

122.50

Cours préparatoire
à la
formation professionnelle
des
élèves conducteurs

Mathématique - Mécanique - Electricité

Texte



LIVRE I.

TABLE DES MATIERES.

1ère PARTIE. - CALCUL et MECANIQUE.

1ère Leçon - Chiffres et nombres.

- 1.0. Chiffres.
- 1.1. Nombres concrets et abstraits.
- 1.2. Nombres entiers.
- 1.3. Nombres décimaux.
- 1.4. Nombres positifs et négatifs.
- 1.5. - 1.6. - 1.7. - 1.8. - 1.9. Exercices.

2ème Leçon - Opérations.

Addition.

- 2.0. Définition.
- 2.1. Opération.
- 2.2. - 2.3. - 2.4. Exercices.

Soustraction.

- 2.5. Définition.
- 2.6. Opération.
- 2.7. - 2.8. - 2.9. Exercices.

3ème Leçon - Opérations (suite).

Multiplication.

- 3.0. Définition.
- 3.1. Opération.
- 3.2. - 3.3. - 3.4. Exercices.

Division.

- 3.5. Définition.
- 3.6. Opération.
- 3.7. - 3.8. - 3.9. Exercices.

4ème Leçon - Opérations (suite).

Puissance des nombres.

- 4.0. Définition.
- 4.1. - 4.2. - 4.3. Exercices.

Résolution des calculs.

- 4.4. Simplification.
- 4.5. Résolution.
- 4.6. Exercices.

5ème Leçon - Fractions.

- 5.0. Définition.
- 5.1. Fractions.
- 5.2. Nombres fractionnaires.
- 5.3. Conversion de nombres entiers en fractions et vice-versa.
- 5.4. Conversion de nombres fractionnaires en fractions et vice-versa.
- 5.5. Conversion des fractions en nombres décimaux.
- 5.6. - 5.7. - 5.8. Exercices.

6ème Leçon - Fractions (suite).

- 6.0. Simplification des fractions.
- Opérations.
- 6.1. Addition.
- 6.2. Soustraction.
- 6.3. Multiplication.
- 6.4. Division.
- 6.5. - 6.6. - 6.7. - 6.8. Exercices.

7ème Leçon - Pourcentage.

- 7.0. Calcul des pourcentages.
- 7.1. - 7.2. - 7.3. Exercices.

8ème Leçon - Règle de trois.

- 8.0. Définition.
- 8.1. - 8.2. - 8.3. Exercices.

9ème Leçon -Mesures de longueur.

- 9.0. Définition.
- 9.1. - 9.2. - 9.3. Exercices.

Mesures de surfaces.

- 9.4. Définition.
- 9.5. Carré.
- 9.6. Rectangle.
- 9.7. Triangle.
- 9.8. Cercle.
- 9.9. - 9.10. - 9.11. Exercices.

10ème Leçon - VolumesCalcul des volumes.

- 10.0. Définition.
- 10.1. Cube.
- 10.2. Parallélépipède.
- 10.3. Cylindre.
- 10.4. - 10.5. - 10.6. Exercices.

Masse.

- 10.7. Définition.
- 10.8. Masse spécifique.
- 10.9. Calcul des masses.
- 10.10. - 10.11. - 10.12. Exercices.

11ème Leçon - Physique.Chaleur et température.

- 11.0. Définition.
- 11.1. Unité de température.
- 11.2. Quantité de chaleur (a : unité
(b : chaleur spécifique.
(c : quantité de chaleur.
- 11.3. Mesure de la température.
- 11.4. Production de chaleur.
- 11.5. Transmission de chaleur.
- 11.6. - 11.7. - 11.8. - 11.9 Exercices.

12ème Leçon - Pression, volume et température des gaz.

- 12.0. Pression atmosphérique.
- 12.1. Dépression et surpression.
- 12.2. Pression absolue et effective.
- 12.3. Etat d'un gaz.

Transformation de l'état d'un gaz.

- 12.4. - A température constante.
- 12.5. A volume constant.
- 12.6. A pression constante.
- 12.7. Transformation pression - volume - température.

13ème Leçon - Force (F).

