM.

Les ordres de mémorisation et de transfert de l'information (dans les deux sens) sont reçus du microcalculateur par le bus des données. Chaque interface est désigné par le microcalculateur au moyen de son adresse (à présenter sur le bus des adresses).

2.8. Les interruptions.

Il est possible d'interrompre le fonctionnement normal du microcalculateur au moyen d'une commande extérieure, par exemple pour signaler qu'un interface reçoit un message.

Le signal d'interruption est présenté sur le bus de contrôle du microprocesseur; celui-ci achève d'exécuter l'instruction en cours puis prend note dans une partie de la mémoire destinée à cette fin, et appelée pile (stack), de l'adresse de l'instruction suivante à exécuter selon le programme normal des instructions; il reconnaît l'interruption et passe alors à l'instruction (ou au groupe d'instructions) concernée par cette interruption; il revient enfin au programme là où il l'avait abandonné. L'adresse à laquelle il a noté (dans la pile) où il était arrivé dans le programme, est mémorisée dans le pointeur de pile du microprocesseur.

En fait, il existe en général des interruptions non masquables (dont le microprocesseur doit toujours tenir compte) et des interruptions masquables (que le microprocesseur peut bloquer temporairement). On peut même définir une hiérarchie des priorités parmi les interruptions; certains circuits spécialisés ont pour fonction de recevoir les interruptions et de les communiquer au microprocesseur en respectant leur hiérarchie.

T2 : le compteur de programme avance d'un pas pendant que le 1er octet de l'instruction à exécuter est présenté sur le bus des données.

T3 : le 1er octet de l'instruction (donc, le code à 8 bits de STA) est reçu par le microprocesseur et est décodé. Le microprocesseur interprète ce code et conclut qu'il a encore besoin de 2 octets pour connaître l'instruction en cours.

T4 : état interne.

T5 : l'état du compteur de programme est à nouveau présenté à la mémoire.

T6 : le compteur de programme avance d'un pas.

T7 : le 2e octet de l'instruction (donc, le code à 8 bits de ADL) est reçu par le microprocesseur et mémorisé dans un registre temporaire (soit Z).

T8, T9, T10 : comme pour T5, T6, T7, avec comme données : ADH - ADH est mémorisé dans un autre registre temporaire (soit W).

T11 : les contenus des registres temporaires (W, Z) sont présentés sur le bus des adresses.

T12 et T13 : le contenu de l'accumulateur est présenté sur le bus des données, le contenu de W, Z est toujours présenté sur le bus des adresses et une impulsion d'écriture est donnée à la mémoire. Ainsi donc, l'information présente dans l'accumulateur est bien mémorisée à l'adresse spécifiée dans l'instruction.

3.3. Notion de cycle-machine.

Un cycle-machine est l'ensemble des états élémentaires nécessaires pour accéder à la mémoire.

L'instruction ADD B exige un seul cycle-machine.

L'instruction STA ADL ADH exige quatre cycles-machines :

T1 à T4 (bus des adresses = compteur de programme);

T5 à T7 (bus des adresses = compteur de programme incrémenté d'un pas);

T8 à T10 (bus des adresses = compteur de programme incrémenté d'un pas supplémentaire);

T11 à T13 (bus des adresses = W, Z soit ADH ADL).

L'exécution d'une instruction exige typiquement 1 à 5 cycles-machines, chacun d'eux exige de l'ordre de 3 à 5 états élémentaires et dure donc de 3 à 5 périodes d'horloge.

4. Répertoire des instructions.

Nous donnons ici une idée du répertoire que possèdent les microprocesseurs dits standards.

- à ajouter au contenu de l'accumulateur ou à en soustraire :
 - . une donnée numérique spécifiée dans l'instruction;
 - . une donnée contenue dans un registre auxiliaire du microprocesseur;
 - . une donnée contenue dans la mémoire externe, à l'adresse contenue dans un registre pair;
- à ajouter ou soustraire une unité :
 - . au contenu d'un registre auxiliaire du microprocesseur;
 - . au contenu de la mémoire externe, à l'adresse contenue dans un registre pair.

Certaines opérations arithmétiques tiennent compte du flag "report", d'autres pas.

Presque toutes peuvent modifier l'état des flags.

4.5. Opérations logiques.

Ces opérations consistent notamment :

- à effectuer, bit par bit, des opérations ET, OU, OU exclusif sur le contenu de l'accumulateur et :
 - . une donnée spécifiée dans l'instruction;
 - . le contenu d'un registre auxiliaire du microprocesseur;
 - . une donnée contenue dans la mémoire externe, à l'adresse contenue dans un registre pair du microprocesseur;
- à faire une comparaison logique entre le contenu de l'accumulateur et :
 - . une donnée spécifiée dans l'instruction;
 - . le contenu d'un registre auxiliaire du microprocesseur;
 - . une donnée contenue dans la mémoire externe, à l'adresse contenue dans un registre pair du microprocesseur;
- à décaler d'un bit vers la gauche ou vers la droite (en utilisant le report), le contenu de l'accumulateur;
- à remplacer par son complément logique, le contenu de l'accumulateur.

Presque toutes les opérations logiques influencent au moins le flag "report".

4.6. Opérations de branchement.

Ces instructions permettent d'interrompre la succession naturelle des instructions à exécuter.

On distingue :

- les instructions de saut à une adresse (d'instruction) spécifiée dans l'instruction, sans retour ultérieur :
 - . saut inconditionnel;
 - . saut moyennant une condition logique ; cette condition logique consiste en l'état d'un flag : par exemple, le saut à lieu si la parité vaut 1 ; dans le cas contraire, on passe à l'instruction suivante;

registres auxiliaires et à les restituer à la fin de l'exécution de la sous-routine, avant le retour au programme principal ; d'autres libèrent ou bloquent les interruptions masquables ou enfin bloquent le déroulement des instructions.

4.8. Instructions d'entrée-sortie.

Ces instructions permettent les échanges d'informations entre l'accumulateur et les périphériques.

5. Communication entre le microcalculateur et le monde extérieur.

Pour fournir au microcalculateur l'information nécessaire, on peut utiliser :

- un clavier équipé d'un interface parallèle;
- une télétype ou une voie télégraphique en général, équipée d'un interface série;
- des périphériques "industriels" qui convertissent en niveaux logiques utilisables par le microcalculateur :
 - . des informations "tout ou rien" (état d'un relais, d'un contacteur, d'un commutateur...);
 - . des informations analogiques (valeur de la tension électrique dans un circuit...).

Pour recevoir l'information en provenance du microcalculateur, on peut utiliser :

- une imprimante commandée par l'intermédiaire d'un circuit de décodage;
- un vidéo commandé par l'intermédiaire de circuits générateurs de caractères;
- des périphériques industriels, qui fournissent des sorties de puissance capables d'exciter des relais, de débloquer des thyristors, etc.

6. Familles de microcalculateurs - Utilisation.

On distingue actuellement trois grandes familles de microcalculateurs, chacune a ses applications propres :

- les microcalculateurs élémentaires qui remplacent souvent des commandes logiques relativement simples (commande d'un ascenseur...);
- les microcalculateurs "standard" capables de remplir des fonctions relativement complexes (télécommande, télécontrôle, régulation...) sans que la rapidité exigée pour le traitement de l'information ne soit très grande;
- les microcalculateurs "hautes performances" ayant une rapidité de traitement beaucoup plus élevée : on combine souvent plusieurs tels microcalculateurs en parallèle, chacun gère alors une tranche de 1 à 4 bits (en utilisant d'ailleurs une technologie bipolaire) ; ces systèmes entrent en compétition avec les mini-ordinateurs.

INSTRUCTION SET

Summary of Processor Instructions

Mnemonic	Description	Instruction Code ¹⁾								Clock ²⁾ Cycles
		D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	
MOV r, r	Move register to register	0	1	0	0	0	0	0	0	5
MOV M, r	Move register to memory	0	1	1	1	0	0	0	0	7
MOV r, M	Move memory to register	0	1	0	0	1	1	0	0	7
HLT	Halt	0	1	1	1	0	1	1	0	7
MOV _i r	Move immediate register	0	0	0	0	0	1	1	0	7
MVI M	Move immediate memory	0	0	1	1	0	1	1	0	10
INR r	Increment register	0	0	0	0	0	1	0	0	5
DCR r	Decrement register	0	0	0	0	1	0	1	0	5
INR M	Increment memory	0	0	1	1	0	1	0	0	10
DCR M	Decrement memory	0	0	1	1	0	1	0	1	10
ADD r	Add register to A	1	0	0	0	0	0	0	0	4
ADC r	Add register to A with carry	1	0	0	0	1	0	0	0	4
SUB r	Subtract register from A	1	0	0	1	0	0	0	0	4
SBB r	Subtract register from A with borrow	1	0	0	1	1	0	0	0	4
ANA r	And register with A	1	0	1	0	0	0	0	0	4
XRA r	Exclusive Or register with A	1	0	1	0	1	0	0	0	4
ORA r	Or register with A	1	0	1	1	0	0	0	0	4
CMP r	Compare register with A	1	0	1	1	1	0	0	0	4
ACC M	Add memory to A	1	0	0	0	0	1	1	0	7
ADC M	Add memory to A with carry	1	0	0	0	1	1	1	0	7
SUB M	Subtract memory from A	1	0	0	1	0	1	1	0	7
SBB M	Subtract memory from A with borrow	1	0	0	1	1	1	1	0	7
ANA M	And memory with A	1	0	1	0	0	1	1	0	7
XRA M	Exclusive Or memory with A	1	0	1	0	1	1	1	0	7
ORA M	Or memory with A	1	0	1	1	0	1	1	0	7
CMP M	Compare memory with A	1	0	1	1	1	1	1	0	7
ADI	Add immediate to A	1	1	0	0	0	1	1	0	7
ACI	Add immediate to A with carry	1	1	0	0	1	1	1	0	7
SUI	Subtract immediate from A	1	1	0	1	0	1	1	0	7
SBI	Subtract immediate from A with borrow	1	1	0	1	1	1	1	0	7
ANI	And immediate with A	1	1	1	0	0	1	1	0	7
XRI	Exclusive Or immediate with A	1	1	1	0	1	1	1	0	7
ORI	Or immediate with A	1	1	1	1	0	1	1	0	7
CPH	Compare immediate with A	1	1	1	1	1	1	1	0	7
RLC	Rotate A left	0	0	0	0	0	1	1	1	4
RRC	Rotate A right	0	0	0	0	1	1	1	1	4
RAL	Rotate A left through carry	0	0	0	1	0	1	1	1	4
RAR	Rotate A right through carry	0	0	0	1	1	1	1	1	4
JMP	Jump unconditional	1	1	0	0	0	0	1	1	10
JC	Jump on carry	1	1	0	1	1	0	1	0	10
JNC	Jump on no carry	1	1	0	1	0	0	1	0	10
JZ	Jump on zero	1	1	0	0	1	0	1	0	10
JNZ	Jump on no zero	1	1	0	0	0	0	1	0	10
JP	Jump on positive	1	1	1	1	0	0	1	0	10
JM	Jump on minus	1	1	1	1	1	0	0	1	10
JPE	Jump on parity even	1	1	1	0	1	0	1	0	10
JPO	Jump on parity odd	1	1	1	0	0	0	1	0	10
CALL	Call unconditional	1	1	0	0	1	1	0	1	17
CC	Call on carry	1	1	0	1	1	1	0	0	17/17
CNC	Call on no carry	1	1	0	1	0	1	0	0	17/17
CZ	Call on zero	1	1	0	0	1	1	0	0	17/17
CNZ	Call on no zero	1	1	0	0	0	1	0	0	17/17
CP	Call on positive	1	1	1	1	0	1	0	0	17/17
CM	Call on minus	1	1	1	1	1	1	0	0	17/17
CPE	Call on parity even	1	1	1	0	1	1	0	0	17/17
CPO	Call on parity odd	1	1	1	0	0	1	0	0	17/17
RET	Return	1	1	0	0	1	0	0	1	10
RC	Return on carry	1	1	0	1	1	0	0	0	5/11
RNC	Return on no carry	1	1	0	1	0	0	0	0	5/11

Mnemonic	Description	Instruction Code ¹⁾								Clock ²⁾ Cycles
		D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	
RZ	Return on zero	1	1	0	0	1	0	0	0	5/11
RNZ	Return on no zero	1	1	0	0	0	0	0	0	5/11
RP	Return on positive	1	1	1	1	0	0	0	0	5/11
RM	Return on minus	1	1	1	1	1	0	0	0	5/11
RPE	Return on parity even	1	1	1	0	1	0	0	0	5/11
RPO	Return on parity odd	1	1	1	0	0	0	0	0	5/11
RST	Restart	1	1	A	A	A	1	1	1	11
IN	Input	1	1	0	1	1	0	1	1	10
OUT	Output	1	1	0	1	0	0	1	1	10
LXI B	Load immediate register Pair B & C	0	0	0	0	0	0	0	1	10
LXI D	Load immediate register Pair C & E	0	0	0	1	0	0	0	1	10
LXI H	Load immediate register Pair H & L	0	0	1	0	0	0	0	1	10
LXI SP	Load immediate stack pointer	0	0	1	1	0	0	0	1	10
PUSH B	Push register Pair B & C on stack	1	1	0	0	0	1	0	1	11
PUSH D	Push register Pair D & E on stack	1	1	0	1	0	1	0	1	11
PUSH H	Push register Pair H & L on stack	1	1	1	0	0	1	0	1	11
PUSH PSW	Push A and Flags on stack	1	1	1	1	0	1	0	1	11
POP B	Pop register pair B & C off stack	1	1	0	0	0	0	0	1	10
POP D	Pop register pair D & E off stack	1	1	0	1	0	0	0	1	10
POP H	Pop register pair H & L off stack	1	1	1	0	0	0	0	1	10
POP PSW	Pop A and Flags off stack	1	1	1	1	0	0	0	1	10
STA	Store A direct	0	0	1	1	0	0	1	0	13
LDA	Load A direct	0	0	1	1	1	0	1	0	13
XCHG	Exchange D & E, H & L Registers	1	1	1	0	1	0	1	1	4
XTHL	Exchange top of stack, H & L	1	1	1	0	0	0	1	1	10
SPHL	H & L to stack pointer	1	1	1	1	1	0	0	1	5
PCHL	H & L to program counter	1	1	1	0	1	0	0	1	5
DAD B	Add B & C to H & L	0	0	0	0	1	0	0	1	10
DAD D	Add D & E to H & L	0	0	0	1	1	0	0	1	10
DAD H	Add H & L to H & L	0	0	1	0	1	0	0	1	10
DAD SP	Add stack pointer to H & L	0	0	1	1	1	0	0	1	10
STAX B	Store A indirect	0	0	0	0	0	0	1	0	7
STAX D	Store A indirect	0	0	0	1	0	0	1	0	7
LDAX B	Load A indirect	0	0	0	0	1	0	1	0	7
LDAX D	Load A indirect	0	0	0	1	1	0	1	0	7
INX B	Increment B & C registers	0	0	0	0	0	0	1	1	5
INX D	Increment D & E registers	0	0	0	1	0	0	1	1	5
INX H	Increment H & L registers	0	0	1	0	0	0	1	1	5
INX SP	Increment stack pointer	0	0	1	1	0	0	1	1	5
DCX B	Decrement B & C	0	0	0	0	1	0	1	1	5
DCX D	Decrement D & E	0	0	0	1	1	0	1	1	5
DCX H	Decrement H & L	0	0	1	0	1	0	1	1	5
DCX SP	Decrement stack pointer	0	0	1	1	1	0	1	1	5
CMA	Complement A	0	0	1	0	1	1	1	1	4
STC	Set carry	0	0	1	1	0	1	1	1	4
CMC	Complement carry	0	0	1	1	1	1	1	1	4
DAA	Decimal adjust A	0	0	1	0	0	1	1	1	4
SMLD	Store H & L direct	0	0	1	0	0	1	0	0	16
LMLD	Load H & L direct	0	0	1	0	1	0	1	0	16
EI	Enable interrupts	1	1	1	1	1	0	1	1	4
DI	Disable interrupt	1	1	1	1	0	0	1	1	4
NOP	No-operation	0	0	0	0	0	0	0	0	4

NOTES: 1. DDD or SSS - 000 B - 001 C - 010 D - 011 E - 100 H - 101 L - 110 Memory - 111 A.
2. Two possible cycle times, (5/11) indicates instruction cycles dependent on condition flags.

LOCOMOTIVE SERIE 11.

57.01 - Caractéristiques principales.

Les locomotives série 11 de la S.N.C.B. sont destinées à la remorque des trains internationaux de voyageurs entre la Belgique et la Hollande.

Elles peuvent assurer également tout type de train de voyageurs et de marchandises. Leurs caractéristiques techniques sont reprises à la fig. 57-01.

La locomotive est équipée de 4 moteurs de traction développant une puissance totale continue de 3.130 KW.

Le réglage continu de la tension aux bornes des moteurs est réalisé par hacheurs à thyristors.

La locomotive comporte 2 hacheurs dont le fonctionnement est décalé d'une demi-période : chaque hacheur alimente en parallèle les 2 moteurs de traction d'un bogie. Il n'y a pas de modification de couplage des moteurs de traction, ils sont alimentés par les hacheurs de façon identique en Belgique et en Hollande.

Les moteurs sont à excitation "série"; le réglage du champ des moteurs est réalisé par résistance et contacteurs de shuntage.

La locomotive développe sa pleine puissance sur le réseau 3 KV de la S.N.C.B. et sur le réseau 1,5 KV des NS.

Les différentes commutations nécessaires sont commandées par la position de l'interrupteur de choix du système d'arrêt automatique ATB (réseau NS) MEMOR - (réseau S.N.C.B.).

Elles concernent :

- le couplage de la résistance d'amortissement du circuit d'extinction des hacheurs (SAD - fig. 57-06);
- le couplage des enroulements du transformateur des convertisseurs statiques;

- le couplage de la résistance de chauffage des postes de conduite;
- la mise en service du système d'arrêt automatique approprié (ATB sur réseau NS, MEMOR sur réseau S.N.C.B.);
- la mise en service sur le réseau NS du filtre radio et de la butée de limitation de déploiement des pantographes;
- les adaptations à la tension caténaire de différents réglages dans les équipements électriques (DUR, hacheur, convertisseur, ...).

Le réglage continu de la tension aux bornes des moteurs, l'anticabrage électrique de bogie, la traction basse, le décel et l'enrayage sélectif du patinage confèrent à ces locomotives d'excellentes propriétés d'adhérence.

Pour la conduite de la locomotive, le conducteur dispose d'un manipulateur présentant 7 crans de marche : 5 crans de tension aux bornes des moteurs, régulièrement échelonnées, à excitation maximum, et 2 crans de shuntage à tension maximum.

Au démarrage, et jusqu'à 53 km/h, l'effort développé par la locomotive est réglable de 37 à 234 kN au gré du conducteur (fig. 57-02).

Les locomotives sont équipées d'un frein rhéostatique à excitation indépendante réglée par les hacheurs. L'effort de freinage est limité : 44 kN (fig. 57-03) maximum à 140 km/h, et décroissant linéairement jusqu'à zéro à l'arrêt.

Ce frein est combiné avec le frein pneumatique de manière à freiner la locomotive au maximum par le frein électrique, le frein pneumatique n'assurant que le complément indispensable à la réalisation de l'effort de freinage demandé.

Les locomotives sont équipées uniquement des 2 câblots nécessaires pour la conduite en rame réversible, avec les voitures hollandaises pour les trains internationaux et avec des voitures M.4 en trafic intérieur; la conduite en "unité multiple" n'est donc pas possible.

Remarque importante.

La locomotive type 11 ne dispose pas de l'installation qui permet de commander le frein électro-pneumatique du matériel remorqué.

57.02 - Description des circuits de puissance à H.T. et des circuits auxiliaires à H.T. non protégés par le DUR.

Le courant est capté à la ligne caténaire au moyen de 2 prises de courant à pantographes Pt 1 et 2. (fig. 57.04).

puisse se trouver, sur le réseau S.N.C.B., dans le couplage pour 1,5 kV. Il est protégé par sa propre sécurité H.T.

b) les circuits protégés par le DUR, comprenant les circuits de puissance à H.T. et les circuits des auxiliaires à H.T. (voir paragraphe 57.03)

Les circuits de puissance comprennent : (fig. 57.04)

- le filtre d'entrée composé de la self d'entrée SF, des condensateurs CF, des résistances de décharge R et du circuit accordé L. 50 - C 50. La limitation du courant de charge du filtre d'entrée est assurée par la résistance RIFEW mise en service par le contacteur KIFE. Lorsque le filtre d'entrée est chargé son alimentation peut être assurée directement par le DUR, le contacteur KIFE étant maintenu ouvert. Le rôle du circuit accordé L 50 C 50 est de maintenir constante l'impédance d'entrée à 50 HZ, quels que soient les circuits alimentés par le filtre d'entrée; en effet, le circuit L 50 - C 50 constitue, pour les composantes à 50 HZ, un court-circuit virtuel de la sortie du filtre d'entrée;
- les deux hacheurs, alimentés en parallèle, par l'intermédiaire des sectionneurs verrouillables KHA1.1 - KHA1.2 et KHA2.1 - HKA2.2 (à commande à distance) et protégés par les relais différentiels QD1.2 et QD3.4. Le schéma des connexions internes du hacheur est représenté à la figure 57.06. Notons les couplages série-parallèle des thyristors et des diodes;
- les deux groupes de moteurs série M1 - M2 et M3 - M4 alimentés chacun par un hacheur au travers des selfs de lissage SM 1.2 ou SM 3.4, respectivement.