- 13.0. Définition.
- 13.1. Origine.
- 13.2. Mesure des forces.
- 13.3. Eléments de force.
- 13.4. Composition des forces.
- 13.5. Décomposition des forces.

14ème Leçon - Travail.

- 14.0. Définition.
- 14.1. Unité de travail.
- 14.2. - 14.3. - 14.4. Exercices.

Energie.

- 14.5. Définition.
- 14.6. Sortes.
- 14.7. Transformation d'énergie.

15ème Leçon - Vitesse.

- 15.0. Définition.
- 15.1. Unité et mesure de la vitesse.
- 15.2. - 15.3. - 15.4. Exercices.

Puissance.

- 15.5. Définition.
- 15.6. Unité et calcul.
- 15.7. - 15.8. - 15.9. Exercices.

16ème Leçon - Accélération.

- 16.0. Définition.
- 16.1. Unité et calcul.
- 16.2. - 16.3. - 16.4. Exercices.

17ème Leçon - Chimie.Combustion.

- 17.0. Composition de l'eau.
- 17.1. Définition d'un combustible.
- 17.2. Combustion proprement dite.
- 17.3. Comment obtenir une bonne combustion.
- 17.4. Comment provoquer la combustion.

18ème Leçon.

- 18.0. Transformation de la chaleur en travail.

Vaporisation, ébullition.

- 18.1. Calories nécessaires.
- 18.2. Dépôts de matières insolubles.
- 18.3. Mesures à prendre contre l'entartrement.

19ème Leçon - Gaz de la combustion.

- 19.0. Composition.
- 19.1. Couleur.
- 19.2. Danger.

20ème Leçon - Métaux.

- 20.0. Sortes.
- 20.1. Composition.
- 20.2. Utilisation.

21ème Leçon - Oxydation.

- 21.0. Définition.
- 21.1. Oxydation des métaux.
- 21.2. Oxydation d'autres matières.
- 21.3. Dilatation des métaux par la température.

22ème Leçon - Dessin, lecture de plan.

- 22.0. Le pourquoi.
- 22.1. Dessin en perspective.
- 22.2. Plan.
- 22.3. Schéma.
- 22.4. Symboles.

23ème Leçon - Dessin (suite).

- 23.0. Présentation.
- 23.1. Coupe.
- 23.2. Pièces fixes et mobiles.

24ème Leçon - Dessin (suite).

- 24.0. Représentation symbolique.
- 24.1. à 24.5. Exercices.

PARTIE II. : ELEMENTS D'ELECTRICITE.25e leçon. Généralités.

- 25.0 Constitution de la matière
- 25.1 Atome
- 25.2 Propriétés de l'atome
- 25.3 Rupture de l'équilibre électrique
- 25.4 Rétablissement de l'équilibre électrique
- 25.5 Conclusion
- 25.6 Effets de l'électricité
- 25.7 Bons conducteurs
- 25.8 Mauvais conducteurs
- 25.9 Interrupteurs

26e leçon. Les sources de courant.

- 26.0 Pile
- 26.1 Pile de Volta
- 26.2 Accumulateurs
- 26.3 Machines rotatives
- 26.4 Conclusion

27e leçon. La comparaison hydraulique.

- 27.0 Potentiel
- 27.1 Force hydromotrice
- 27.2 Force électromotrice
- 27.3 Quantité d'électricité
- 27.4 Courant
- 27.5 Tension

28e leçon. Questionnaire.29e leçon. La résistance électrique.

- 29.0 Résistance des conducteurs
- 29.1 Unité de résistance
- 29.2 Résistance spécifique
- 29.3 Calcul de la résistance

- 29.4 Variation de la résistance avec la température
- 29.5 Calcul de la résistance suivant la température

30e leçon. Le groupement des résistances.

- 30.0 Groupement en série
- 30.1 Groupement en parallèle
- 30.2 Groupement en série parallèle
- 30.3 Calcul de la résistance totale de plusieurs résistances groupées en série

31e leçon. Le groupement des résistances (suite).

- 31.0 Valeur de la résistance correspondante à plusieurs résistances groupées en parallèle.
- 31.1 Calcul de la résistance correspondante à plusieurs résistances groupées en parallèle.
- 31.2 Calcul de la résistance correspondante à des résistances groupées en série-parallèle.
- 31.3 Shunt
- 31.4 Pontage

32e leçon. Questionnaire.

33e leçon. Le groupement des sources de courant.

- 33.0 Groupement en série d'éléments de force hydromotrice.
- 33.1 Groupement en série de sources de courant.
- 33.2 Groupement en parallèle d'éléments de force hydromotrice.
- 33.3 Groupement en parallèle de sources de courant.
- 33.4 Groupement en série parallèle d'éléments de force hydromotrice
- 33.5 Groupement en série parallèle de sources de courant.

8.

33.6 Groupement de générateurs rotatifs de courant.

34e leçon. La loi d'Ohm. Le travail. La puissance.

34.0 Loi d'Ohm

34.1 Formule de la loi d'Ohm

34.2 Travail fourni par une installation hydromotrice

34.3 Travail fourni par un courant électrique

34.4 Puissance d'un courant

34.5 Rapports de transformation

34.6 Consommation d'électricité

35e leçon. Le dégagement de chaleur par le courant électrique.

35.0 Actions calorifiques de résistances parcourues par un courant

35.1 Quantité de chaleur

35.2 Calcul de la quantité de chaleur dégagée

35.3 Chute de tension

35.4 Dégagement de chaleur dans les machines rotatives

35.5 Court-circuit.

36e leçon. Questionnaire.

37e leçon. L'étude d'un accumulateur.

37.0 Constitution de l'accumulateur au plomb

37.1 Plaques positives

37.2 Plaques négatives

37.3 Electrolyte

37.4 Bac d'accumulateur

37.5 Force électromotrice d'un accumulateur au plomb.

37.6 Résistance interne d'un accumulateur au plomb

37.7 Capacité d'un accumulateur au plomb

37.8 Description d'un accumulateur alcalin

37.9 Avantages et inconvénients de l'accumulateur alcalin

37.10 Avantages et inconvénients de l'accumulateur au plomb

Cours 122,50.

37.11 Décharge d'un accumulateur au plomb

37.12 Charge d'un accumulateur au plomb

38e leçon. La charge des accumulateurs.

38.0 Généralités

38.1 Régime de charge

38.2 Appareils nécessaires dans le circuit de charge batterie

38.3 Dynamo

38.4 Régulateur de tension

38.5 Régulateur de courant

38.6 Conjoncteur-disjoncteur

38.7 Circuit de principe

39e leçon. Le magnétisme.

39.0 Aimants naturels

39.1 Aimants artificiels

39.2 Influence des aimants

39.3 Élévation de température des aimants

39.4 Parties d'un aimant

39.5 Direction prise par un aimant mobile

39.6 Attraction et répulsion des pôles magnétiques

39.7 Aimantation par influence

39.8 Impossibilité d'isoler un pôle d'aimant

39.9 Champ magnétique

39.10 Lignes de force d'un champ magnétique

39.11 Spectre magnétique

39.12 Flux magnétique

40e leçon. Questionnaire.

41e leçon. L'aimantation par le courant.

41.0 Champ magnétique créé par le passage d'un courant dans un conducteur.

41.1 Valeur du champ magnétique d'un courant rectiligne

- 41.2 Forme des lignes de force entourant un conducteur rectiligne
- 41.3 Champ magnétique d'un courant dans une spire
- 41.4 Aimantation du fer et de l'acier
- 41.5 Modification de la répartition des lignes de force dans une bobine
- 41.6 Renforcement du champ magnétique d'une bobine

42e leçon. Les électro-aimants.

- 42.0 Constitution
- 42.1 Propriétés
- 42.2 Formes
- 42.3 Inducteurs des dynamos, alternateurs et moteurs
- 42.4 Electro-aimants d'appareils de levage et de machines-outils
- 42.5 Sonnerie électrique
- 42.6 Relais et contacteurs
- 42.7 Electrovalve

43e leçon. Les actions mutuelles des courants et des aimants.