Les 10 sectionneurs verrouillables (à commande à distance) TA1 - TA2 - TA1.2 - TA3 - TA4 - TA3.4 - FR1 - FR 2 - FR 3 - FR 4 et les 4 contacteurs magnétiques KM1 - KM2 - KM3 - KM4 réalisent les couplages suivants :

- * alimentation normale des moteurs par le hacheur correspondant en traction;
- * alimentation des inducteurs (couplés par 2 en série) des moteurs de traction par le hacheur correspondant, en freinage rhéostatique, les inducts des moteurs débitent dans les résistances de freinage correspondantes (WRF1 et WRF2 ou WRF3 ou WRF4).

Le ventilateur MVRF assure le refroidissement du rhéostat. Le contrôle de la ventilation est réalisé par sonde thermostatique. Le freinage rhéostatique n'est autorisé que si les 4 moteurs de traction et les 2 hacheurs sont en service :

- * élimination des moteurs en même temps que le hacheur correspondant;

chauffe haute tension RCHLW1 et RCHLW2 connectées en parallèle. Sur le réseau 3 kV, les radiateurs sont mis sous tension par le contacteur KCHVL1. Sur le réseau 1,5 kV, ils sont mis sous tension par les contacteurs KCHVL2 et KCHVL3; dans ce cas, les 2 moitiés de chaque radiateur sont couplées en parallèle.

L'air frais est aspiré sous le plancher de la cabine, échauffé dans la batterie de chauffe si le chauffage est demandé, puis pulsé par un ventilateur.

- les 2 convertisseurs statiques C01 - C02 (fig. 57.07) sont branché derrière la self SF du filtre d'entrée par l'intermédiaire des contacteurs KC01.1 et KC02.1; ils sont protégés par les fusibles FZC01 et FZC02. Ces convertisseurs statiques délivrent une tension continue de 440 V. pour les auxiliaires 440 V. et une tension continue de 110 V. pour les auxiliaires 110 V. et la charge batterie.

57.04 - Convertisseurs statiques. (fig. 57.07).

Le convertisseur peut être considéré, dans son principe, comme un hacheur à fréquence variable et temps de conduction fixe alimentant un transformateur de sortie qui réalise la séparation galvanique entre l'entrée HT et la sortie BT. De ce fait, on pourra régler la tension moyenne de sortie par action sur la période T de fonctionnement.

Le convertisseur ne possède pas de thyristor d'extinction, le temps de conduction constant correspondant à la période d'oscillation du courant Le-Ce. La décharge du circuit oscillant Le-Ce, immédiatement après sa charge, assure l'extinction des thyristors principaux.

L'ensemble filtre d'entrée et circuit 50 Hz des hacheurs forme le filtre d'entrée des convertisseurs; à noter que les critères d'impédance et d'harmoniques sont évidemment satisfaits.

Les locomotives série 11 possèdent 2 convertisseurs statiques dont le transformateur possède un primaire en 2 parties, un commutateur SCO et 2 secondaires.

Ces secondaires alimentent un ensemble redresseur, self de lissage, condensateur de filtrage et diode de roue libre fournissant

- une sortie 440 V. cc pour les groupes moteurs-ventilateurs des selfs et des moteurs de traction et pour les groupes moteurs-compresseurs;
- une sortie 110 V. cc pour la charge batterie, les asservissements dont les moteurs-ventilateurs des hacheurs.

8.

- courant : 32 A;
- vitesse de rotation : 1.050 t/min.

Les caractéristiques de chacun des compresseurs :

- pression de refoulement : 10 bars;
- débit : 1.350 l/min;
- nombre de cylindres : 4;
- refroidissement par air.

b) Groupe moteur-ventilateur des moteurs de traction.

Il y a 2 groupes moteur-ventilateurs par locomotive. Chaque groupe est constitué par un moteur 440 V. entraînant 2 roues de ventilation (1 par moteur de traction).

Les caractéristiques et point de fonctionnement de chaque groupe sont les suivants :

moteur : puissance : 18,6 kW;
courant : 50 A;
vitesse de rotation : 2.650 t/min;

roue de ventilation : débit 2,1 m³/sec;
hauteur manométrique : 300 mm de colonne d'eau;

c) Groupe moteur-ventilateur des selfs de lissage et des selfs du filtre d'entrée.

Il y a un groupe moteur-ventilateur pour les 2 selfs de lissage et un autre pour les selfs du filtre d'entrée.

Les caractéristiques et point de fonctionnement de chaque groupe sont les suivants :

moteur : puissance : 4,5 kW;
courant 13 A;
vitesse de rotation : 1.600 t/min;

roue de ventilation : débit : 2,0 m³/sec;
hauteur manométrique : 100 mm d'eau.

Chacun des moteurs de ces groupes est commandé par un contacteur électromagnétique et protégé par un disjoncteur magnéto-hydraulique, dont les contacts agissent dans les circuits de commande.

Un transducteur est placé en série avec chaque moteur; les signaux de sortie sont utilisés dans le régulateur de la tension 440 V. du convertisseur statique pour contrôler le courant de démarrage et assurer la protection.

de conduite d'une voiture-pilote accouplée, (les-commands basse tension et les signalisations se faisant par l'intermédiaire de 2 coupleurs à 19 fils).

La batterie comporte 75 éléments de type Cadmium-Nickel en série; sa capacité est de 75 Ah.

La charge de la batterie est assurée par les 2 convertisseurs statiques dont les sorties sont mises en parallèle;

- Par hacheur, un groupe de 6 moteurs-ventilateurs; les moteurs sont des moteurs asynchrones triphasés, incorporés dans le moyeu de la roue de ventilation, alimentés par un onduleur. Chaque onduleur est alimenté par la tension 110 V. de la batterie. Il se limite à transformer le 110 V. continu en 110 V. alternatif triphasé, sans isolation galvanique; la fréquence étant déterminée par la régulation de l'onduleur.

Le moteur et le ventilateur forment donc une unité compacte.

Les caractéristiques des groupes sont les suivantes :

a) pour 5 groupes :

moteur type : ETRI 97 CJ 116 P (à 2 étages);
 tension : 110 V. triphasé, ondes carrées;
 fréquence : 50 Hz à 60 Hz;
 vitesse : de 2.800 t/min (50 Hz) à 3.300 t/min.
 (60 Hz);
 puissance absorbée : de 300 W. (50 Hz) à 340 W.
 (60 Hz);

roue de ventilation : débit : 450 l/sec.
 Δp : 30 mm col. d'eau

b) pour le 6me groupe :

moteur type : ETRI 60 AF 0267 (à un étage);
 tension : 110 V. triphasé, ondes carrées;
 fréquence : 50 Hz à 60 Hz;
 vitesse de rotation : de 2.900 t/min (50 Hz) à
 3.350 t/min. (60 Hz)
 puissance absorbée : de 400 W. (50 Hz) à 550 W.
 (60 Hz)

roue de ventilation : débit : 400 litres/sec.
 $\Delta p = 30$ mm col. d'eau.

Chaque onduleur démarre avec une résistance de démarrage en série cette résistance est court-circuitée après la phase de démarrage par un contacteur K.10.

courant I_1 ; le moteur est alimenté à la tension caténaire, $V_A = V$; il y circule le courant moteur I_M égal à I_1

- A un moment donné (c'est le paramètre avec lequel on va pouvoir régler la tension moteur), on débloquent le thyristor Th2. Il se produit alors une oscillation dans le circuit oscillant C2 - S2, alimenté à la tension caténaire. La capacité C2 se charge au double de la tension du filtre d'entrée (qui fournit le courant de charge au travers du thyristor Th2); ($V_c = 2 V$), puis se décharge dans le circuit moteur. Ce circuit étant à courant constant (présence d'une inductivité suffisante), le courant de décharge de la capacité C2 remplace au fur et à mesure le courant du thyristor principal Th1.
- Quant le courant de décharge de la capacité dépasse le courant moteur I_M , le surcroît de courant I_L est poussé au travers de la diode D1 et est récupéré par le filtre d'entrée; le thyristor Th1 est alors polarisé négativement par la chute de tension directe de la diode D1 pendant tout le temps où le courant de décharge de la capacité est supérieure au courant moteur.

Il faut que ce temps X soit supérieur au temps de recouvrement du thyristor Th1 dans les conditions les plus difficiles (courant moteur maximum, tension caténaire minimum, température maximum ...) pour être certain de l'extinction du thyristor Th1. On remarque que le thyristor Th2 s'éteint également durant cette phase et la phase précédente puisqu'il est polarisé négativement par la chute de tension directe de la diode D2 depuis le début de la décharge du condensateur C2.

- Quand le courant de décharge repasse par la valeur du courant I_M , le circuit moteur est découplé du réseau, la diode D1 et le thyristor Th1 étant tous les deux bloqués. Il n'y a plus de circuit oscillant parce que l'inductivité infinie du moteur est en série avec C2 et S2 dans le circuit.

La capacité C2 se décharge à courant I_M constant dans le moteur. Le potentiel du point A vaut celui du point C.

- Quand le potentiel du point A passe par zéro (à partir de ce moment la tension est nulle aux bornes des moteurs), la diode de déversement D devient passante et le circuit S2 - C2 forme de nouveau un circuit oscillant, amorti cette fois par la résistance R2 (la tension aux bornes de C2 étant maintenant négative, la diode D4 devient passante).

L'amortissement du circuit oscillant, peut, suivant l'utilisation du hacheur, être grand (R2 petite) ou petit (R2 grande).

Sur les locomotives type 11 la différence de fonctionnement sur le réseau 3 kV ou sur le réseau 1,5 kV, repose sur cette possi-

Cette description du fonctionnement montre qu'on ne peut appliquer au moteur ni une tension moyenne nulle, ni une tension moyenne égale à la tension caténaire.

En effet, le thyristor principal Th_1 ne peut être éteint qu'après un certain temps (au moins le temps d'oscillation de la capacité C_2) et la tension caténaire est donc appliquée au moins pendant ce temps-là de la période aux moteurs; de même, on ne peut allumer le thyristor Th_1 qu'un certain temps après son extinction (au moins le temps de décharge de la capacité C_2) et pendant ce temps-là, les moteurs ne sont plus alimentés par la caténaire : les deux rapports cycliques (on appelle ainsi le rapport $\frac{T_e}{T}$ correspondants constituent les "butées" minimum et maximum du hacheur.

57.08 - Modification du circuit d'extinction.

Sur le hacheur des locomotives série 11, le condensateur d'extinction n'est plus relié directement au zéro de l'alimentation mais bien au potentiel positif de l'alimentation du hacheur.

Sur le diagramme d'évolution de la tension V_{c2} (fig. 57.10), il suffit de considérer que le potentiel absolu de la 2^{me} armature de C_2 n'est plus à zéro mais à V_L (cste)

Il en résulte :

- une sollicitation moindre de la source, donc du condensateur du filtre d'entrée, puisque la source n'est plus traversée par le courant du circuit d'extinction (fig 57.13).
- une sollicitation moindre du condensateur d'extinction qui ne supporte plus entre bornes qu'une tension de crête égale à celle de la tension de source au lieu du double de celle-ci.

57.09 - Fonctionnement du hacheur en Vernier (fig. 57.12).

a) Généralités.

Il a été dit précédemment que le rapport cyclique était limité par l'existence obligatoire d'une butée minimale. La limitation du rapport cyclique impose donc une tension moyenne minimale aux bornes des moteurs de traction. De ce fait, le courant, lorsque la force contre-électromotrice est faible, peut prendre des valeurs moyennes très grandes.

L'utilisation d'un thyristor dit "Vernier" en lieu et place de la diode série D_3 permet de supprimer la butée minimale. Le thyristor Vernier, par action sur sa gâchette, permet de régler la tension moyenne sur les moteurs jusqu'à 0.

16.

tensité I_1 passerait par L_3 , $R_{3,1}$ et D_5 pendant le temps T_e , ce qui provoquerait un échauffement inadmissible de $R_{3,1}$. Au-delà d'une valeur maximale acceptée par A_9 , cette dernière provoque le déclenchement du DUR.

Le thyristor Vernier cesse d'être conducteur pendant le temps de conduction de la diode de roue libre.

c) Répétition des impulsions.

- En fonctionnement "hors Vernier", on allume simultanément les thyristors principaux et les thyristors Vernier (point A). En vue d'être certain du processus d'extinction, lorsqu'on allume les thyristors d'extinction, on provoque une impulsion de rappel sur les thyristors principaux et sur les thyristors Vernier (point C').
- En fonctionnement "en Vernier", (fig. 57-15), on allume simultanément les thyristors principaux et les thyristors d'extinction (point A); à la moitié de la période d'oscillation du circuit d'extinction (passage par 0), on applique un rappel d'impulsion sur les thyristors principaux (point E). Suivant l'état de la régulation, on provoque l'allumage des thyristors Vernier à l'intérieur de la butée minimale (point F. par exemple).

En Vernier, on voit donc que la tension appliquée aux moteurs sera d'autant plus faible que l'allumage du thyristor Vernier a lieu plus tard dans l'intervalle de la butée minimale.

57.11. - Démarrage de la locomotive.

Le manipulateur comporte une position manoeuvre et 6 positions traction. Ces positions sont transmises à l'équipement sous forme codée de tension et alimentent 3 relais.

Manipulateur en position manoeuvre (position 1).

Sur cette position, les hacheurs fonctionnent à un rapport cyclique tel qu'un effort maximum de 37 kN est réalisé; la tension aux bornes des moteurs ne dépassant pas 125 V.

Cette position du manipulateur s'utilise pour les manoeuvres d'accostage et de compression des butoirs.

Manipulateur sur positions 2-3-4.

Ces 3 positions correspondent à des fonctionnements des hacheurs à des rapports cycliques (dépendant de la tension caténaire) tels qu'une tension de 350 V., 700 V., 1050 V. est appliquée à chaque groupe de 2 moteurs.

57.13 - Elimination des moteurs de traction et des hacheurs.

Les différentes commutations se font à l'intervention d'un commutateur EHM placé sur l'armoire BT. Ce commutateur comprend 4 positions :

1. Tout en service (fig. 57.17) : KHA1.1 - KHA1.2 - KHA2.1 - KHA2.2 - TA1 - TA2 - TA1.2 - TA3 - TA4 - TA3.4 sont fermés.
2. Ha 1 et moteurs 1-2 éliminés. Cette commutation permet de garder les performances en vitesse, la puissance (et l'effort) étant réduite de moitié (fig. 57.18). Les contacteurs KHA1.1 - KHA1.2 - TA1 - TA2 - TA1.2 doivent être ouverts.
3. Ha 2 et moteurs 3-4 éliminés (fig. 57.19). Les contacteurs KHA2.1 - KHA2.2 - TA3 - TA4 - TA3-4 doivent être ouverts.
4. ~~Position de mise en véhicule de l'engin, hacheurs et moteurs sont éliminés; le commutateur EHM étant sur 1, tous les contacteurs sont ouverts (fig. 57.20).~~

57.14 - Freinage rhéostatique.

Les locomotives série 11 sont équipées d'un frein rhéostatique à excitation indépendante.

Ce frein rhéostatique se met automatiquement en service dès qu'une dépression de plus de 0,8 bar apparaît dans la conduite du frein automatique.

L'effort de freinage est directement fonction de la vitesse et ne peut donc être influencé par le conducteur.

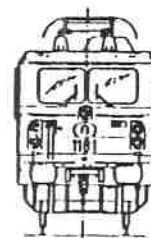
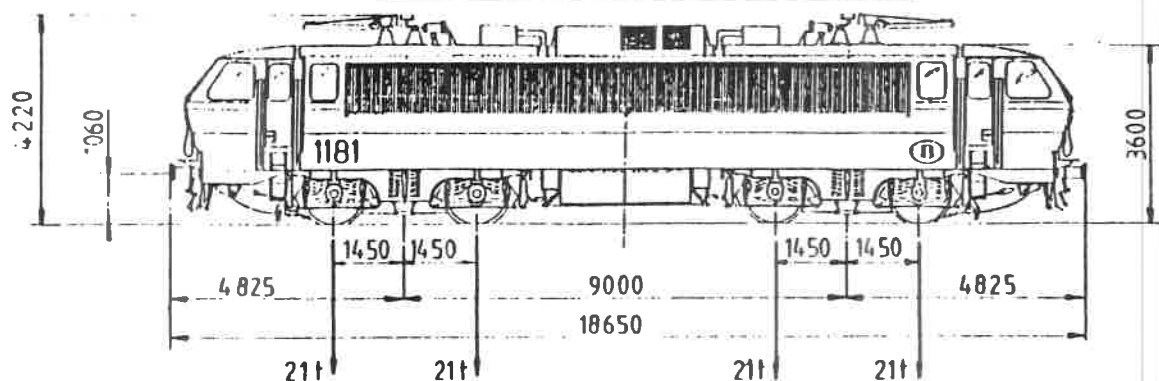
La "courbe" de l'effort de freinage est donnée à la fig. 57.03.

Ce frein rhéostatique est en outre combiné avec le frein pneumatique, de telle manière que l'effort de freinage pneumatique est automatiquement réduit de la part réalisée par le frein rhéostatique; la régulation tend à réaliser le maximum de freinage possible par le voie électrique.

Pendant la marche en freinage rhéostatique, chaque groupe de 2 inducteurs est désolidarisé des induits correspondants; chaque paire d'inducteurs est alimentée par le hacheur Vernier correspondant, via la self de lissage. Les contacteurs de "magnétisation" KM1 - KM2 - KM3 - KM4 sont alors fermés et tous les TA sont ouverts (fig. 57.21).

Chaque hacheur peut ainsi régler l'excitation constante de la paire d'inducteurs correspondante.

Locomotive série 11



ANNEXE 1.

GENERALITES

Effectif :	12
Type :	Bo-Bo
Masse totale :	t. 85
Numérotation :	1191 à 1192
Puissance continue :	kW 3 130
Tension de service :	kV { 1,5
Vitesse maximum :	km/h 150/120
Masse max. par essieu :	t. 21
Effort max. au démarrage :	kN 234
Rayon min. de courbe :	m 100
Diamètre des roues :	mm 1250
Satisfait au gabarit UIC	

PARTIE MECANIQUE

Constructeur : Constr. Ferro. et Metall. (B & U) à Nivelles
Année de construction : 1945/1946
Freinage : Frein automatique de service et frein direct de manœuvre. Frein de secours agissant sur la conduite de frein autom. Frein auxiliaire électrique rhéostatique. Le frein autom. comprend le régime "Marchandises-Voyageurs" et le régime "Haute puissance" (à 2 étages de press.). Le robinet de manœuvres du frein autom. est du type Wabco Westinghouse (P81 2) avec commande électrique.
 La locomotive est pourvue d'un frein antiplatinage, 2 compresseurs Wabco type 242 VII 70 alimentant 4 réservoirs d'une capacité totale de 1 000 l.
 Un frein à vis placé dans chaque cabine de conduite et agissant sur les 4 blocs frein d'un bogie.
Bogie : La locomotive est équipée de bogies BM-ACEC avec suspension } primaire : Winterthur.
 } secondaire : Flexicoll.
 Chauffage des cabines de conduite par batterie de chauffe électrique à air pulsé.

PARTIE ELECTRIQUE

Equipement de traction :
Constructeur : A.C.E.C. Charleroi.
Type de commande : équipement de démarrage à thyristors à commande électronique.
Moteurs de traction : Type LE 622 S avec excitation en série.
 Nombre : 4.
 Puissance unihoraire : 428 kW *
 Puissance continue : 752 kW
 Suspension : élastique sur 3 points.
Transmission : élastique
 - Transmission BMC - Federantrieb.
Rapport d'engrenages : 116/31 = 3,742
Equipement de frein électrique :
Constructeur : A.C.E.C. Charleroi.
 Type : Rhéostatique, à puissance limitée.
Remarque : pourvu de l'ATB pour circuler sur réseau UIC.

Appareillage auxiliaire :
2 convertisseurs statiques : 3 kV/1,5kV, 2 x 55 kW avec sorties 440 V et 110 V - 2 x (2 ventilateurs sur un moteur) pour les mot. de traction, 440 V - 11,6 kW - type ACEC.
 2 600 tr/min. - débit : 125 m³/min. *
2 x moteurs-ventilateurs : pour selfs, 440 V - 4,5 kW - type ACEC 1 600 tr/min. Débit : 120 m³/min. *
12 moteurs-ventilateurs : pour hacheurs, - moteurs asynchrones 110 V incorporés dans les ventilateurs
2 moteurs-compresseurs :
 - moteur 440 V - 11 kW type ACEC 1 050 tr/min.
 - compresseur : Wabco-Westinghouse type 242 VII 70 avec 2 étages de pression et 4 cylindres.
1 batterie : chargée en permanence par les 2 convertisseurs en //.
 Batteries NiFe type MN¹, 25 Ah avec 75 éléments 100 V - tension de charge 115 V.

* Valeurs calculées

Cours 1270
 Leçon 57

FIG. 57 - 01.