- 43.0 Action d'un champ magnétique uniforme sur un courant électrique
- 43.1 Grandeur de la force électro-magnétique
- 43.2 Phénomènes d'induction avec un aimant permanent
- 43.3 Phénomènes d'induction avec un courant

44e leçon. Questionnaire.

45e leçon. Les génératrices rotatives.

- 45.0 Principe d'une génératrice
- 45.1 Génératrice de courant continu
- 45.2 Constitution d'une dynamo
- 45.3 Constitution de l'inducteur
- 45.4 Constitution de l'induit
- 45.5 Balais

46e leçon. Les génératrices rotatives (suite).

- 46.0 Magnéto
- 46.1 Dynamo à excitation indépendante
- 46.2 Dynamo à excitation shunt
- 46.3 Dynamo à excitation série
- 46.4 Dynamo à excitation compound
- 46.5 Conditions d'amorçage des dynamos auto-excitatrices.

47e leçon. Les moteurs électriques.

- 47.0 Fonctionnement de principe
- 47.1 Constitution d'un moteur à courant continu
- 47.2 Utilisation des moteurs à courant continu
- 47.3 Démarrage d'un moteur série
- 47.4 Shuntage d'un moteur série
- 47.5 Refroidissement des moteurs électriques
- 47.6 Inversion du sens de rotation.

48e leçon. Questionnaire.

Leçon n° 1

CHIFFRES ET NOMBRES.

1.0 Chiffres.

Les chiffres sont d'origine arabe ou romaine.

Suivant la nécessité, on peut employer les deux systèmes.

Les chiffres arabes sont :

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 0.

Les signes romains sont :

I V X L C D M

un, cinq, dix, cinquante, cent, cinq cents, mille.

Les nombres pairs se terminent par 2. 4. 6. 8. 0.

Les nombres impairs se terminent par 1. 3. 5. 7. 9.

1.1 Nombres concrets et abstraits.

Huit (8) locomotives, cinq (5) voitures sont des nombres concrets.

Les chiffres 5 et 8 sont des nombres abstraits.

1.2 Nombres entiers.

Voici 12 ressorts

Voilà 36 boulons

Là-bas se trouvent 6 locomotives.

Ces nombres expriment des unités et non des parties d'objet.

1.3 Nombres décimaux.

Dans un nombre décimal on trouve la partie entière ensuite une virgule (,) suivie dans l'ordre ci-après par les dixièmes, centièmes, millièmes, dix-millièmes, etc...

Leçon n°1
cours 122.50

Règle : Une unité contient dix dixièmes,
 Un dixième vaut dix centièmes,
 Un centième vaut dix millièmes.

C'est pour cette raison que la numération est appelée numération décimale.

Exemple : Le nombre 45,725 est composé de :
 Précédant la virgule : 45 unités
 Suivant la virgule : 7 dixièmes, 2 centièmes,
 5 millièmes.

On peut dire aussi 45 unités et 725 millièmes.

1.4 Nombres positifs et négatifs.

+ 10, + 85, + 274 sont des nombres positifs tandis que
 - 2, - 40, - 850 sont des nombres négatifs.

Utilisation. Ils sont utilisés dans les calculs de température, de pression, de vitesse, etc....

Remarque. Un nombre non précédé du signe (+) ou (-) est toujours positif.

Exercices.

- 1.5 Lisez les nombres : 5.000.129 4.000 12.000.000
 - 8.765 + 721 - 375.625
- 1.6 Lisez les nombres : IX XIV XXI LX CX DC CD
- 1.7 Donnez deux exemples de nombres concrets et abstraits.
- 1.8 Qu'entend-on par nombre entier et nombre décimal ?
- 1.9 Lisez les nombres : 0,125 0,000.1 0,000.010

LECON N° 2.

OPERATIONS.

Addition.

2.0

Définition.

L'addition est une opération qui nous permet de trouver un nombre qui est égal à plusieurs autres réunis. Le résultat de cette opérations se nomme "la somme ou total" .

On peut obtenir ce résultat par le calcul mental ou en effectuant une opération déterminée.

Pour démontrer que les nombres doivent être additionnés, ils sont séparés par le signe +. Le signe = est placé derrière le dernier nombre.

Exemple : $5.748 + 425 + 79.543 = 85.716$. Cela veut dire que 85.716 est la somme des trois nombres donnés.

2.1

Opération.

Pour effectuer une addition de nombres entiers, il faut écrire ces nombres de telle façon que les unités, dizaines, centaines se trouvent sous les unités, dizaines, centaines des nombres précédents.

Pour effectuer une addition de nombres décimaux, les virgules de tous les nombres doivent se trouver sur une même verticale.

Exemple 1

$$\begin{array}{r} 5.748 \\ 425 \\ + 79.543 \\ \hline \end{array}$$

85.716

Exemple 2

$$\begin{array}{r} 3,745 \\ 79,700 \\ + 0,0045 \\ \hline \end{array}$$

83,4495

Exemple 3

$$\begin{array}{r} 285 \\ 6,25 \\ + 10,75 \\ \hline \end{array}$$

302,00

Prenons l'exemple 1, commençons à droite et additionnons les chiffres de la ligne verticale, inscrivons les unités du nombre obtenu. Ayant obtenu 16, inscrivons 6 et comptons la dizaine avec les chiffres de la deuxième colonne verticale, on obtient alors 11, on inscrit 1 et ainsi de suite....

Pour les nombres décimaux, l'opération se fait de la même façon et la virgule est ensuite placée sous la ligne des virgules.

Exercices.

- 2.2 Un atelier reçoit dans la semaine en cours, successivement les quantités de gasoil suivantes : 223 tonnes, 537 tonnes et 180 tonnes.
Combien de tonnes de combustible a-t-on livrées ?
- 2.3 Une compagnie de chemins de fer possède 1.000 engins Diesel, 725 engins électriques, 4.450 voitures, 8.500 wagons tombereaux, 20.900 wagons plats, 10.500 wagons fermés et 2.510 wagons spéciaux.
Quel est le nombre total de véhicules ?
- 2.4 Le gain net mensuel d'un ouvrier est de 8.430 F. comme salaire, 1.036,7 F. de primes, 63,25 F. d'indemnité de nuit et une allocation familiale de 1.780 F.
Quel sera le salaire net reçu ?

Soustraction.

2.5

Définition.

La soustraction a pour but de trouver le nombre qui reste quand on retranche un nombre donné d'un nombre plus grand. Le résultat de cette opération s'appelle "reste ou différence".

Pour indiquer qu'un nombre doit être soustrait d'un autre on les sépare par le signe -. Le dernier nombre est suivi du signe =.

Exemple : $46.624 - 1.832 = 44.792$ ou différence.

2.6

Opération.

Pour faire une soustraction de nombres entiers ou décimaux, on écrit les nombres de la même façon que pour une addition.

$$\begin{array}{r} \text{Exemple 1} \quad 46.624 \\ - 1.832 \\ \hline \end{array}$$

44.792 = reste

$$\begin{array}{r} \text{Exemple 2} \quad 52,5462 \\ - 3,4852 \\ \hline \end{array}$$

49,0610 = reste

Commencer par la rangée de droite, soustraire le nombre inférieur du nombre supérieur et on obtient 2 (voir exemple 1). Lorsque le nombre inférieur est plus grand que le nombre supérieur, il faut ajouter 10 à celui-ci; donc $12 - 3 = 9$. Il faut alors ajouter 1 au nombre inférieur et on obtient $16 - 9 = 7$, etc...

Leçon n° 2.

cours 122.50

Exercices.

- 2.7 Une locomotive Diesel a une réserve de combustible de 4.000 litres.
De Bruxelles à Tournai et retour, elle consomme 675 litres.
Combien reste-t-il de combustible en réserve ?
- 2.8 Une locomotive doit effectuer un parcours de 340 km.
Après 2 heures, elle a parcouru 197 km.
Combien de km lui reste-t-il à faire ?
- 2.9 Un cheminot a comme salaire brut 10.800 F. On lui déduit 2.500 F. de taxe et oeuvres sociales et 325 F. pour la masse d'habillement.
Quel est le salaire net touché ?

Leçon n° 3.

Opérations (suite).

Multiplication.

3.0

Définition.