Fig. 57.03

HLE 11 — 3130 kW

CARACTERISTIQUES SPECIFIQUES DE FREINAGE

Diamètre roue mi-usée : 1215 mm

Rapport de réduction : $116 / 31 = 3,742$

Rendement réducteur : 0,975

Résistance de freinage par moteur : $1,96 \Omega$

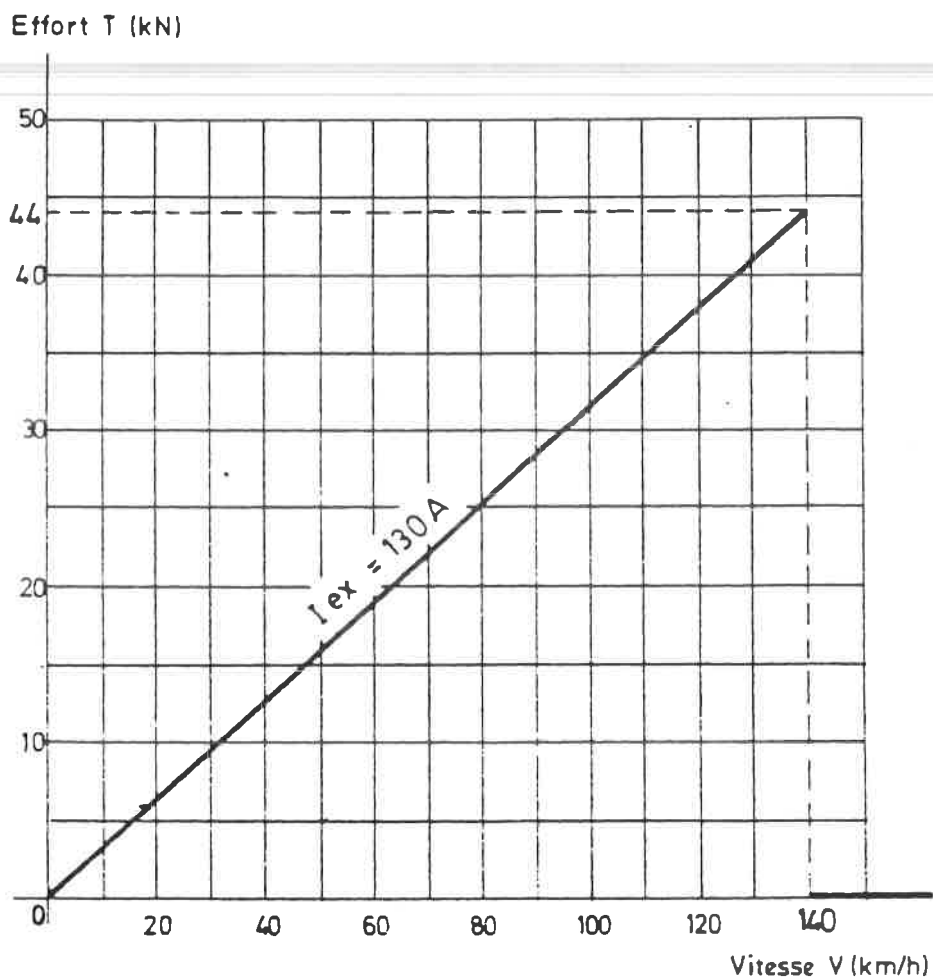
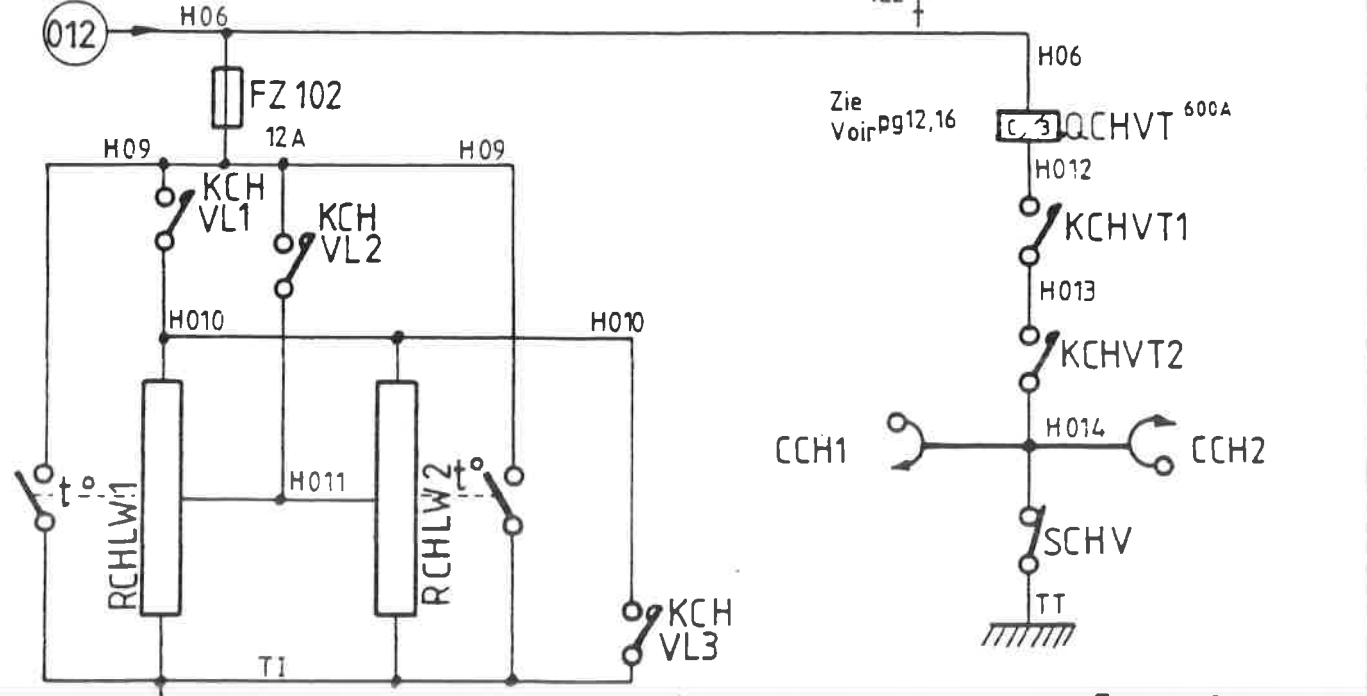
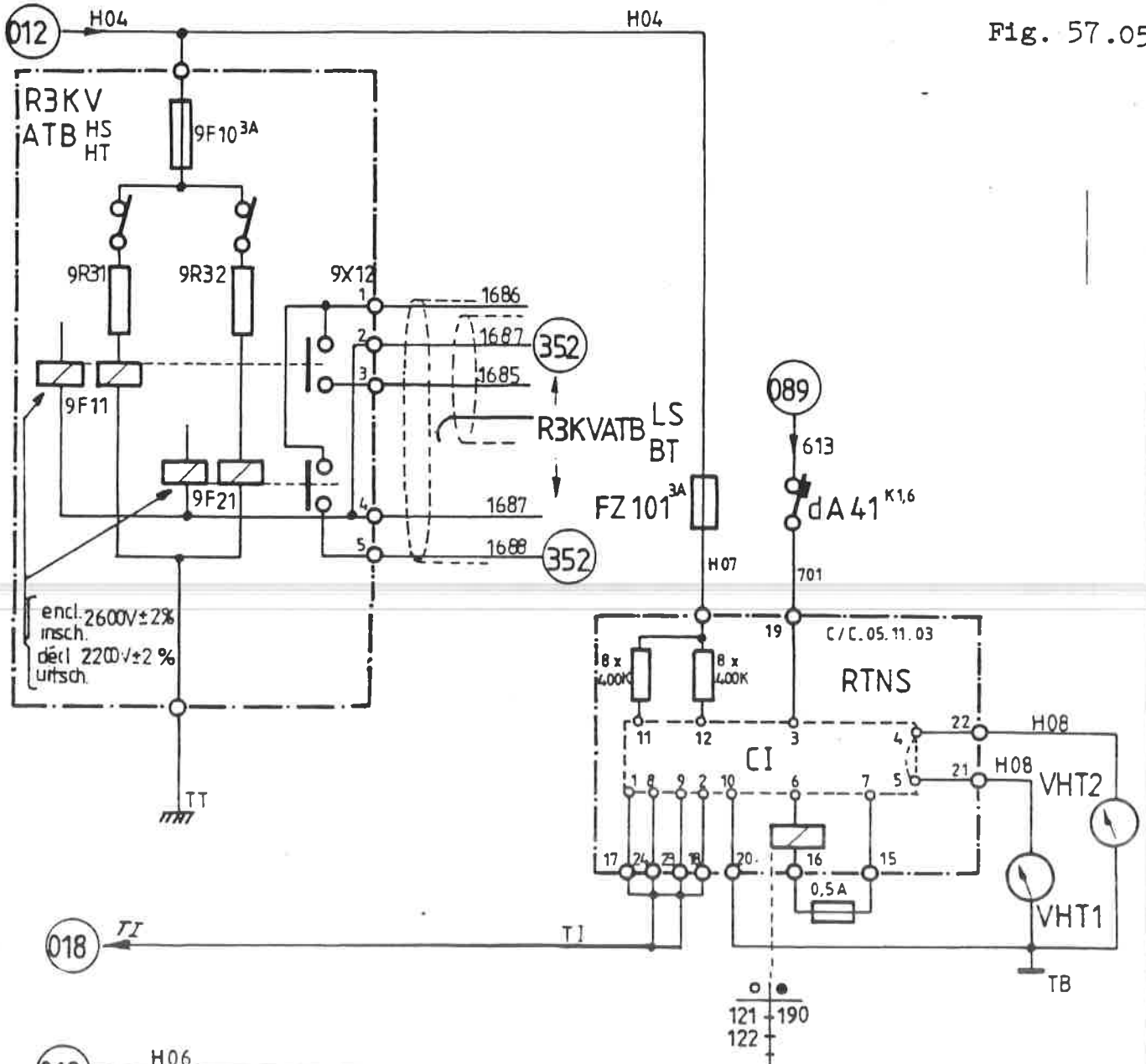


Fig. 57.05



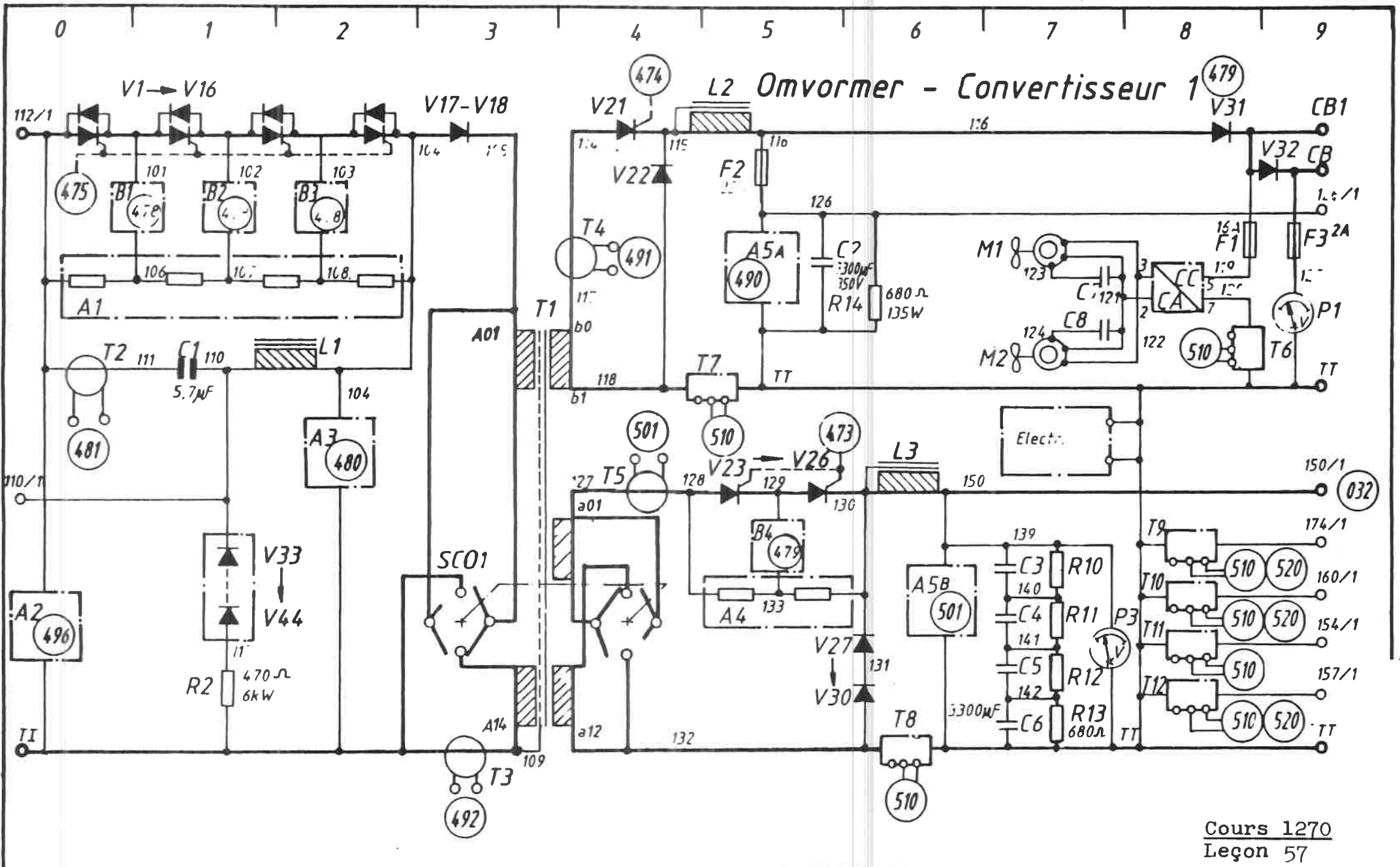


Fig. 57.09

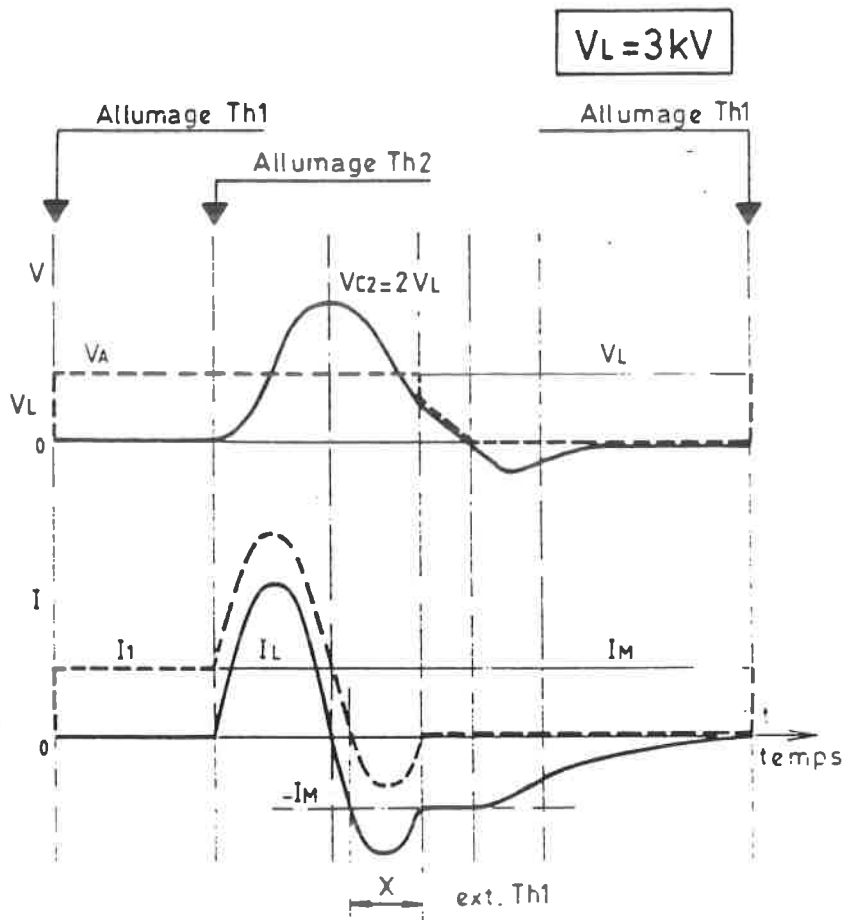
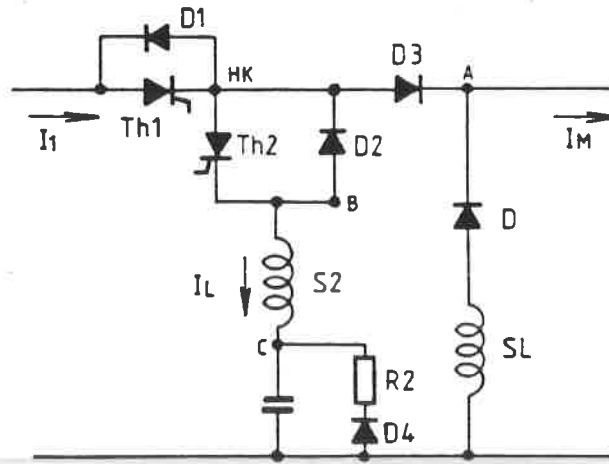


Fig. 57.10

Fig. 57.12

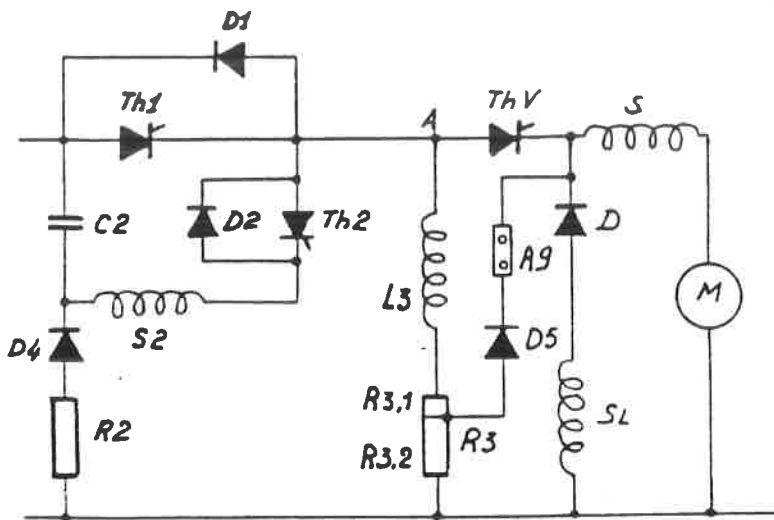
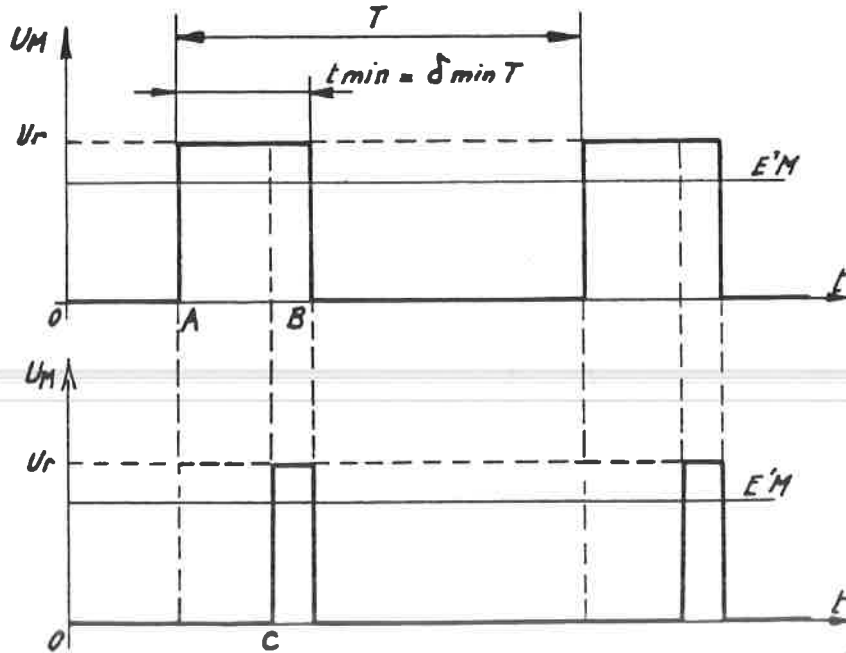


Fig. 57-13.