Si nous prenons 5 fois une quantité de 25, on peut effectuer $25 + 25 + 25 + 25 + 25 = 125$ ce qui est une addition normale. On remarque que cette façon d'opérer est peu pratique et peut provoquer des erreurs.

Le même résultat peut être obtenu en multipliant 25 par 5. Naturellement, il est supposé que les tables de multiplication sont connues.

Dans notre exemple, 25 s'appelle le multiplicande et 5 le multiplicateur. Ce sont les deux facteurs. Le résultat de l'opération se nomme "produit".

Le signe de la multiplication est \times .

3.1

Opérations.

De même que pour l'addition et la soustraction les nombres sont placés l'un sous l'autre de telle façon que les unités se trouvent sous les unités, les dixièmes sous les dixièmes, etc...

Exemple.

multiplicande	25	342	78.325	22,75
multiplicateur	$\times 5$	$\times 278$	$\times 725$	$\times 0,95$
produit	125	2736 2394 684	391625 156650 548275	11375 20475
		95.076	56.785.625	21,6125

Pour multiplier des nombres décimaux, l'opération est effectuée comme s'il n'existait aucune virgule et on sépare ensuite par une virgule à partir de la droite, dans le produit, autant de chiffres décimaux qu'il y en a dans les deux facteurs ensemble.

Remarque 1. Pour multiplier un nombre entier par 10 - 100 ou 1000, il suffit d'ajouter 1, 2 ou 3 zéros à droite de ce nombre.

Remarque 2. Pour multiplier un nombre décimal par 10, 100 ou 1000, il suffit d'avancer la virgule de 1, 2 ou 3 rangs vers la droite.

Remarque 3. Dans certaines opérations, le signe X est remplacé par un . ou simplement un espace.

365.4 ou 365 4.

Exercices.

- 3.2 En une semaine une locomotive parcourt 4.540 km. Combien de km parcourt-elle annuellement ?
- 3.3 Une locomotive Diesel a une consommation moyenne de 3 litres de gasoil au km. Quelle est la consommation annuelle de cette locomotive pour un parcours de 13.500 km par mois ?
- 3.4 Un litre de gasoil pèse 0,850 kg. Quel est le poids du combustible si le réservoir en contient 4.000 litres ?

Division.

- 3.5 Définition. La division a pour but de trouver combien de fois un nombre donné en contient un autre. Le résultat s'appelle quotient. Le signe de la division est :

Exemple $15 : 3 = 5$ 15 est le dividende
 ou 3 est le diviseur
 $\frac{15}{3} = 5$ 5 est le quotient ou résultat.

- 3.6 Opération.

Exemples $861 : 3 =$ $1066,03 : 785 =$ $176,4 : 0,00012 =$

$\begin{array}{r} 861 \quad \quad 3 \\ \underline{6} \\ 26 \\ \underline{24} \\ 21 \\ \underline{21} \\ 00 \end{array}$	$\begin{array}{r} 1066,03 \quad \quad 785 \\ \underline{785} \\ 2810 \\ \underline{2355} \\ 4553 \\ \underline{3925} \\ 6280 \\ \underline{6280} \\ 0 \end{array}$	$\begin{array}{r} 176640000 \quad \quad 12 \\ \underline{12} \\ 56 \\ \underline{48} \\ 84 \\ \underline{84} \\ 0 \end{array}$
--	---	---

Le dividende est placé à gauche tandis que le diviseur est placé à droite et entouré d'une ligne. Le quotient se place en-dessous de la ligne du diviseur.

Remarque 1.

Le diviseur ne peut jamais être un nombre décimal. On supprime la virgule de celui-ci et on déplace la virgule du dividende d'un nombre de chiffres vers la droite égal au nombre de chiffres décimaux dans le diviseur en ajoutant des 0, si nécessaire.

Remarque 2.

Pour diviser un nombre entier par 10 - 100 - 1000, etc. il suffit de placer une virgule en comptant à partir du dernier chiffre de droite autant de rangs vers la gauche qu'il y a de zéros derrière le chiffre 1.

$$3.454 : 10 = 345,4 \quad 3.454 : 100 = 34,54 \quad 3.454 : 1000 = 3,454.$$

Remarque 3.