Fig. 57.16

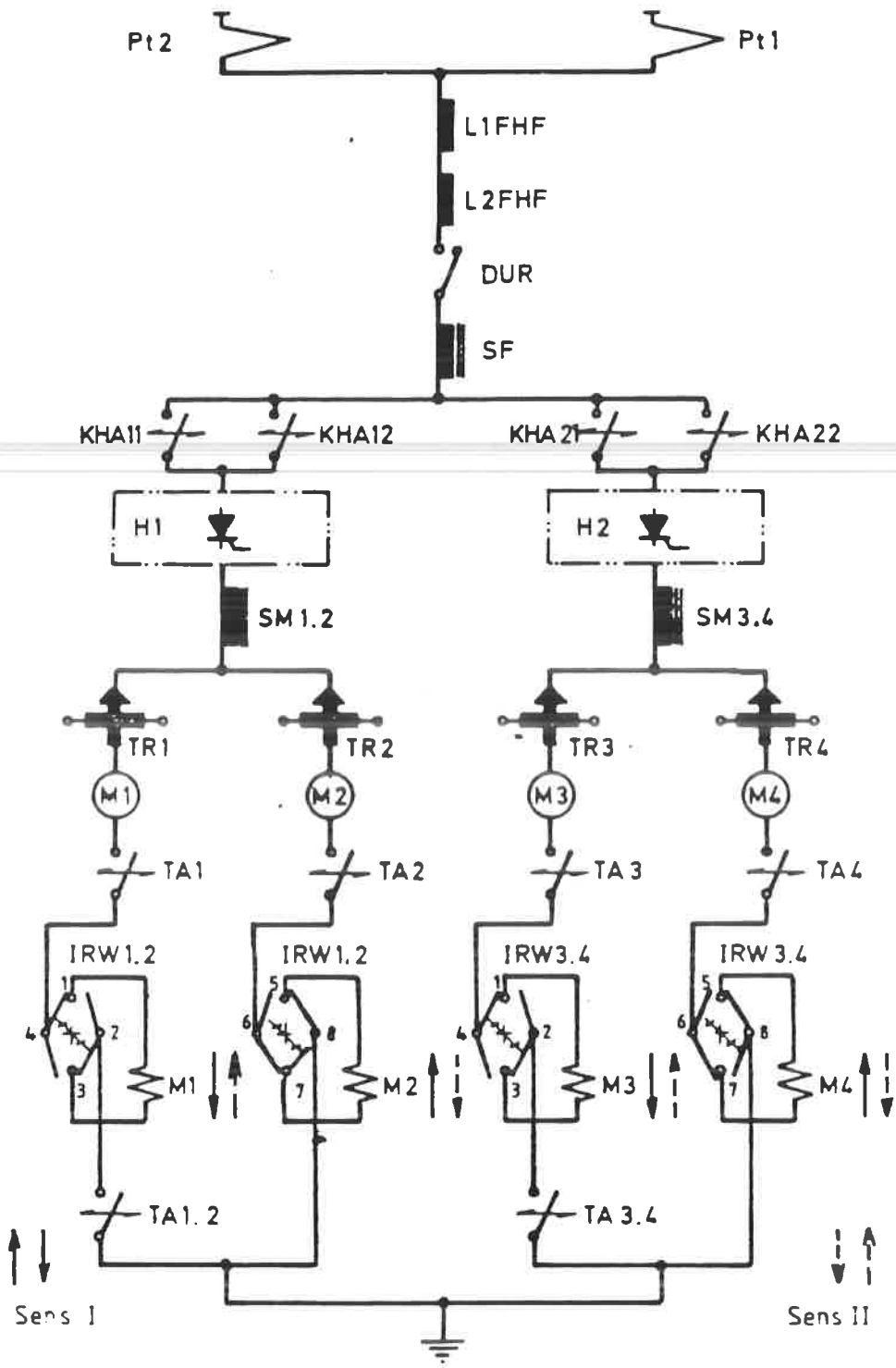


Fig. 57.18

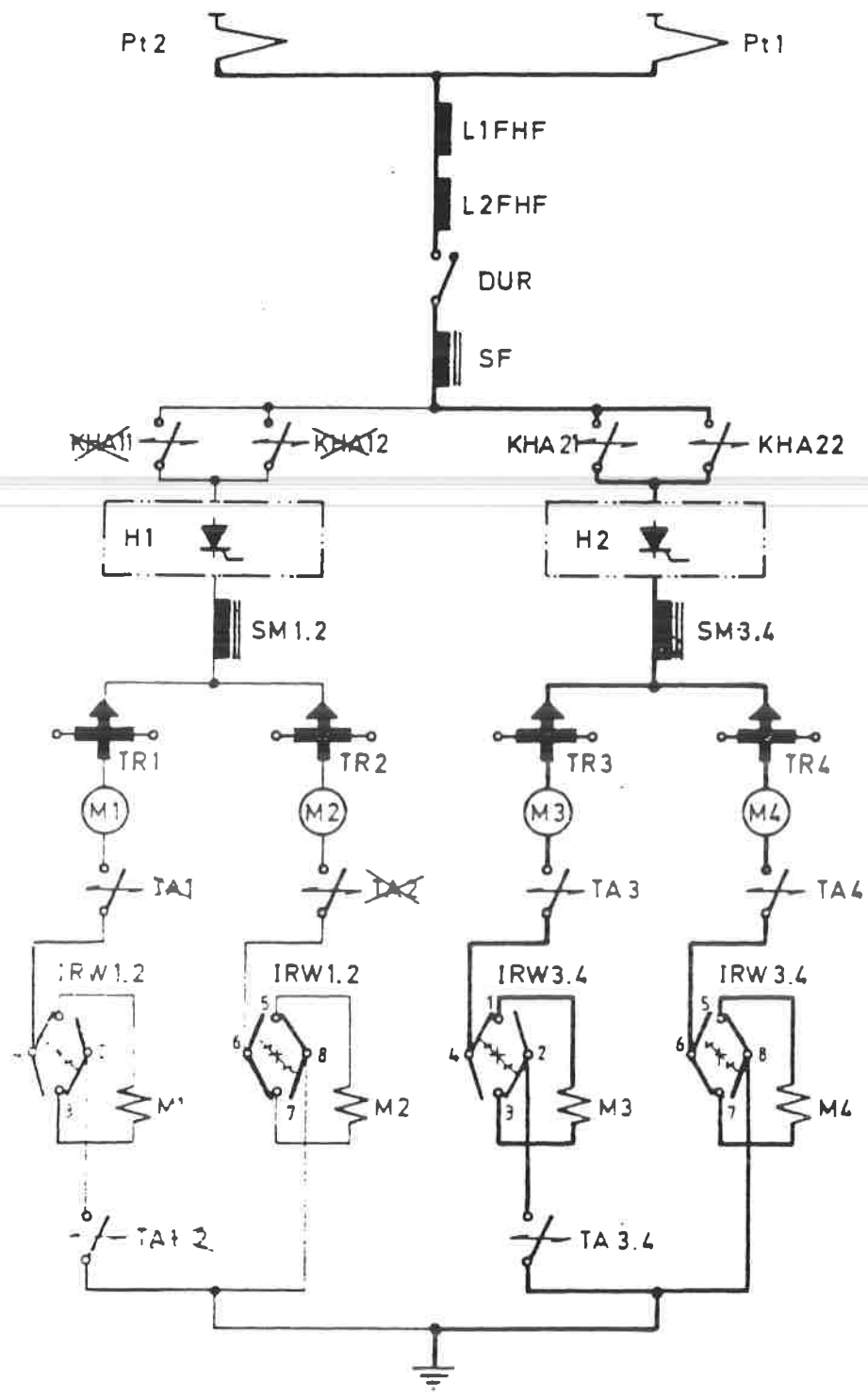
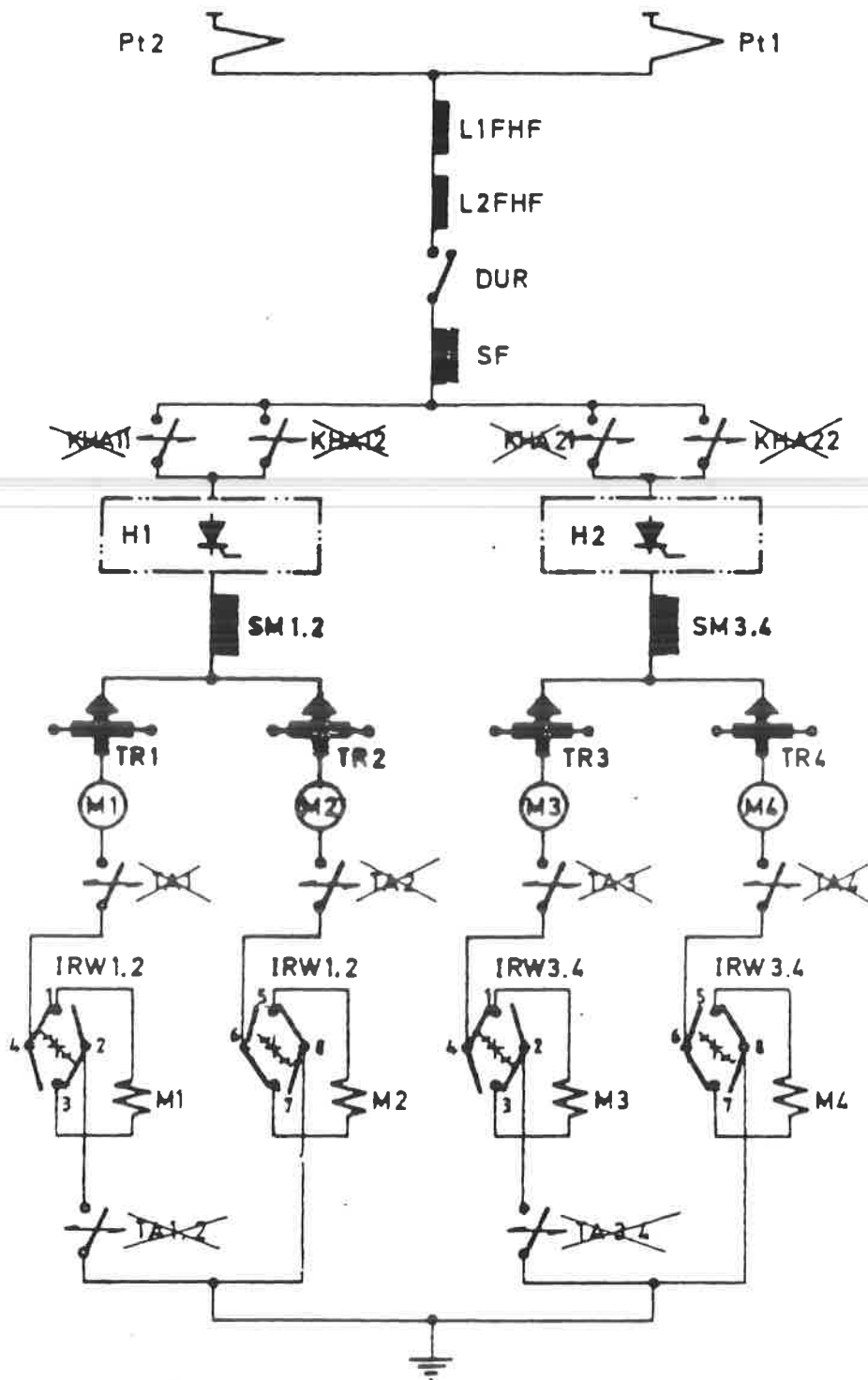


Fig. 57.20



2.

Les moteurs sont à excitation "série"; le réglage du champ des moteurs est réalisé par résistance et contacteurs de shuntage.

La locomotive développe sa pleine puissance aussi bien sur des réseaux 3 KV que 25 KV.

Les diverses commutations indispensables sont commandées à partir de la position du sélecteur de tension.

Sur le réseau 3 KV.

La captation de courant est effectuée par le pantographe SNCB; la tension continue accède, via le disjoncteur ultra-rapide DUR :

- a) aux hacheurs, et de là, aux moteurs de traction;
- b) aux convertisseurs statique, et de là, à tous les auxiliaires.

Sur le réseau 25 KV.

La captation de courant est effectuée par le pantographe SNCF; la tension alternative accède, via le disjoncteur alternatif DJ, au transformateur, suivi du redresseur; ce dernier alimente les circuits 3 KV.

Après le redresseur, la tension "continue" accède, via le disjoncteur ultra-rapide DUR :

- a) aux hacheurs, et de là, aux moteurs de traction;
- b) aux convertisseurs statiques, et de là, à tous les auxiliaires.

Cette locomotive dispose d'excellentes propriétés d'adhérence, grâce :

- au réglage continu de la tension aux bornes des moteurs;
- à la compensation électrique du cabrage de caisse;
- à la traction basse;
- au décel et à l'enrayage sélectifs du patinage.

Pour la conduite de la locomotive, le conducteur dispose d'un manipulateur présentant 7 crans de marche :

- 5 crans de tension régulièrement échelonnés; ils permettent de régler la tension aux bornes des moteurs, à excitation maximum;
- 2 crans de shuntage des inducteurs, à tension maximum.

4.

Le disjoncteur DJ ne peut être fermé qu'après enclenchement du relais QCA correspondant à la présence de tension alternative. Le commutateur CCA ne peut prendre la position "continu" que si QCC est enclenché.

En résumé donc :

- DJ et DUR peuvent s'enclencher lorsque CCA est en position alternatif (QCA fermé);
- DUR peut s'enclencher lorsque CCA est en position "continu" (QCC fermé);
- de plus, si la tension de la caténaire ne correspond pas au pantographe choisi, un circuit de sécurité provoquera l'abaissement du pantographe.

Des voltmètres mesurant la tension de la ligne caténaire sont installés dans chaque cabine de conduite : VHT1 et VHT2 en courant continu (via RTNS), VA1 et VA2 en courant alternatif sont branchés sur le circuit de palpage.

Notons enfin que le transformateur de palpage TFPAL alimente un petit transformateur TIP qui fournit une tension nominale de 35 V. au système de commande du pont redresseur semi-commandé PM.

58.04 - Equipement HT à 25 kV : traction et auxiliaires.

Cet équipement se compose de :

1. un pantographe 25 kV;
2. un éclateur Et;
3. un disjoncteur pour courant alternatif DJ;
4. un double sectionneur de mise à la terre SMT;
5. un transformateur de courant TFHT, avec relais maximum QHT;
6. un transformateur principal TFP, comportant un seul enroulement primaire (25 kV) et 3 enroulements secondaires : TrA (2.500 V), TrB (1030 V) et Cht (1520 V). Ce dernier comporte une prise intermédiaire à 392 V. pour l'alimentation de la pompe de circulation d'huile;
7. un circuit de refroidissement d'huile avec pompe de circulation, entraînée par moteur incorporé MPH avec condensateur de démarrage;
8. un pont redresseur non-commandé PG;

6.

Lors d'une chute de pression imprévue, le DJ s'ouvre (par EPDJ) dès que la pression descend sous 4,5 bar.

Le DJ s'ouvre également :

- si on ouvre l'un des interrupteurs "SOS", "PANTO", "DUR" ;
- si le relais pour courant alternatif QCA (du dispositif de palpage) retombe;
- si l'un des disjoncteurs basse tension dA ou dA4 s'ouvre;
- si le relais RM VAW du dispositif MEMOR retombe.

L'état "ouvert" du DJ est signalé dans le poste de conduite par l'allumage de la lampe LDJ (uniquement sur réseau 25 kV).

04.4 - Le double sectionneur de mise à la terre SMT.

Le DJ est toujours accompagné d'un double sectionneur de mise à la terre SMT.

La commande (manuelle uniquement) de ce sectionneur est contrôlée par les clés qui font partie du dispositif de sécurité de la locomotive.

En position "mise à la terre" le sectionneur relie à la terre d'une part la ligne de toiture (pantos) et d'autre part le primaire du transformateur.

Les "couteaux" du SMT sont situés sur le toit, près des bornes du DJ, mais la commande est à l'intérieur, près du toit.

04.5 - Le transformateur de courant TFHT et le relais à maximum QHT.

Un transformateur de courant TFHT est branché près de la borne d'entrée 25 kV du transformateur principal; il a un rapport d'enroulements de 50/1.

L'enroulement secondaire alimente le relais à maximum de courant QHT, dont la valeur d'enclenchement est réglable.

Lorsque ce relais enclenche, il commande immédiatement le déclenchement du DJ, et donne au conducteur l'avertissement "défaut transformateur".

04.6 - Le transformateur principal TFP.

Ce transformateur monophasé possède un enroulement primaire et 3 enroulements secondaires.

8.

Un détecteur de débit dans le circuit d'huile complète les protections; si la circulation d'huile est interrompue, il provoque également le déclenchement du DJ.

Au sommet, dans le transformateur, se trouve la sonde d'un thermomètre; ce dernier possède 2 contacts NO qui se ferment chacun à une température réglable. Le premier contact se ferme et allume la lampe d'avertissement lorsque l'huile atteint 100° C; le deuxième contact se ferme à 110° C. et provoque le déclenchement du DJ.

04.8 - Le pont redresseur non commandé PG.

Il redresse la tension alternative 2.500 V. fournie par l'enroulement TrA. Il se compose de 4 branches de 3 diodes en série.

Le fusible F 19 a été prévu, comme sécurité ultime, en cas de court-circuit d'une branche complète de diodes. Il isole donc le pont redresseur du transformateur.

Le pont redresseur PG fournit la majeure partie de la tension continue pour la traction et pour l'alimentation HT du train.

La tension continue fournie, lorsque la tension d'entrée est à sa valeur nominale de 25 kV, peut varier entre 3.500 V. environ à charge nulle et 2.250 V. environ à pleine charge.

04.9 - Le pont redresseur semi-commandé PM.

Il redresse la tension alternative 1030 V., fournie par l'enroulement TrB. Il se compose de 2 branches comportant chacune 2 diodes en parallèle et 2 branches comportant chacune un seul thyristor.

Ce pont n'est pas pourvu des détections de semi-conducteurs en court-circuit. C'est le fusible F.18 qui réalise la sécurité vis-à-vis des courts-circuits; il isole le pont redresseur du transformateur.

La tension continue fournie par PG peut descendre à 2.250 V. (ou moins encore en cas de chute de tension à la caténaire).

Cette tension est nettement inférieure à la tension nominale de fonctionnement du hacheur.

Le rôle du pont PM est de fournir la tension continue complémentaire, celle-ci variant entre 950 V. et 1.450 V. suivant la charge.

Pour éviter que la tension continue totale soit trop élevée,

10.

HT du train sous 1.500 V. - 50 Hz; cette tension est fournie par le troisième enroulement secondaire de TFP. Le contacteur KChVT 3 (du type KP 38) est adapté en vue d'éviter l'échauffement par suite de l'emploi en courant alternatif : le noyau dans la bobine de soufflage est feuilleté.

04.12 - Le commutateur CCA : "continu"/"alternatif".

Sur le réseau 3 kV, la HT est branchée directement sur l'entrée du DUR, qui, lui, protège les circuits utilisateurs à 3 kV courant continu.

Mais, sur le réseau 25 kV, la H.T. doit d'abord transiter par le DJ, puis par le transformateur et par les armoires à redresseurs. C'est le rôle du commutateur CCA de réaliser le branchement adéquat du circuit de traction.

~~Donc, en continu, CCA relie directement le DUR à la ligne de toiture, et en alternatif, il relie le DUR à la sortie des redresseurs.~~

Le CCA est un inverseur et sectionneur unipolaire à commande pneumatique. Il comprend 2 parties : le moteur pneumatique situé dans la salle des machines, contre le toit de la locomotive, et la partie conductrice située sur le toit.

Le moteur est un cylindre dans lequel l'air comprimé est admis par l'une ou l'autre des électrovalves EVCC ou EVCA, chacune située à une extrémité du cylindre.

Suivant l'information du dispositif de palpation, EVCC ou EVCA est alimentée.

En cas d'absence de HT, EVCA est alimentée en priorité, vu que la position alternatif est une position de sécurité.

La position de CCA peut être suivie des postes de conduite grâce à la lampe de signalisation LCCA.

Remarquons encore que la borne qui relie CCA aux pantographes est obligatoirement isolée pour 25 kV.

58 .05 - Equipements HT à 3 kV : traction et auxiliaires.

05.1 - Equipements HT à 3 kV NON protégés par le DUR.

Le courant continu capté par le pantographe Ptl à la caténaire, est amené par la ligne de toiture :

- au dispositif de palpation,
- à l'entrée du DJ,
- et à la borne C du CCA.

Le rôle du circuit accordé L 50 - C 50 est de maintenir constante l'impédance d'entrée à 50 HZ, quels que soient les circuits alimentés par le filtre d'entrée; en effet, le circuit L 50 - C 50 constitue, pour les composantes à 50 HZ, un court-circuit virtuel de la sortie du filtre d'entrée.

Sur le réseau 25 kV, L 50 est court-circuitée par KL 50 pour accroître ainsi la capacité du filtre d'entrée.

Les transducteurs TRA et TRB mesurent le courant qui parvient au filtre d'entrée. Ils interviennent dans la commande du pont semi-commandé PM.

- b) Les deux hacheurs, alimentés en parallèle, par l'intermédiaire des sectionneurs verrouillables KHA1 - KHA2 (à commande à distance) et protégés par les relais différentiels QDI et QD2.
- c) Les deux groupes de moteurs série MI - M2 et M3 - M4 alimentés chacun par un hacheur au travers des selfs de lissage SMI ou SM2. Les 2 sectionneurs verrouillables (à commande à distance) TA1 - TA2 réalisent les couplages suivants :
- alimentation normale des moteurs par le hacheur correspondant en traction;
 - élimination des moteurs en même temps que le hacheur correspondant;
- d) Au bout de cette chaîne, nous trouvons les circuits de retour de courant.

Les négatifs de tous les circuits de la locomotive sont rassemblés sur une borne T1; cette borne T1 est reliée par 6 câbles aux 6 dispositifs de retour de courant montés sur 6 bouts d'essieux.

En cas d'avarie aux dispositifs de retour de courant, le retour du courant de traction est assuré par une liaison T1-caisse de la locomotive, les shunts caisse-bogie et les résistances de répartition disposées entre le châssis de bogies et les boîtes d'essieu.

- e) L'alimentation de la "conduite de chauffage train" :

NB. Bien que l'expression "chauffage train" soit toujours couramment employée, il est plus rationnel avec le matériel moderne à voyageurs, de parler de "l'alimentation en énergie du train," ou "l'alimentation - H.T. du train". Cette alimentation H.T. sert bien sûr à assurer le chauffage du train, mais aussi les autres services auxiliaires des voitures : charge de batterie, via convertisseur, et de la,

En cas d'avarie à un convertisseur conduisant à son élimination (contacteurs KCO1.1 et KCO1.2 ou KCO2.1 et KCO2.2 ouverts), deux cas peuvent se présenter :

1. On élimine également le hacheur et les moteurs correspondants (c.à.d. une unité de traction complète). Dans ce cas, le convertisseur restant alimentera ses 3 groupes d'auxiliaires associés, plus le second groupe moteur-ventilateur de self (fermeture du contacteur KMPV et des autres contacteurs d'auxiliaires, sauf des contacteurs moteur-compresseur et moteur-ventilateur des moteurs de traction de l'unité de traction éliminée).

Les pleines performances de l'unité de traction en service sont autorisées.

2. On n'élimine pas les moteurs de traction correspondants : dans ce cas, le convertisseur restant alimentera, outre ses 3 groupes moteurs d'auxiliaires associés, le second groupe moteur-ventilateur de self et le second moteur-ventilateur des moteurs de traction, mis en série avec l'autre MVMT par la fermeture de KVMTS. (Tous les contacteurs d'auxiliaires sont fermés, sauf le contacteur moteur-compresseur du convertisseur éliminé, et le contacteur KVMT2).

Puisque les 2 MVMT sont en série, ils tournent à mi-vitesse; il s'ensuivra une diminution de la ventilation entraînant une réduction des performances possibles (rappelée au conducteur par l'allumage de la lampe jaune LC à la table de bord).

58.07 - Description des circuits 110 V.

Les 2 sorties 110 V. des convertisseurs sont mises en parallèle par l'intermédiaire d'une diode. Les circuits 110 V. comprennent :

- les circuits qui ne sont alimentés que si un convertisseur statique au moins fonctionne; les ventilateurs du chauffage des postes de conduite, les thermoboxes, les antibuées, les lanternes de secours, les disques de queue et le chauffage du sécheur d'air. Ces circuits non prioritaires, qui ne sont pas alimentés directement par la batterie, ne sont plus alimentés en cas de panne des 2 convertisseurs;
- la batterie et tous les circuits de commande d'asservissement et de contrôle.
Ces circuits permettent d'effectuer la conduite de la locomotive de l'une ou l'autre de ses cabines de conduite, ou de la cabine de conduite d'une voiture-pilote accouplée, (les commandes basse tension et les signalisations se faisant par l'intermédiaire de 2 coupleurs à 19 fils).

16.

08-1 - Robinet à 3 voies.

Ce robinet à 3 voies (fig. 58 -06) permet :

- dans une première position, de mettre en communication avec la conduite d'alimentation les 2 cylindres des pantographes, toute communication avec l'atmosphère étant coupée;
- dans une seconde position, de mettre en communication avec l'atmosphère les 2 cylindres des pantographes, toute communication avec la conduite d'alimentation étant coupée.

Ce robinet comporte :

- une première serrure dans laquelle on introduit la clé A de la boîte à interrupteurs verrouillés. Cette clé peut occuper les positions 1 et 2. Elle ne peut être engagée et enlevée qu'en position 1. Dans la position 2, un ressort la rappelle automatiquement en 1, si on ne la retient pas;
- une deuxième serrure dans laquelle s'engage une manette B, avec douille courte. Un étrier empêche l'introduction de la manette BL (avec douille longue).

La manette B peut occuper 2 positions :

L : qui correspond aux pantographes levés.

Dans cette position la manette B est verrouillée.

A : qui correspond aux pantographes abaissés

Dans cette position la manette B peut être enlevée.

La manoeuvre s'effectue comme suit :

- introduire la clé A en position 1;
- déplacer la clé A de la position 1 à la position 2 et l'y maintenir;
- déplacer la manette B de la position L à la position A;
- dans la position A, enlever la manette B;
- lâcher la clé A qui revient automatiquement de la position 2 à la position 1;
- dans la position 1, enlever la clé A. L'ordre de ces manoeuvres est indiqué à la figure 58 -06.

Une fois ces manoeuvres effectuées, les pantographes sont abaissés, vu que :

- l'interrupteur verrouillé "panto" a dû être remis en position

18.

Le levier M est verrouillé en position A, et l'on peut retirer la clé V de la serrure; la manette BL (qui est en permanence reliée à V) est libérée également.

Pour remettre les sectionneurs en position L, on procède comme suit :

- introduire horizontalement dans sa serrure, la clé V avec repère jaune (reliée à la manette BL venant de STA);
- tourner V de 90° dans le sens anti-horlogique.

Ceci déverrouille le levier noir M.

- pousser ce levier M vers l'arrière pour le sortir de son cran d'arrêt, et, le faire tourner de 180° vers la droite (de A à L); là il saute à nouveau automatiquement dans le cran d'arrêt.

Cette manoeuvre ouvre les sectionneurs sur le toir, et simultanément verrouille la clé V et déverrouille la manette B.

- tourner la manette B de 2 vers 1, et la retirer.

Ceci verrouille le levier noir M en position L.

08-3 - Dispositif de mise à la terre de l'équipement 3 kV (STA).

Le dispositif de mise à la terre manoeuvre 6 sectionneurs (fig. 58-03) de façon à mettre simultanément à la terre la ligne de toiture et les condensateurs du filtre d'entrée, et à court-circuiter les condensateurs d'extinction de chacun des deux hacheurs et des deux convertisseurs statiques.

Avant de procéder à la mise à la terre, il faut permettre aux condensateurs de se décharger; aussi, le dispositif est-il complété par un verrouillage électrique de deux lampes de signalisation. Avant l'écoulement d'une temporisation de 20 secondes (à partir de la coupure de l'interrupteur "SOS") une lampe rouge s'allume et l'on veut déplacer le sectionneur de mise à la terre; après l'écoulement de la temporisation de 20 secondes, la butée électrique du verrouillage s'efface et une lampe verte s'allume lorsqu'on veut déplacer le sectionneur de mise à la terre.

58-09 - Le hacheur.

Voir leçon 53, paragraphe 03 de la locomotive série 27 ainsi que la leçon 44.

20.

10-5 - Rôle de la boule d'effort.

- Sur les positions 2 à 7 du manipulateur, le courant est limité par la position de la manette d'effort.
- L'effort peut être réglé de 37 kN à 234 kN, entre 0 et 53 km/h (fig. 58-02).

58-11 - Inversion du sens de marche - fig. 58-08.

L'inverseur permet de modifier le sens du courant dans les inducteurs des moteurs de traction.

58-12 - Elimination des moteurs de traction et des hacheurs.

Les différentes commutations se font à l'intervention d'un commutateur "Elimination groupe moteur-hacheur" EHM placé sur l'armoire BT. Ce commutateur comprend 4 positions :

1. Tout en service (fig. 58-09).
2. Ha 1 et moteurs 1-2 éliminés. Cette commutation permet de garder les performances en vitesse, la puissance (et l'effort) étant réduite de moitié (fig. 58-10).

Les sectionneurs KHA2 - TA2 doivent être fermés.
3. Ha 2 et moteurs 3-4 éliminés (fig. 58-11). Les sectionneurs KHA1 - TA1 doivent être fermés.
4. Position de mise en véhicule de l'engin, hacheurs et moteurs sont éliminés (fig. 58-12)

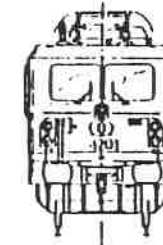
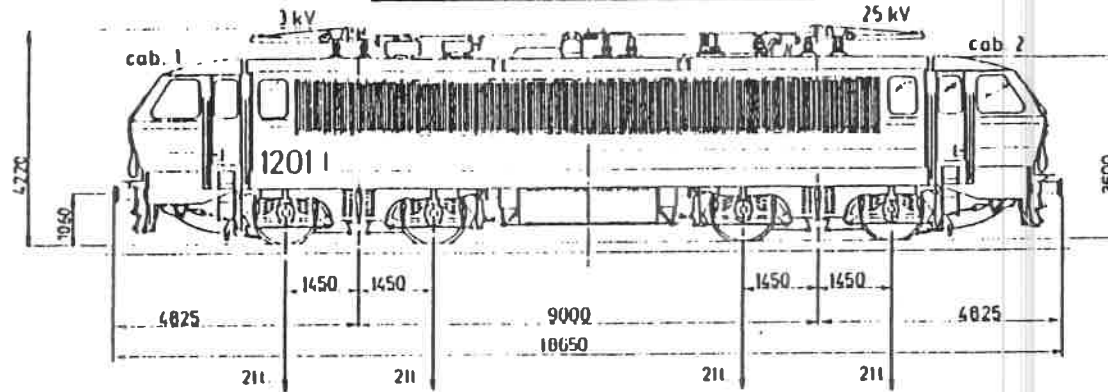
58-13 - Moteurs de traction.

Les locomotives 12 ainsi que les 21 et 11 sont équipées de moteur de traction LE 622 S. de 1.048 KW de puissance en régime continu.

Les caractéristiques de ce moteur sont reprises dans le tableau du chapitre 52-13 de la leçon relative à la locomotive série 21.

Locomotive série 12

Fig.58 -01.



GENERALITES

<u>Effectif :</u>	12
<u>Type :</u>	Bo-Bo
<u>Masse totale :</u>	t 85
<u>Numérotation :</u>	1201 à 1212
<u>Puissance continue :</u>	kW 3 130
<u>Tension de service :</u>	kV 3 25
<u>Vitesse maximum :</u>	km/h 160 120
<u>Masse max. par essieu :</u>	t 21,25
<u>Effort max. au démarrage :</u>	kN 234
<u>Rayon min. de courbe :</u>	m 100
<u>Diamètre des roues :</u>	mm 1250
Satisfait au gabarit III C	

M24 S56
12/X01.00.01

PARTIE MECANIQUE

Constructeur : S.A. Constructions Ferroviaires et Métalliques (NF) à NIVELLES
Année de construction : 1986
Freinage : Frein automatique de service et frein direct de manœuvre, frein de secours agissant sur la conduite de frein autom. Le frein autom. comprend le régime "Marchandises-Voyageurs" et le régime "haute puissance" (à 2 étages de press.). Le robinet de mécanicien du frein autom. est du type OERLIKON IV4.
 La locomotive est pourvue d'un frein antipatinage, 2 compresseurs Wabco type 242 VB 79 alimentant 2 réservoirs d'une capacité totale de 1 000 l.
 Un frein à vis placé dans chaque cabine de conduite et agissant sur les 4 blocs frein d'un bogie.
Bogie : La locomotive est équipée de bogies BB-ACEC avec suspension (primaire : Winterthur (secondaire : Flexicoil)
 Chauffage des cabines de conduite par batterie de chauffe électrique à air pulsé.

PARTIE ELECTRIQUE

Equipement de traction :
Constructeur : A.C.E.C. Charleroi
Type de commande : équipement de démarrage à thyristors composé de 2 hacheurs à commande électronique.
Moteurs de traction : Type LE 622 S avec excitation en série.
 Nombre : 4
 Puissance unihornaire : 828 kW *
 Puissance continue : 782 kW
 Suspension : élastique sur 3 points
Transmission : élastique
 - transmission BBC - Federantrieb.
 Rapport d'engrenage : 116/31 - 3,742
Transformateur :
Constructeur : A.C.E.C.
 Puissance : 3800 KVA
 Tensions secondaires : traction A : 2500V
 traction B : 1030V
 chauffage : 1520V
 pompe à huile : 392V
Redresseurs :
 2 redresseurs en série fournissent une tension redressée de 3KV aux hacheurs
 traction A : redresseur à diodes
 traction B : redresseur mixte diodes et thyristors

Appareillage auxiliaire :
 2 convertisseurs statiques : 3KV
 2x55KW avec sorties 440V et 110V -
 2x(2 ventilateurs sur un moteur) pour les mot. de traction 440V - 18,6KW - type A.C.E.C.
 2 600 tr/min. - débit : 125m³/min. *
 2xmoteurs-ventilateurs : pour selfs
 440V - 4,5KW₃ - type ACEC 1 600 tr/min.
 Débit : 120m³/min.
 12 moteurs-ventilateurs : pour hacheurs
 - moteurs asynchrones 110V incorporés dans les ventilateurs
 2 moteurs-compresseurs :
 - moteur 440V - 11 KW type ACEC 1 050 tr/min.
 - compresseur : Wabco-Westinghouse type 242 VB 79 avec 2 étages de pression et 4 cylindres.
 1 batterie : chargée en permanence par les 2 convertisseurs en //.

Batteries NiFe type M08, 75 Ah avec 75 éléments 100V - tension de charge 115V.

* Valeurs calculées

Conduite de train IIT

Sous le réseau 25 kV ~, une tension de 3 kV = (HV.M) ou 1,5 kV ~ (HV.RTC) est fournie à la rame.

29 4 - 85

ANNEXE 1.

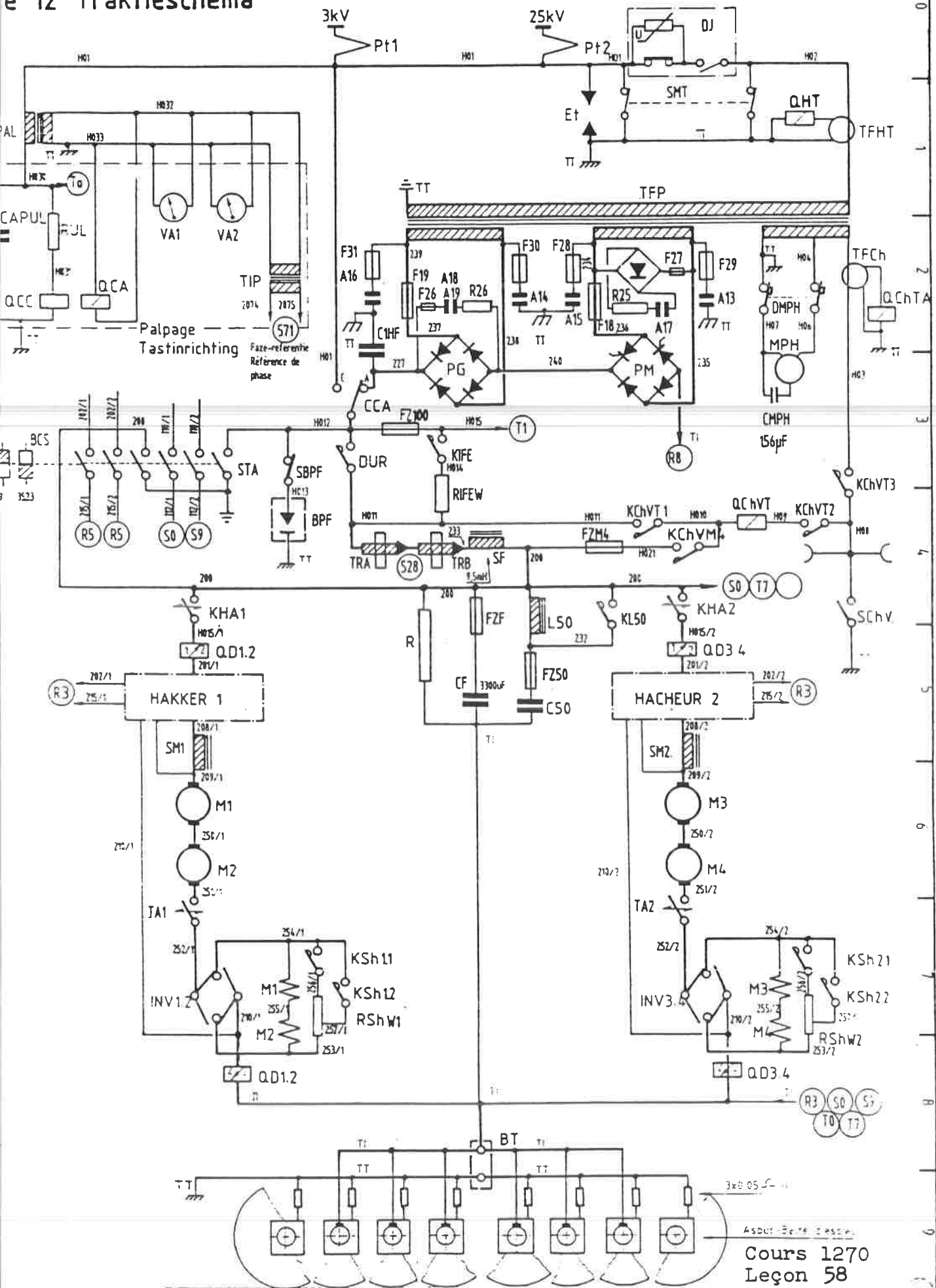
12/X.01.00.01

E

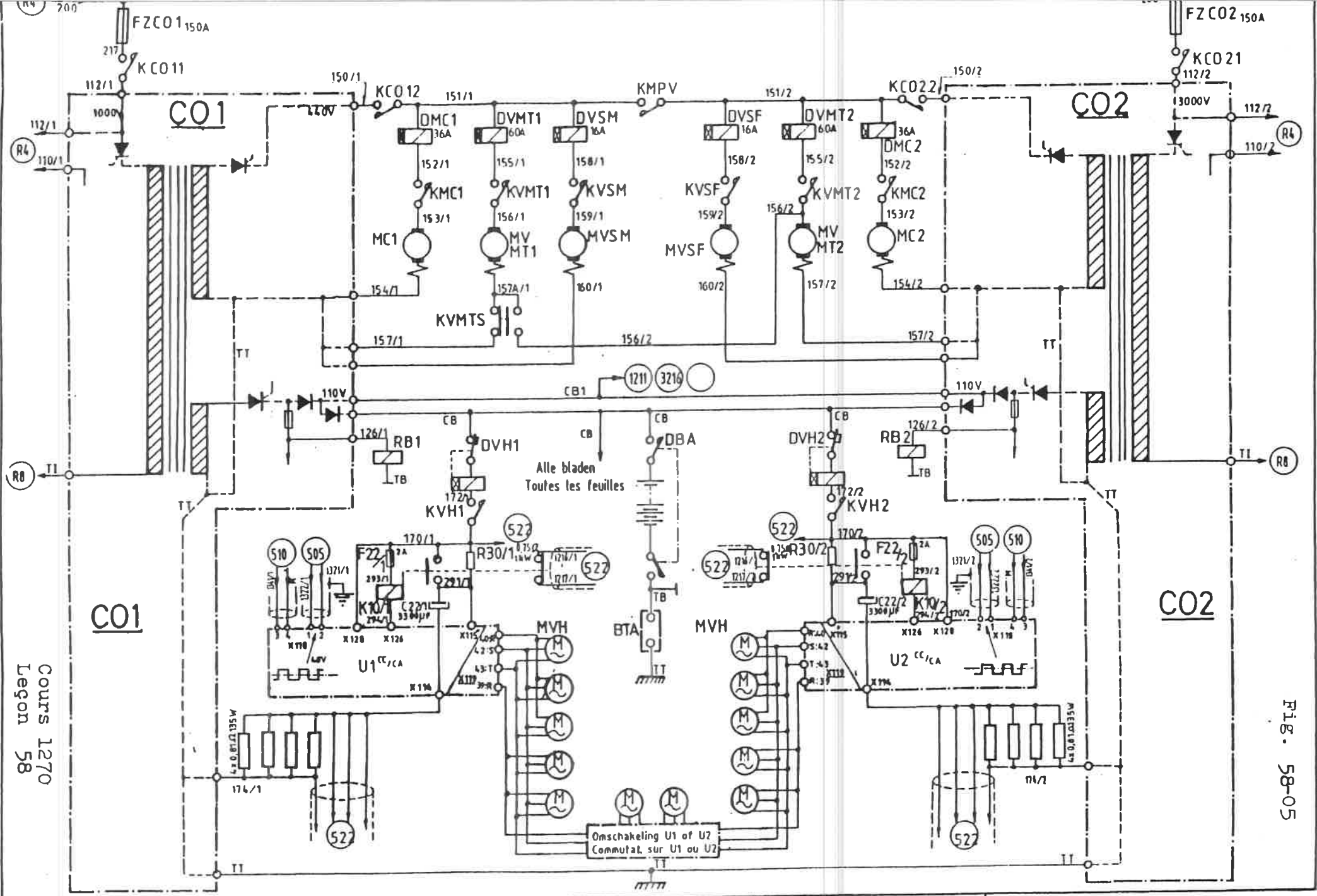
Cours 1270
Leçon 58

e 12 Schéma de traction
e 12 Traktieschéma

Fig. 58-03.



12/X 01 00 01



Cours 1270
 Léçon 58

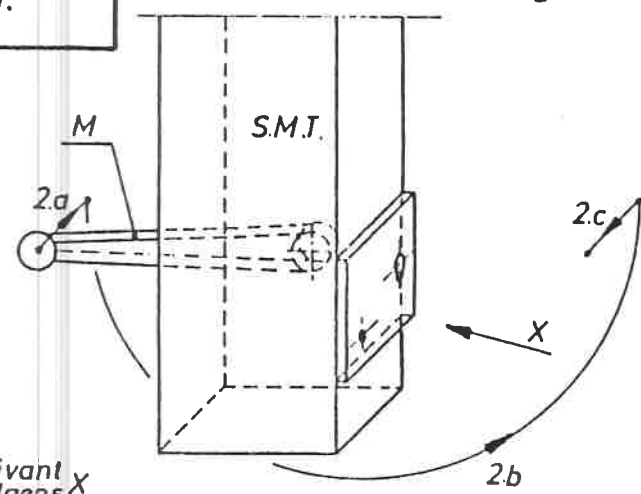
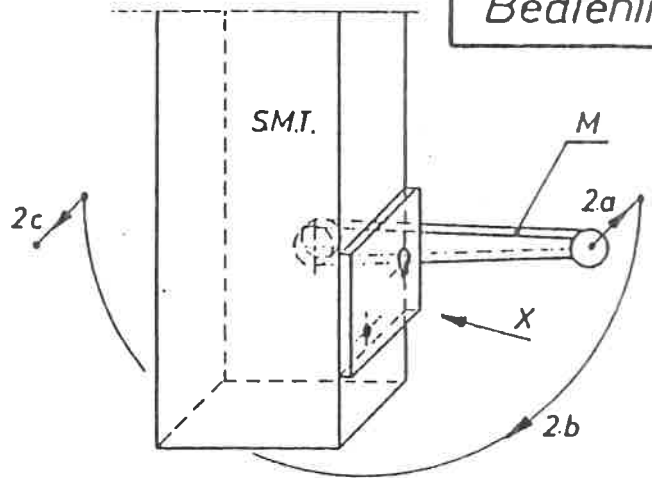
Fig. 58-05

ANNEXE 5.

Mise à la terre
Aarding

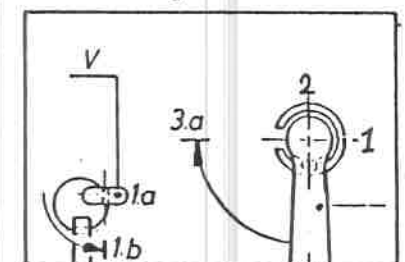
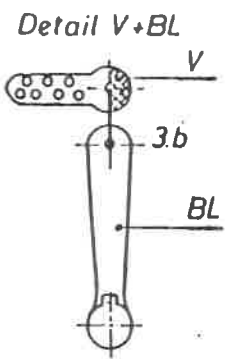
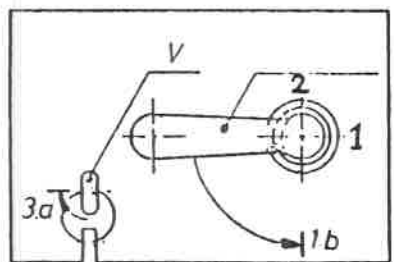
Manoeuvre du
Bediening van S.M.T.