Pour diviser un nombre décimal par 10 - 100 - 1000, etc., il suffit de reculer vers la gauche la virgule d'autant de rangs qu'il y a de zéros derrière le chiffre 1.

$$345,4 : 10 = 34,54 \quad 345,4 : 100 = 3,454 \quad 345,4 : 1000 = 0,3454.$$

Exercices.

- 3.7 Une locomotive a consommé 400 kg de gasoil sur le parcours Ostende - Bruxelles (distance 120 km). Combien consomme-t-elle par km ?
- 3.8 Un train composé de 28 wagons talbot et d'une locomotive pèse 1900 tonnes. Si la locomotive pèse 100 tonnes, quel est le poids d'un wagon ?
Si chaque wagon comporte 4 essieux et la locomotive 6 essieux,
Combien y a-t-il d'essieux dans le train ?
- 3.9 Un employé reçoit comme salaire 9.600 F. On lui soustrait 2.400 F. pour taxe, pension, etc... Combien a-t-il gagné à l'heure en travaillant 22 jours par mois pendant 8 h18' par jour ?

Leçon n° 3.

cours 122.50

Leçon n° 4.

Opérations (suite).

Puissance des nombres.

4.0

Définition.

Il peut arriver que les facteurs de la multiplication soient de même valeur. Exemple $10 \times 10 =$

On peut alors dire 10 au carré ^{ou 10} la deuxième puissance ce qui s'écrit 10^2 .

S'il y a trois nombres égaux à multiplier entre eux, exemple $10 \times 10 \times 10$ alors on peut dire 10 au cube ^{ou 10} à la troisième puissance : on écrit 10^3 .

Mais il peut arriver que l'on doive multiplier un nombre 7, 28 ou 54 fois par lui-même. On écrit alors 10^7 , 10^{28} , 10^{54}
On dit 10 à la 7^e puissance, 10 à la 28^e puissance et 10 à la 54^e puissance.

La puissance des nombres est donc une façon abrégée d'écrire une multiplication parfois très longue.

On applique également ce système pour écrire de très grands nombres.

Exemples : $99.000.000.000 = 99 \times 10^9$
 $63.000.000.000.000 = 63 \times 10^{12}$

Exercices.

- 4.1 Calculez 9^3 12^4
- 4.2 Ecrivez de façon abrégée : 1.000.000.000 et 4.800.000.
- 4.3 Calculez 10^6 et 1000×1000 . Quelle différence trouvez-vous ?

Résolution des calculs.

Maintenant que nous avons revu les opérations, nous pouvons simplifier les différents calculs et même extraire certains éléments se trouvant dans ceux-ci.

4.4

Simplification.

$$\frac{60 \times 15}{20} = \frac{6 \times 15}{2} = 3 \times 15$$
$$\frac{36 \times 80 \times 24}{18 \times 10 \times 24} = \frac{2 \times 8 \times 24}{1 \times 24} = 2 \times 8 = 16$$

Leçon n° 4
cours 122.50

2.

4.5

Résolution.

$$6 = 3 \times 2 \quad 3 = \frac{6}{2} \quad 2 = \frac{6}{3} \quad \text{attention : } 6 \text{ forme le produit de } 2 \times 3.$$

$$4 \times 6 = 12 \times 2 \quad 2 = \frac{4 \times 6}{12} \quad 12 = \frac{4 \times 6}{2} \quad 4 = \frac{12 \times 2}{6} \\ 6 = \frac{12 \times 2}{4}$$

Attention : le nombre déplacé d'un terme à un autre, se place en-dessous de l'autre terme.

$$120 = \frac{4 \times 6 \times 10}{2}$$

$$4 = \frac{120 \times 2}{6 \times 10} \quad 6 = \frac{120 \times 2}{4 \times 10} \quad 10 = \frac{120 \times 2}{4 \times 6} \quad 2 = \frac{4 \times 6 \times 10}{120}$$

Attention : quand cela concerne un nombre du terme supérieur, il faut inverser les deux termes.

S'il s'agit du nombre du terme inférieur, il suffit de changer l'emplacement.