Mise en service
Indienststelling



Vue suivant
Zicht volgens X

Vue suivant
Zicht volgens X



*Slechts 1 taal
halen staan*

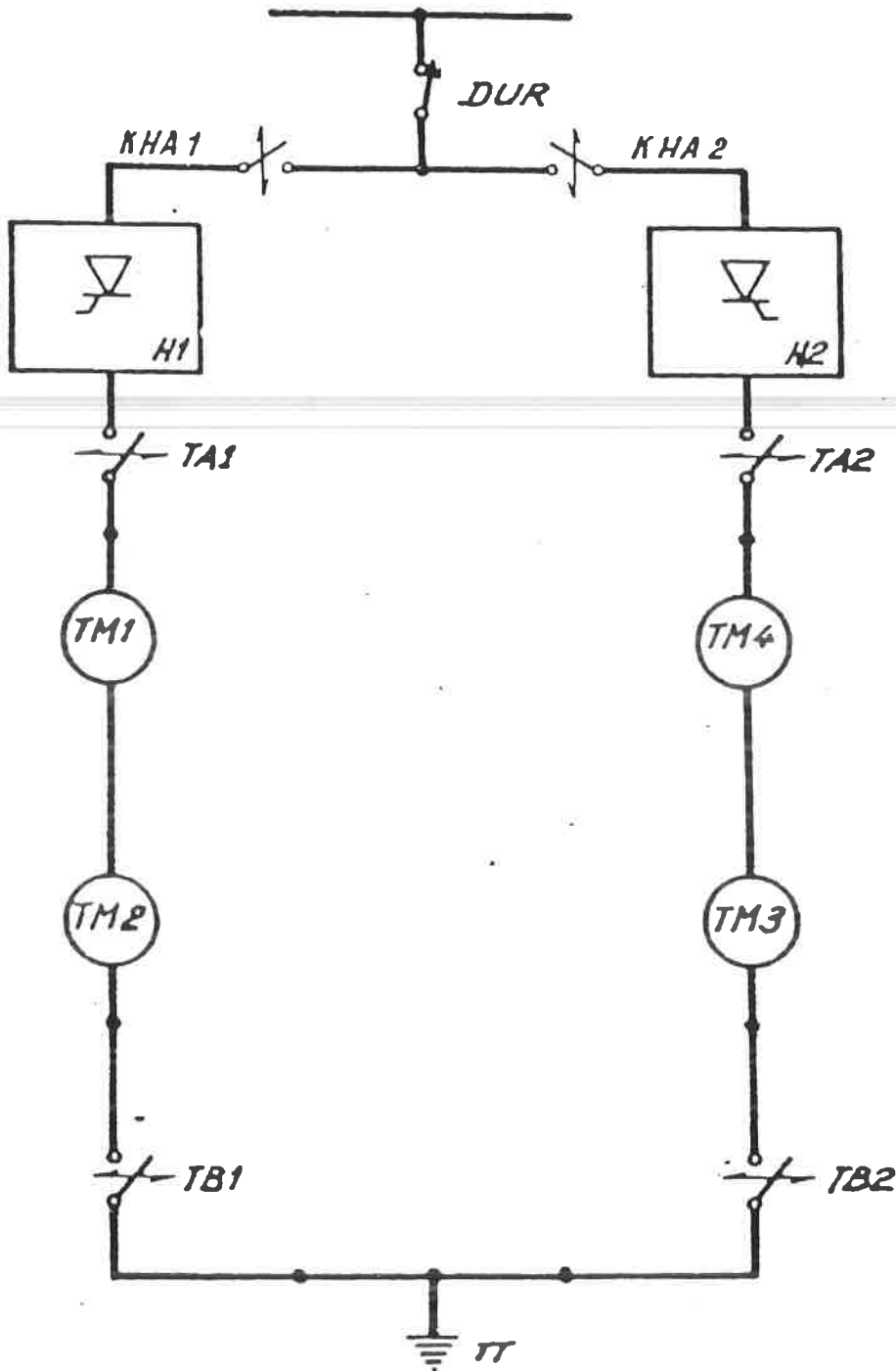
Introduire B (de rob. 3 voies)	1a B inzetten (van 3 wegkraan)
Tourner B de 90°	1b B draaien over 90°
Pousser sur M	2a Op M drukken
Tourner M de 180°	2b M draaien over 180°
Lâcher M	2c M loslaten
Tourner V de 90°	3a V draaien over 90°
Enlever V et BL pour S.T.A.	3b Ven BL afnemen voor S.T.A.

Introduire V	1a V inzetten
Tourner V de 90°	1b V draaien over 90°
Pousser sur M	2a Op M drukken
Tourner M de 180°	2b M draaien over 180°
Lâcher M	2c M loslaten
Tourner B de 90°	3a B draaien over 90°
Enlever B pour rob. à 3 voies	3b B afnemen voor 3 wegkraan

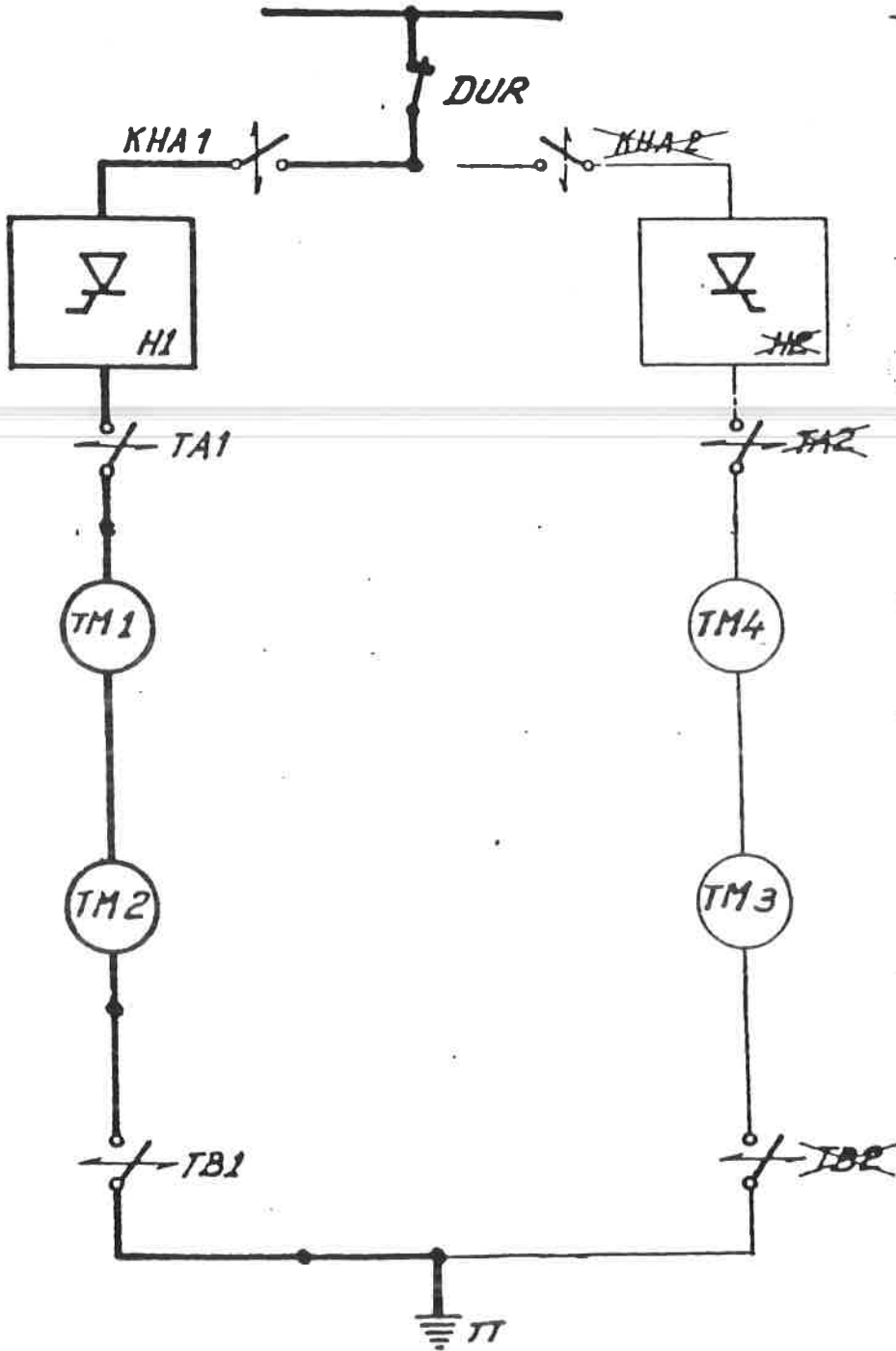
ANNEXE 7.

FIG. 58-07.

HACHEURS 1-2, MT. 1-2-3-4 EN SERVICE.



HACHEUR 2 ET MT 3-4 ELIMINES.



COURS 1270 - L'AUTOMOTRICE DOUBLE TYPE 86.59.01 - Généralités.

Les automotrices type 86 série 09 sont destinées à la desserte omnibus à la vitesse maximum de 120 km/h.

Les AM 86 ne sont pas autorisées à circuler sur les réseaux voisins. Elles sont munies d'un attelage automatique GF intégral, réalisant l'accouplement mécanique ainsi que l'accouplement des conduites pneumatiques et celui des fils électriques de commande et de signalisation (fils de trains). L'attelage est équipé d'un chauffage intégral qui s'enclenche automatiquement lorsque la température extérieure descend en-dessous de 5 degrés.

Il est autorisé de former des trains comportant 12 voitures soit 6 automotrices; les automotrices 86 ne sont accouplables qu'entre-elles et, sous certaines conditions, avec les automotrices 80 - 82 - 83 (Break).

Leurs principales caractéristiques sont reprises à la fiche descriptive de la figure 59.01.

59.02 - Particularité : Exploitation de l'AM sans l'escorte d'un chef de train : l'interrupteur OMC.

Un interrupteur OMC a deux positions, c'est-à-dire "ONE MAN" (position 1) - "CHEF GARDE" (position 2) a été ajoutée afin de pouvoir exploiter l'AM sans l'escorte par un chef de train.

Dans la position 2 (Chef garde) les circuits ne sont pas changés.

Dans la position 1 (One Man) les asservissements suivants sont réalisés :

1. Rétroviseurs :

Le rétroviseur sort automatique lors d'une commande d'ouverture des portes.

Le rétroviseur rentre lors de la mise en traction de la manette traction-freinage.

Si besoin, les rétroviseurs peuvent être chauffés par un élément de chauffage incorporé à l'intervention d'un interrupteur "chauffage rétroviseur" (Fig. 59.02, rep. 17).

59.04 - Caractéristiques électriques.

L'automotrice est équipée de 4 moteurs développant une puissance totale continue de 684 kW. Les moteurs sont montés 2 à 2 dans les bogies de la voiture AB.

Le réglage continu de la tension aux bornes des moteurs est réalisé par hacheur à thyristors.

L'automotrice comporte 1 hacheur qui alimente en série parallèle les 4 moteurs de traction type AE 121 N.

Les moteurs sont à excitation série; le réglage du champ des moteurs est réalisé par résistance et contacteurs de shuntage.

Pour la conduite de l'automotrice, le conducteur dispose d'un manipulateur traction-freinage (fig. 59.07) comportant 12 positions dont :

1) 4 positions de freinage :

- L : Desserrage gradué de l'effort de freinage
- 0 : Position neutre
- R : Serrage gradué de l'effort de freinage
- N : Freinage d'urgence

2) 8 positions de traction :

- 1 position 0 traction (dérive)
- 7 positions de traction, chaque position fixant le choix du courant de démarrage (fig. 59.08).

L'appareillage est disposé dans des coffres sous la caisse (fig. 59.09) et dans 3 armoires se trouvant de part et d'autre du couloir d'intercirculation entre les 2 voitures de l'automotrice.

59.05 - Caractéristiques mécaniques : Bogies et transmissions.

Les bogies sont du type "Schlieren" et sont étudiés pour une vitesse max. de 120 km/h (voir leçon n° 30 : les bogies).

Les automotrices doubles sont équipées de :

- deux bogies moteurs sous voiture AB;
- deux bogies porteurs sous voiture ABD.

Les bogies extrêmes de l'automotrice sont équipés d'un frein parking (frein à main).

Le pivot de bogie, fixé à la traverse de pivot de caisse, est relié à la traverse danseuse par l'intermédiaire d'un silent bloc.

Les lisseurs sont constitués de rotules en PTFE prenant appui sur des tôles de frottement en inox.

c) Freinage.

Comme frein de service, l'AM est équipée d'un frein automatique commandé par le robinet du mécanicien FVS 451. Le freinage et la traction sont assurés par une manette traction freinage qui peut occuper les positions suivantes :

- a) en freinage : serrage, serrage d'urgence, position neutre et desserage;
- b) en traction : 0 de traction et successivement 7 crans de traction.

Le robinet FVS 451 est un robinet à impulsions qui règle par une voie électrique la pression d'un réservoir de commande, laquelle pilote la pression dans la conduite du frein automatique. Le robinet FVS 451 n'est en fait qu'un dispositif de commande de la centrale électropneumatique qui elle réalise les variations de pression désirées. Il y a une centrale par AM.

Les augmentations ou les diminutions de pression dans la conduite du frein automatique sont proportionnelles au temps pendant lequel la poignée du robinet est placée en position de desserage ou de serrage. Ces impulsions sont également utilisées pour assurer la commande du frein EPA, ce qui assure une meilleure synchronisation lors des serrages et desserrages sur l'ensemble du train.

Dans l'armoire du poste de conduite de la voiture AB est installé un robinet de dépannage qui permet l'alimentation de la conduite du frein automatique à 5 bars. Dans ce cas le freinage ne peut être assuré que par la position d'urgence de la manette traction freinage.

De plus, un robinet de secours installé dans chaque PC permet la vidange de la conduite du frein automatique.

Sur chaque voiture, l'alimentation des cylindres de frein se fait par l'intermédiaire d'un distributeur EST équipé des EV de serrage et de desserage ainsi que d'un relais pneumatique.

Chaque voiture est équipée d'un dispositif d'antienrayage WABCO commandé par micro-processeur qui, par essieu, maintient une pression optimale au cylindre de frein au moyen d'une électrovalve d'alimentation et de mise à l'atmosphère.

59.10 - Circuits de traction protégés par les rupteurs. (fig. 59.12).

Les circuits de traction comprennent :

- le filtre d'entrée composé de la self d'entrée S2 (fig. 59.10) du circuit bouchon 50 Hz comportant la self 65.2 (fig. 59.13) et le condensateur 68.11 ainsi que les condensateurs 68.1 à 68.3 (fig. 59.13). La limitation du courant de charge du filtre est assurée par la résistance WFR mise en service par le contacteur KIFE (fig. 59.10; lorsque le filtre est chargé l'alimentation est assurée par les rupteurs de ligne KRL1 et KRL2, le contacteur KIFE étant maintenu ouvert. Le rôle du circuit bouchon (L 65.2 - C 68.11) est de maintenir l'impédance d'entrée à 50 Hz suffisamment élevée, quelles que soient les conditions de fonctionnement du hacheur, de façon à réduire au maximum les courants dus à la composante de tension à 50 Hz
- le hacheur (fig. 59.13) réalisant le réglage de la tension aux bornes des moteurs est protégé par le relais QD; (fig. 59.10);

- le circuit des moteurs :

les moteurs de traction sont numérotés de 1 à 4 en commençant par le moteur 1 placé sous le poste de conduite I. Les moteurs 1 et 2 forment le groupe I, les moteurs 3 et 4 forment le groupe II. Dans chaque groupe, les moteurs sont constamment connectés en série, les deux groupes de moteurs sont branchés en parallèle et alimentés par le hacheur au travers de la self de lissage S1 et des transformateurs mesurant le courant moteur TEM1 et TEM2. (fig. 59.13).

Les contacteurs K1.1 et K2.1 insérés dans le circuit des moteurs du groupe I et les contacteurs K1.2 et K2.2 insérés dans le circuit des moteurs du groupe II permettent l'isolement manuel ou automatique d'un groupe ou des deux groupes de moteurs. L'inverseur du sens de marche IRW réalise l'inversion par croisement de l'alimentation des inducteurs des moteurs. Le réglage du taux de shuntage est réalisé par les résistances RSHW1 et RSHW2 et les contacteurs KSH1.1, KSH2.1, KSH1.2 et KSH2.2.; (fig. 59.10).

- les circuits de retour de courant :

côté négatif, le courant de traction est collecté dans le shunt d'ampèremètre dont le négatif est relié au câble de masse et au châssis de l'automotrice. Quatre câbles de retour de courant relient le câble de masse aux quatre dispositifs de retour de courant de la voiture motrice AB (un dispositif par essieu). (fig. 59.10).

Régime unihoraire.

Puissance absorbée	192 kW
Tension	1500 V
Courant	140 A
Vitesse	1320 tr/min
Vitesse maximum	2600 tr/min

Régime continu.

Puissance absorbée	171,5 kW
Tension	1500 V
Courant	125 A
Vitesse	1370 tr/min

Les courbes effort-vitesse accessibles par le manipulateur sont données à la fig. 59.08.

c. Le hacheur (fig. 59.13).

La théorie du hacheur et du filtre d'entrée est étudiée aux leçons n° 44 et n° 45.

-Les thyristors utilisés dans le hacheur des automotrices série 86 sont du type :

Thyristors principaux :

TA0152A/14 : tension directe : 1400 V
 tension inverse : 900 V
 courant moyen : 150 A
 temps de recouvrement : $\leq 60 \mu\text{s}$

Thyristors d'extinction :

TA0152F/12 : tension directe : 1200 V
 tension inverse : 900 V
 courant moyen : 150 A
 temps de recouvrement : $\leq 80 \mu\text{s}$

-Choix de la fréquence-pilote.

Le choix d'une faible fréquence de hachage est favorable à l'obtention d'une butée minimale faible (réduction de l'effort minimum réalisable au démarrage) mais péjore le dimensionnement du filtre d'entrée et de la self de lissage des moteurs de traction.

Le compromis adopté ici comporte deux fréquences :

- l'une relativement faible (105 Hz) utilisée pour les rapports cycliques faibles (moins de 0,12);
- l'autre plus élevée (200 Hz) utilisée pour les rapports cycliques plus élevés.

59.12 - Equipements auxiliaires à 3000 V; le convertisseur statique.

Le rôle du convertisseur statique (fig. 59.14) est de fournir à partir du 3 kV :

- la tension de 110 V continu;
- la tension de 220 V alternatif.

Schéma de puissance et de principe.

Le convertisseur peut être considéré, dans son principe, comme un hacheur à fréquence variable et temps de conduction fixe, alimentant un transformateur de sortie qui réalise la séparation galvanique entre l'entrée H.T. et la sortie B.T.

De ce fait, on pourra régler la tension moyenne de sortie par action sur la période T de fonctionnement.

Le convertisseur ne possède pas de thyristor d'extinction, le temps de conduction constant correspondant à la période d'oscillation du circuit L_e, C_e. La décharge du circuit oscillant L_e, C_e, (fig. 59.15) immédiatement après sa charge assure l'extinction des thyristors principaux.

Le convertisseur possède son propre filtre d'entrée L₁, C₁. A ce filtre d'entrée est associé un circuit d'amortissement R_a, C_a, destiné à amortir les oscillations de résonance du filtre d'entrée.

Les AM 86 possèdent 1 convertisseur statique dont le transformateur possède 1 secondaire. Ce secondaire alimente un ensemble redresseur, self de lissage et diode de roue libre fournissant :

- une sortie 110 V pour la charge batterie, les asservissements et pour les moteurs-ventilateurs des hacheurs et moteur-compresseur;

Le schéma de principe est représenté à la fig. 59.15.

Fonctionnement du convertisseur statique (fig. 59.16 et 59.17)

La charge du convertisseur statique étant formée par un transformateur alimentant un ensemble diode de redressement, self de lissage et diode de roue libre, il est plus aisé de raisonner sur un schéma équivalent, tous les éléments étant ramenés au primaire.

La charge équivalente sera caractérisée par :

- une self $(\frac{n1}{n2})^2 L5$ où L5 représente la self de lissage;
- un courant $(\frac{n1}{n2}) I5$;
- une tension $(\frac{n1}{n2}) Vb$.

Remarques.

- La fréquence de travail varie en raison inverse de la tension d'alimentation du convertisseur, soit entre 1200 et 240 Hz.
- En réalité, dans la sortie 110 V (fig. 59.14), la diode D4 (fig. 59.16) est remplacée par un thyristor Th4 (soit V25 à la fig. 59.14). Dans la phase de régulation en fréquence, l'allumage du thyristor principal Th (V1 à V16 à la fig. 59.14) et du thyristor Vernier Th 4 (soit V 25 à la fig. 59.14) est synchrone. Lorsque la fréquence de hachage est bloquée à 240 Hz, la régulation s'opère par le thyristor Th 4 en décalant légèrement l'allumage de Th 4 par rapport à Th.

59.13 - Description des circuits auxiliaires BT.

Le convertisseur statique fournit les alimentations suivantes (fig. 59.14) :

a. la tension de 110 V continu pour la charge batterie et l'alimentation de tous les circuits de commande et d'auxiliaire 110 V (fig. 59.18) comme :

- Le groupe moteur-compresseur est alimenté par le positif B2 et protégé par le disjoncteur magnéto-thermique dC.

Les caractéristiques du compresseur 241 VB :

pression : 9 bars
 débit : 1.050 litres/min
 nombre de cylindres : 4
 refroidissement par air.

Le compresseur est entraîné directement par un moteur à courant continu 110 V type LF 180 CEB.

Les caractéristiques :

puissance : 7,3 kW
 tension : 110 V
 courant : 78 A
 vitesse de rotation : 1130 t/min.

- Le groupe moteur-ventilateur du hacheur est alimenté par le positif B2 et protégé par un disjoncteur magnéto-thermique dVH. (fig. 59.19).

La résistance de démarrage RMVH reste en permanence en service pour adapter le débit d'air du ventilateur. Les pertes joules dissipées (650 à 700 W) dans cette résistance servent à faire fondre la neige qui se serait accumulée dans la chicane du circuit d'air spécialement aménagée là où est installée cette résistance.

Un shunt de mesure du courant Sh dans le circuit du moteur permet de vérifier la ventilation du hacheur (circuit de contrôle installé dans le hacheur).

Particularité : chaque modification de la position du manipulateur en traction permet de donner une impulsion au relais de temporisation de la veille automatique.

Principe de la commande en courant.

Par l'intermédiaire du hacheur, on désire imposer à la charge une consigne de courant à atteindre le plus rapidement possible, sans variation brutale ni dépassement, quelle que soit la tension moyenne aux bornes de la charge.

Cette consigne de courant correspond au courant moteur à réaliser pour obtenir la courbe effort vitesse sélectionnée par une des 7 positions "traction" du manipulateur.

Les ordres sont acheminés à l'électronique de commande au moyen de 3 fils de train qui rendent 7 combinaisons possibles en les alimentant comme suit :

position 1 de M2	alimente le fil de train	208
position 2 de M2	"	209
" 3 de M2	"	208 et 209
" 4 de M2	"	210
" 5 de M2	"	208 et 210
" 6 de M2	"	209 et 210
" 7 de M2	"	208, 209 et 210

L'électronique de commande transforme ces signaux en consigne de courant préfixée.

Les positions de M2 sont affichées optiquement dans le poste de conduite.

Les courbes effort-vitesses accessibles par le manipulateur sont données à la fig. 59.08.

b) Shuntage

La progression du démarrage et le shuntage éventuel des moteurs de traction (52,9 et 73 % de shuntage) sont commandés automatiquement par le hacheur.

Lorsque le démarrage est terminé, c'est-à-dire quand le rapport cyclique maximum est atteint et que le courant-moteur descend sous une valeur fixée, le relais rsh1 de H4022 se ferme et autorise l'alimentation des relais RSH1 qui permet l'alimentation des contacteurs KSH1.1 et KSH1.2 (fig. 59.10).

KSH1.1 et KSH1.2 s'enclenchent entraînant le shuntage des inducteurs des moteurs par les résistances RSHW.1 et RSHW.2.

Un contact auxiliaire du KSH1.1 et un du KSH1.2 confirment la position enclenchée à l'électronique H4022.

Cet interrupteur IEM peut occuper quatre positions :

Position N : Tous les moteurs en service.

Position ~~1-2~~ : M1 et M2 éliminés

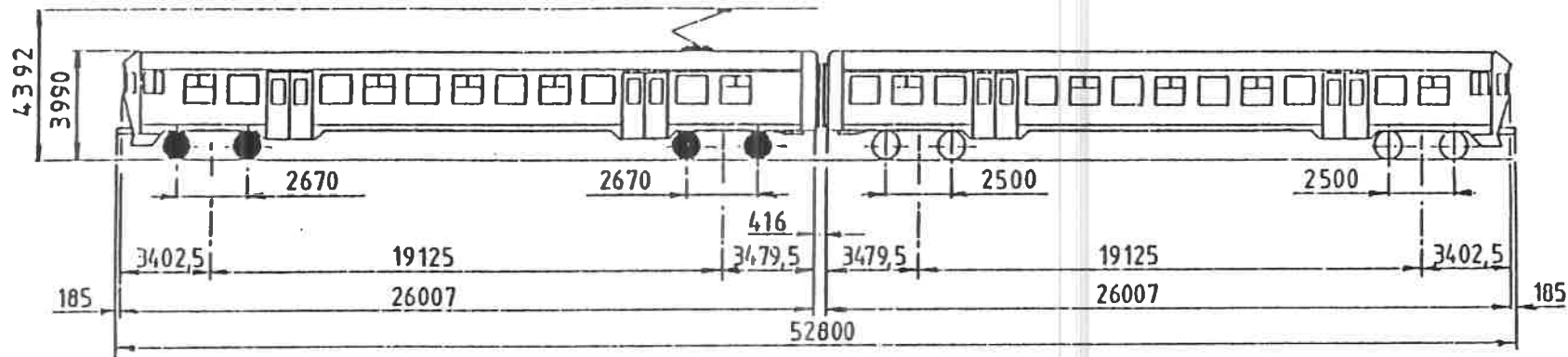
Position ~~3-4~~ : M3 et M4 éliminés

Position I : Tous les moteurs éliminés.

Automotrice double, type 86, série 09

HvAB CI

HvABD CII



● Essieu moteur

Généralités

Partie mécanique

Partie électrique

Effectif : ... série (09)	35
Type :	double
Numerotation : série (09)	901 à 935
Manse à vide : ... tonnes	105
Manse en charge : ... tonnes	124
Puissance : unhor.tot. kW	770
" " spéc. kW/t	5,84
Vitesse max. : ... km/h	120
Accélérat. max. en palier entre 0 et 50 km/h : (force ml-sec ²) ... cm/s ²	55
Tare par voyageur : masse kg	
Diamètre des roues : ... mm	1010
Rayon min. de courbe : ... m	125

Constructeurs :
La Brugeoise et Nivelles à Bruges ;
HM Maunze (châssis et toit)

Date de construction : 04-01-88 à 01-11-89

Capacité	1 ^{er} cl.	2 ^e cl.	Total
Places assises	40	137	177
debout	12	51	63
Total	52	188	240

Freinage :
Frein automatique avec robinet de mécanicien Oerlikon type FDA 104-2. Commande électrique parallèle type EPA. Frein à disque. Système antientrayage électronique par essieu. Frein parking.

Chauffage :
par radiateurs électriques à air pulsé.

Équipement de traction :
Constructeurs :
A.C.E.C. Charleroi

Type de commande :
Thyristors, commande électronique.

Moteurs de traction : AE 121 N

Nombre..... 4
Puissance unhorale 190 kW
continue 170 kW
Moteur autoventilé.

Suspension : par le nez.

Paliers d'essieu : avec roulements Timken (cannon-box).
Transmission : par engrenage rigide, unilatérale.

Rapport d'engrenages :
3,958 (95/24)

Appareillage auxiliaires

1. Groupe moteur-compresseur

- Moteur CED type I.P. 120 7,32 kW 110V - 78A - 1130tr/min.
- Compresseur 24 l VH, 2 cylindres à simple effet, 2 étages.
- Pression de refoulement 9 bar
- Débit 770 l/min

2. Convertisseur statique 36 kW

Entrée : 3000 V

Sorties : 110 V - pr batterie
220 V ~ pr extracteurs d'air.

3. Batterie d'accumulateurs au Cadmium - Nickel,
75 éléments, 140 Ah, 110 V

Fig. 59.01

LEGENDEEQUIPEMENTS DU POSTE DE CONDUITE.

- | | |
|---|--|
| 1. Robinet frein parking | 31. Robinet de secours |
| 2. Indicateur frein parking | 32. Allumage éclairage train |
| 3. Radio | 33. Lampe témoin clignotement des phares |
| 4. Boîte à interrupteurs (voir fig. 59.03) | 34. Extinction éclairage train |
| 5. Lampe témoin mémor (jaune) | 35. Commande clignotement des phares |
| 6. Lampe témoin mémor (rouge) | 36. Pédale de la veille automat. |
| 7. Voltmètre BT | 37. Commande des klaxons |
| 8. Voltmètre HT | 38. Pédale de désaccouplement |
| 9. Indicateur de vitesse | 39. Grille chauffage |
| 10. Ampèremètre courant moteurs | 40. Bouton-poussoir surcharge |
| 11. Indicateur position de traction | 41. Manette d'inversion |
| 12. Manomètre Duplex | 42. Interrupteur dépannage (voir fig. 59.04). |
| 13. Manette traction-freinage | 43. Interrupteur étanchéité (voir fig. 59.04) |
| 14. Manomètre conduite de servitude | 44. Bouton-poussoir fermeture des portes (voir fig. 59.04) |
| 15. Manomètre cylindre de frein | 45. Lampes de signalisation (voir fig. 59.04) |
| 16. Test "Mémor" | |
| 17. Interrupteur chauffage rétroviseurs (voir fig. 59.04). | |
| 18. Interrupteur chauffage logement pédales (chauffe pieds) | |
| 19. Interrupteur chauffage (voir fig. 59.04) | |
| 20. Interrupteur sélection température | |
| 21. Lampe témoin charge lanterne de secours | |
| 22. Robinet de secours | |
| 23. Lanterne de secours | |
| 24. Bouton-poussoir désaccouplement | |
| 25. Tableau pneumatique | |
| 26. Interrupteur "code phares" | |
| 27. Commande essuie-glaces | |
| 28. Commande lave-glaces | |
| 29. Tableau pneumatique | |
| 30. Interrupteur mémor | |

SIGNIFICATION DES LAMPES DE SIGNALISATION SUR LE TABLEAU DE BORD

(Fig. 59.02 , repère 45)



Lampe de contrôle de la fermeture des portes.



Brille lorsque au moins un essieu moteur patine.



Brille lorsque il y a une manque de charge batterie sur au moins une AL.



Brille lorsque au moins un contacteur de ligne n'est pas fermé. Lorsque l'équipement a été éliminé avec l'interrupteur IEM la lampe s'éteint.



Brille : Après une élimination automatique d'un groupe de traction.

Lorsque IDMS est placé sur "I".

Lors d'un défaut hacheur ou convertisseur qui ne provoque pas le déclenchement des contacteurs de ligne. Lorsque l'équipement a été éliminé au moyen de l'interrupteur IEM la lampe s'éteint.

Lorsque l'interrupteur BREMS se trouve sur la position "T" ou "I".



Calage pneumatique



Contrôle frein EP



Frein de parking



switch - control

Lampes de signalisation du frein (voir brochure équipement de frein).



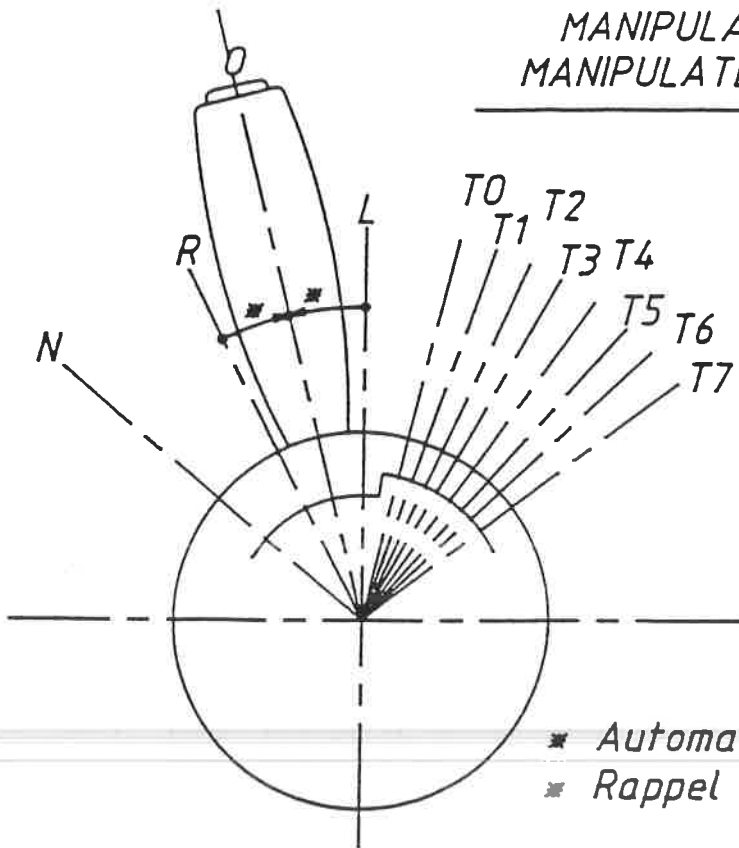
Lampe témoin - accouplement.



Lampe témoin - désaccouplement.

Fig. 59.07.

MANIPULATOR M2 TRACTIE/REM
 MANIPULATEUR M2 TRACTION/FREIN



* Automatisch terugkerend
 ■ Rappel automatique

	P remming/serrage EP remming/serrage S1	P/EP lossing/desserrage S2	neutraal/neutre S3	rem/frein S4	AW/VA S5	bevel RT/herbewapening cde.RT/rearmement S6	tractie T1 traction T1 S7	tractie T2 traction T2 S8	tractie T3 traction T3 S9	omkering/inversion vergrendeling/verrouillage S10	
T7	■		■	■	■	■	■	■	■	■	T7
T6	■		■	■	■	■	■	■	■	■	T6
T5	■		■	■	■	■	■	■	■	■	T5
T4	■		■	■	■	■	■	■	■	■	T4
T3	■		■	■	■	■	■	■	■	■	T3
T2	■		■	■	■	■	■	■	■	■	T2
T1	■		■	■	■	■	■	■	■	■	T1
T0	■		■	■	■	■	■	■	■	■	T0
L	■		■	■	■	■	■	■	■	■	L
O	■		■	■	■	■	■	■	■	■	O
R	■		■	■	■	■	■	■	■	■	R
N	■		■	■	■	■	■	■	■	■	N

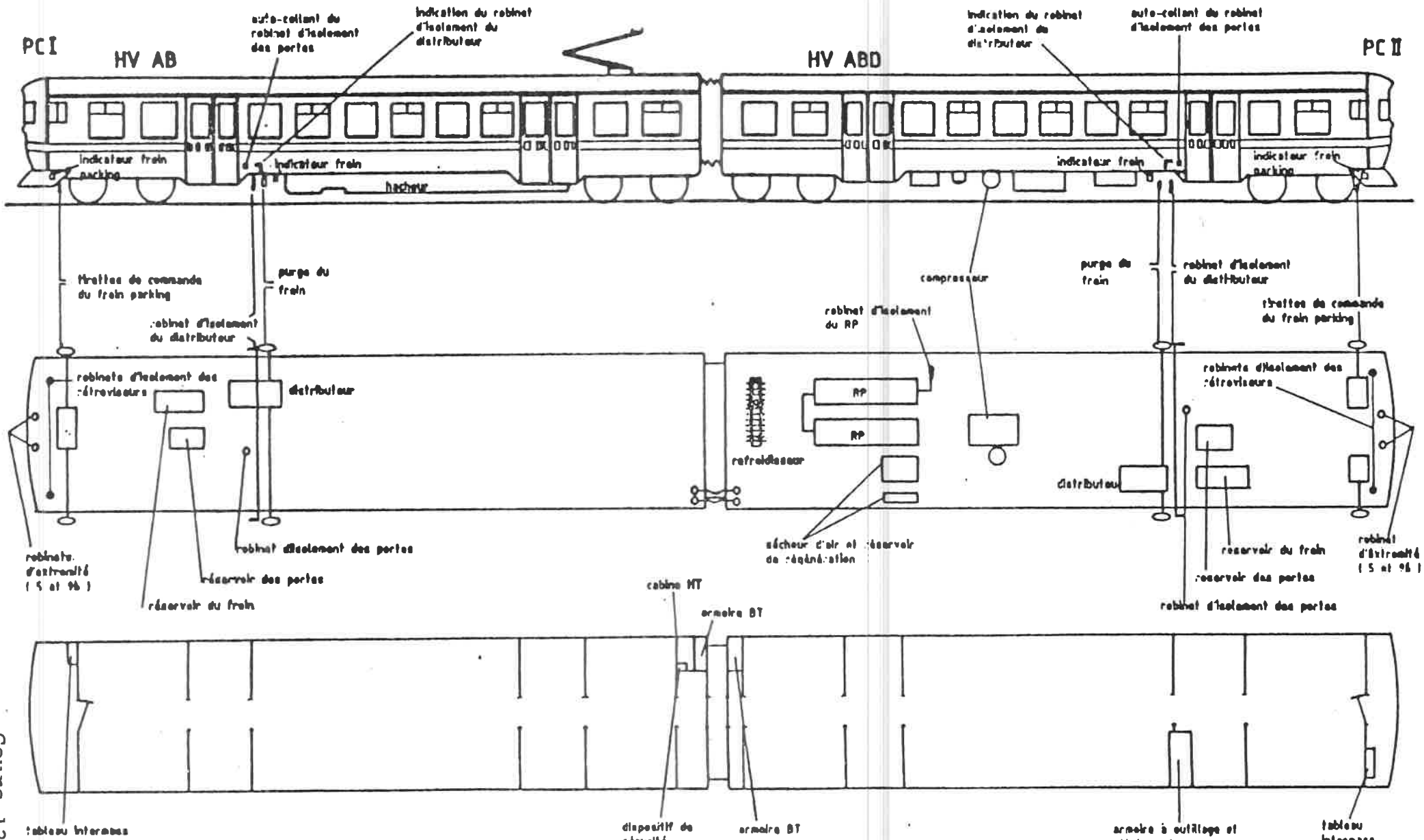
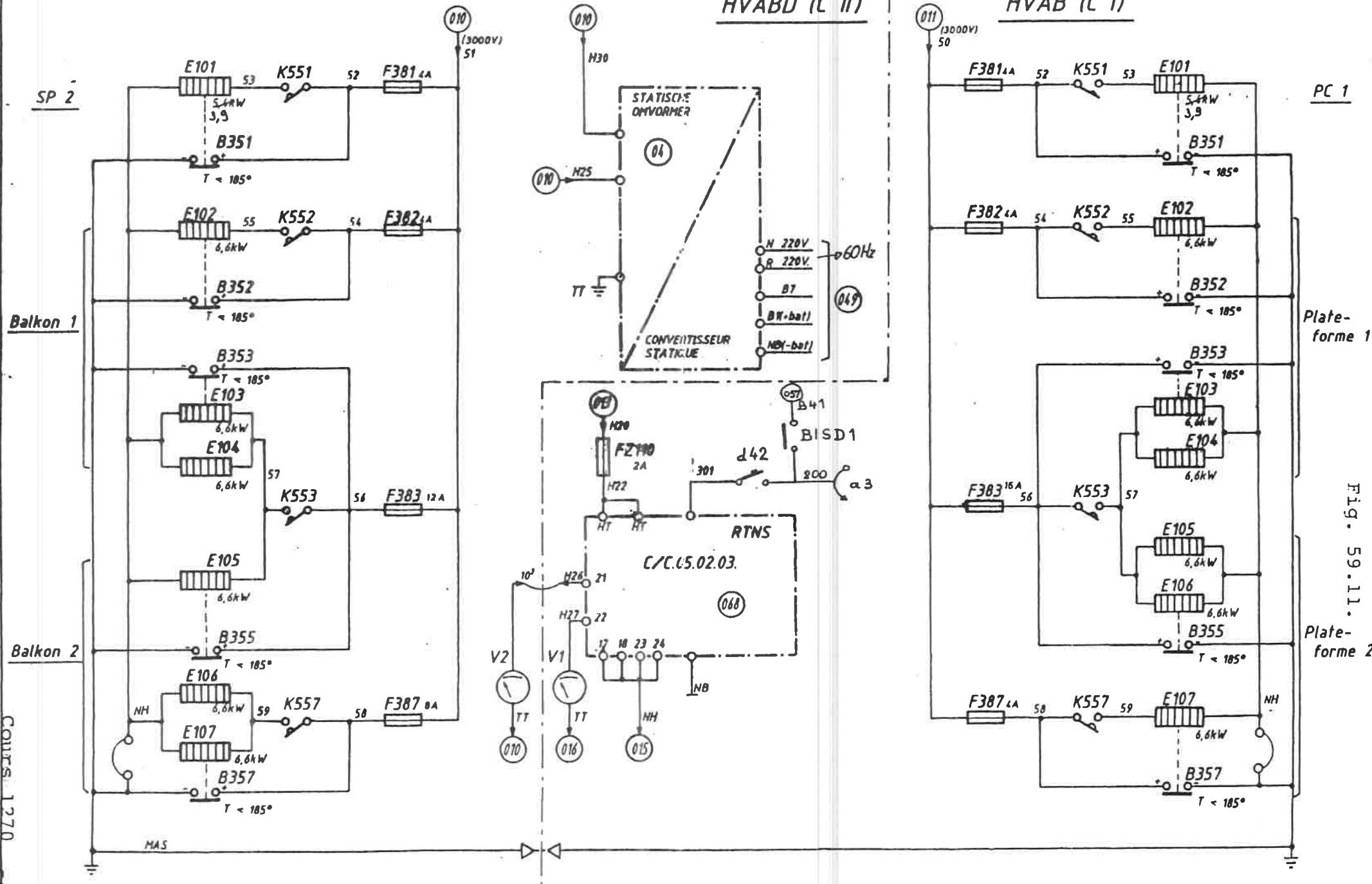


Fig. 59.09.

AM 86 - 1er supplément.

HVABD (C II)

HVAB (C I)

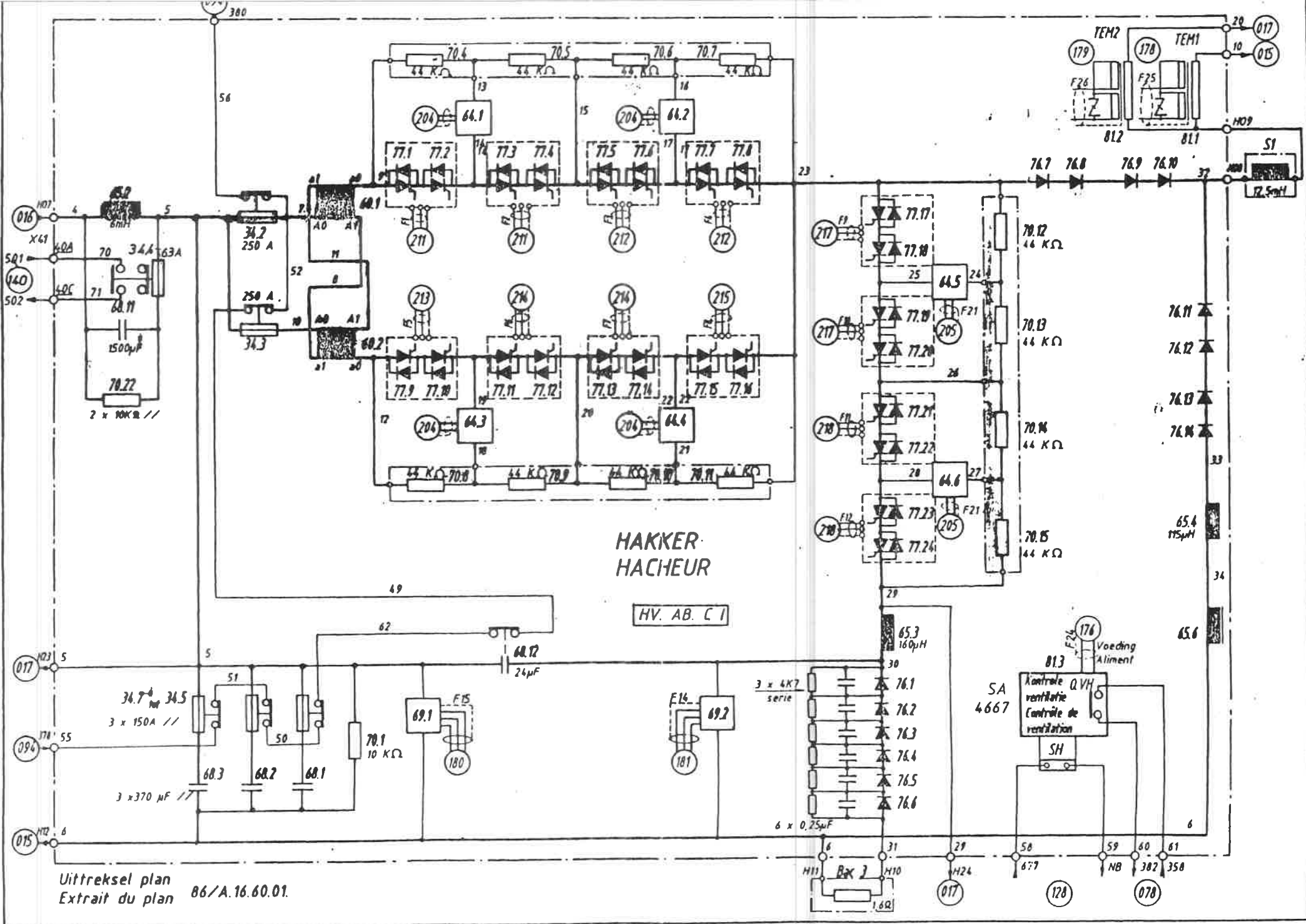


PC 1

Plate-forme 1

Plate-forme 2

Fig. 59.11.



Uittreksel plan
Extrait du plan 86/A.16.60.01.

Fig. 59.13.

Cours 1270
1990
59

Fig. 59.15.

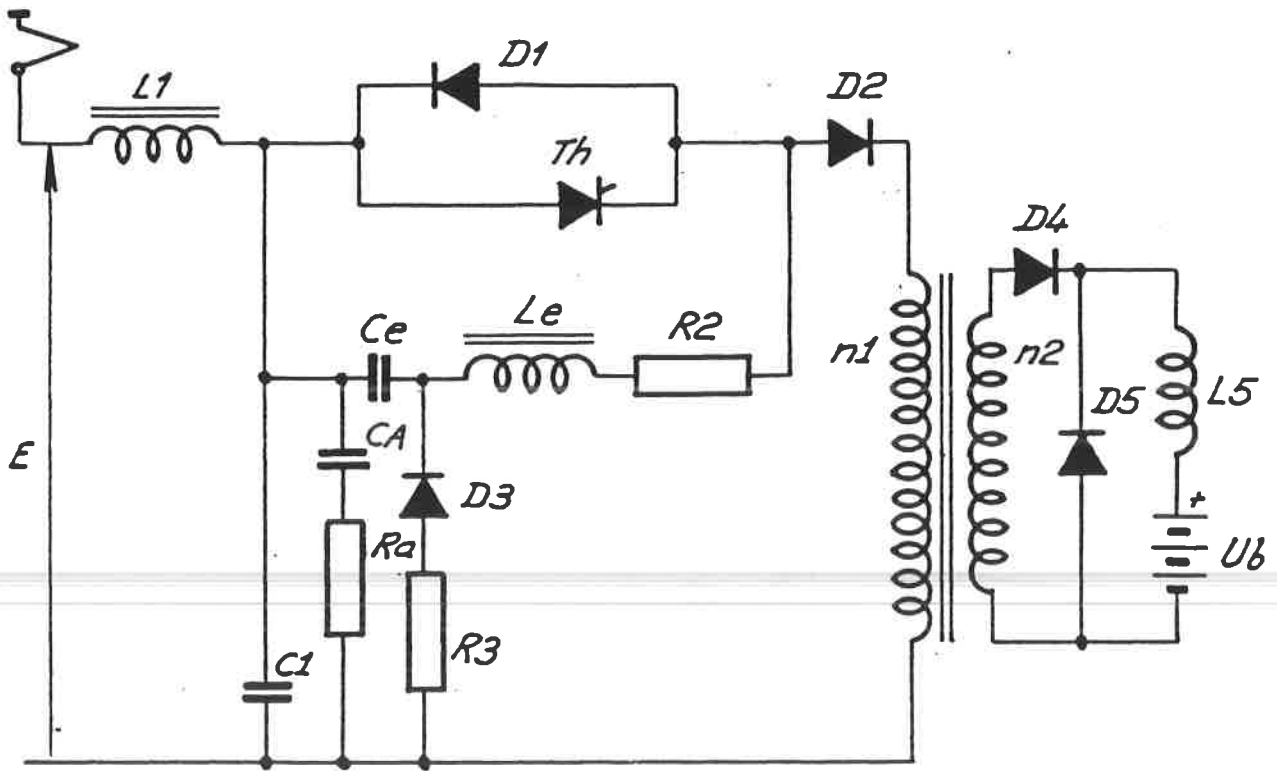
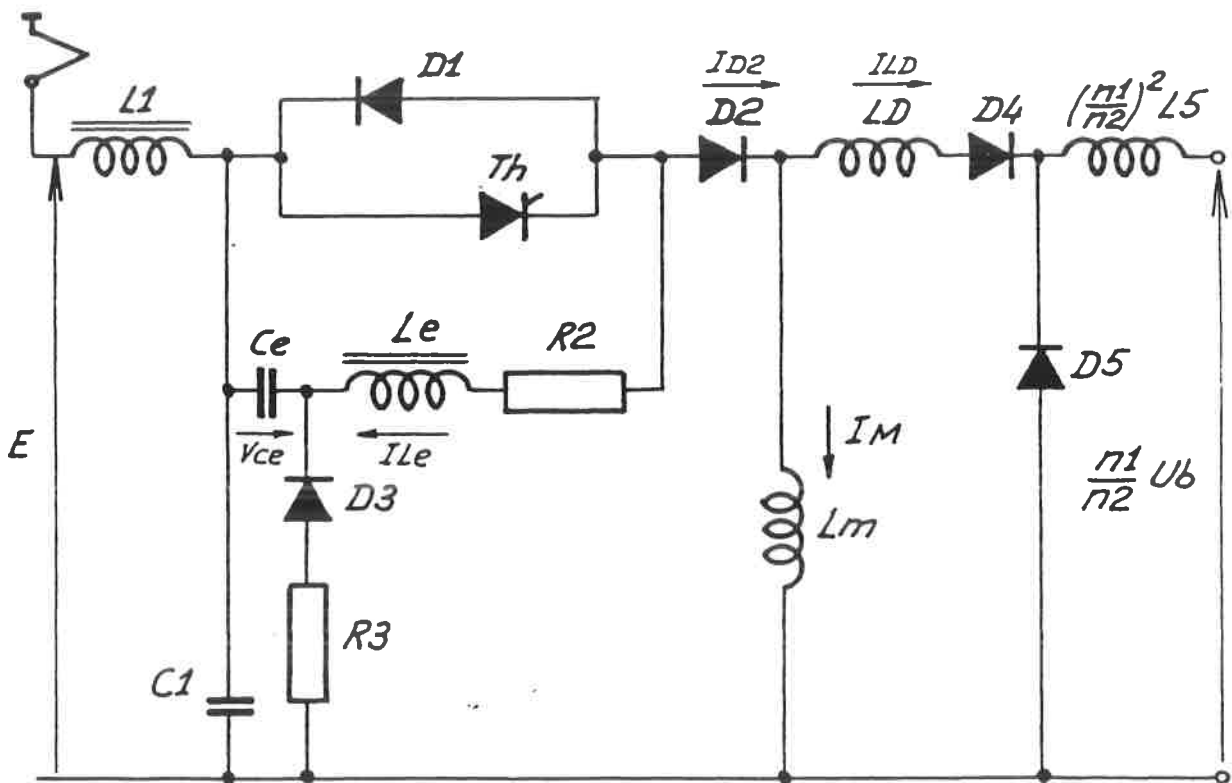


Fig. 59.16.



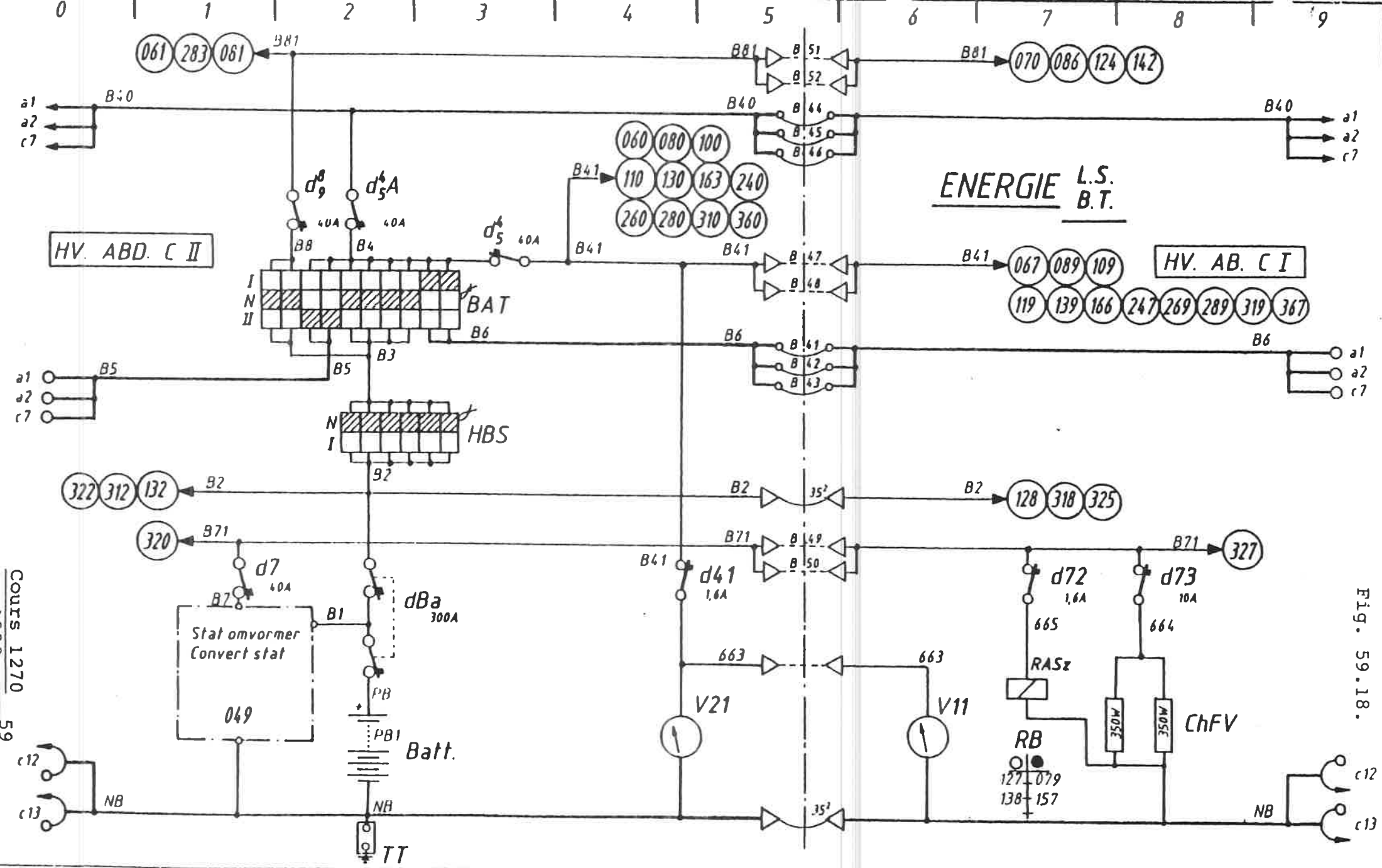


FIG. 59.18.

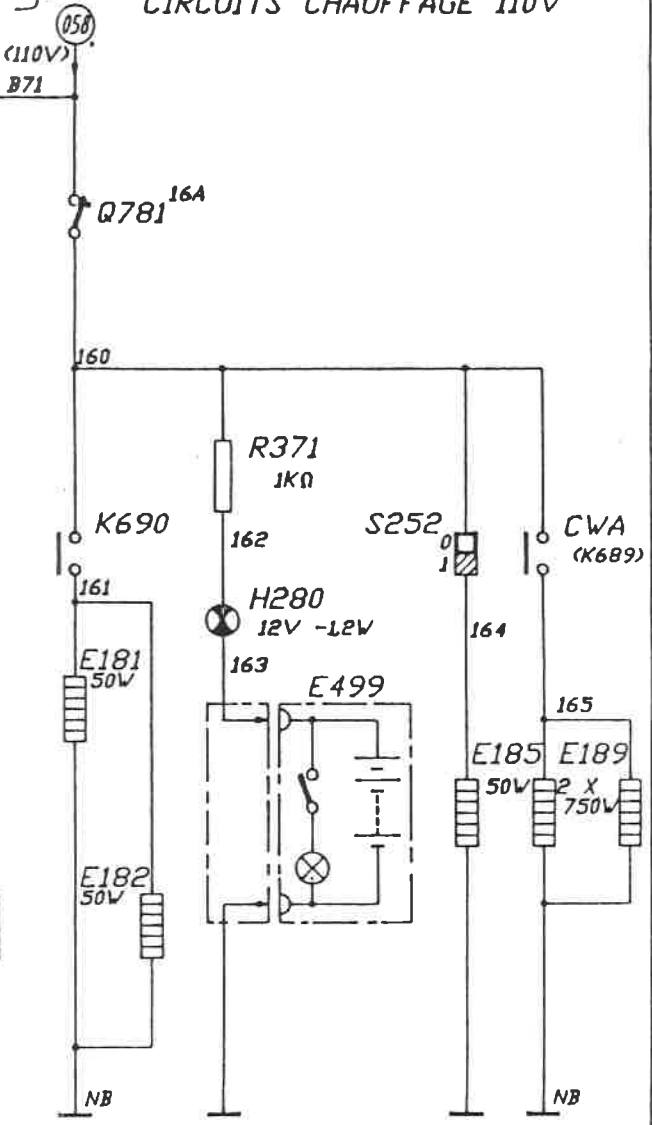
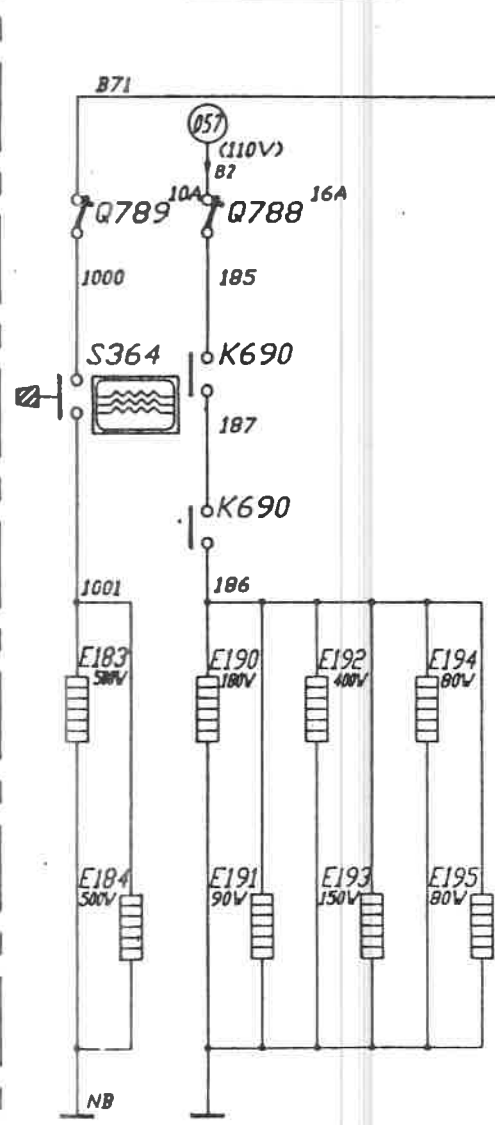
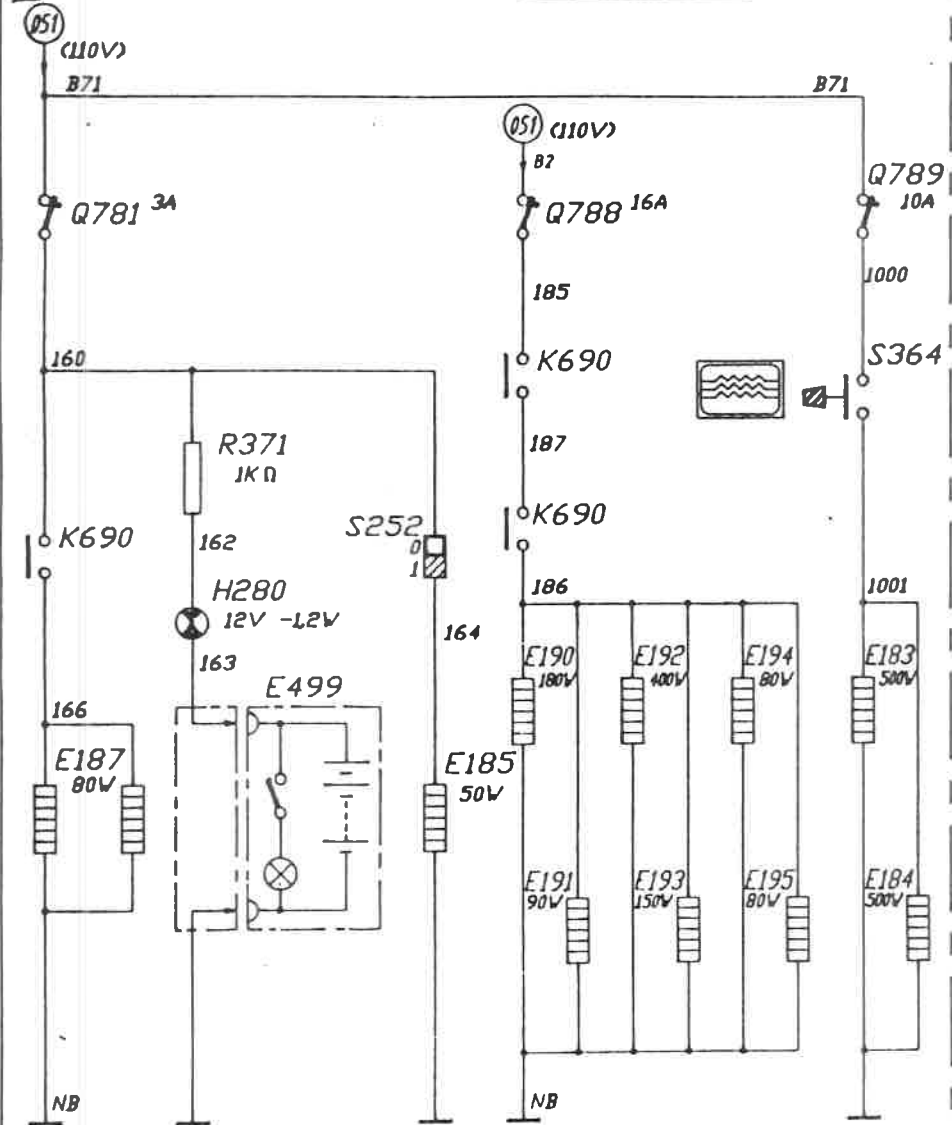
HV ABD CII

HV AB C I

VERWARMINGSKRINGEN 110V
CIRCUITS CHAUFFAGE 110V

Fig. 18

Fig. 18



Purgeerklep
Purgeur

Beenverw.
Chauff. des Jambes

Vasenweerder
Anti-buee

Vasenweerder
Anti-buee

Vulnonden
Bouches de remplis

Beenverw.
Chauff. des Jambes

Noodlantaarn
Lanterne de secours

Verw. aut. kopp.
Chauff. att. auto.

Verw. aut. kopp.
Chauff. att. auto.

Noodlantaarn
Lanterne de sec.

Waterbakverw.
Chauff. res. d'eau