Exercices.

4.6

Nous supposons que x représente un nombre inconnu.

$$\text{Calculez } x \text{ pour : } 26 = \frac{x}{3,5} \quad 12 \times x = 84 \quad 3 \times X = 42 \times 4$$

$$5 \times 30 = 25 \times X \quad 8 = \frac{60 \times X}{15 \times 4}$$

$$4 = \frac{30 \times 8}{5 \times X}$$

5.0 Définition.

Chaque unité peut être divisée en un certain nombre de parties égales.

Divisons une tarte en quatre parties égales. Chaque partie est un quart et s'écrit $\frac{1}{4}$. Cela représente une fraction de la tarte. On peut aussi prendre $\frac{2}{3}$ ou $\frac{3}{4}$ de cette tarte.

Le nombre supérieur s'appelle le "numérateur" et indique le nombre de parties que l'on a pris.

Le nombre inférieur appelé "dénominateur" indique en combien de parties égales on a divisé l'unité.

5.1 Fractions.

On trouve des fractions dont le numérateur est inférieur ou supérieur au dénominateur.

Exemples: $\frac{3}{4}$ $\frac{4}{5}$ $\frac{7}{9}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{8}{6}$ $\frac{11}{10}$

Remarque: Le rapport existant entre deux valeurs peut être exprimé par une fraction.

Exemples:

- a) Le rapport d'engrenages d'une locomotive est de $\frac{61}{16}$, cela veut dire que l'engrenage du moteur a 16 dents et que celui de l'essieu en a 61;
- b) Mesurons la largeur et la longueur d'une salle. La largeur est de 15 m et sa longueur est de 20 m. On dit que le rapport de sa largeur à sa longueur est $\frac{15}{20}$ ou $\frac{3}{4}$.

5.2 Nombres fractionnaires.

On appelle nombre fractionnaire, un nombre composé d'un nombre entier et d'une fraction.

Exemple: On dit 2 unités 3 quarts, on écrit $2\frac{3}{4}$.

5.3 Conversion des nombres entiers en fractions et vice-versa.

Soit à convertir un nombre entier par exemple 4 en cinquièmes. Puisque 1 unité vaut 5 cinquièmes, 4 unités valent $4 \times 5 = 20$ cinquièmes ou $4 = \frac{20}{5}$.

2.

Règle. Pour convertir un nombre entier en fraction, il suffit de multiplier ce nombre par le dénominateur demandé et on obtient le numérateur de la fraction cherchée.

Soit à convertir la fraction $\frac{28}{4}$ en nombre entier.

Puisque 4 quarts valent 1 unité, 28 quarts valent $28 : 4 = 7$ unités ou $\frac{28}{4} = 7$.

Règle. Pour convertir une fraction en nombre entier, il suffit de diviser le numérateur par le dénominateur.

5.4 Conversion des nombres fractionnaires en fractions et vice-versa.

Soit à convertir $2\frac{3}{4}$ en fraction.

Puisque 2 unités valent $2 \times 4 = 8$ quarts, $2\frac{3}{4}$ valent $8 + 3 = \frac{11}{4}$.

Règle. Pour convertir un nombre fractionnaire en fraction, on multiplie le nombre entier par le dénominateur de la fraction et on ajoute le produit au numérateur de la fraction.

Soit à convertir $\frac{27}{5}$ en nombre fractionnaire.

Puisqu'il y a autant d'unités que 5 cinquièmes sont contenus dans 27 cinquièmes. On a $27 : 5 = 5$ et il reste $\frac{2}{5}$ donc $\frac{27}{5} = 5\frac{2}{5}$.

Règle. Pour convertir une fraction en nombre fractionnaire, on divise le numérateur par le dénominateur, on inscrit comme unité le quotient et le reste est le nouveau numérateur de la fraction.

5.5 Conversion des fractions en nombres décimaux.

Soit à convertir $\frac{7}{8}$ en nombre décimal.

$\frac{7}{8}$ est égal à $7 : 8 = 0,875$.

Règle: Pour convertir une fraction en nombre décimal, il suffit de diviser le numérateur par le dénominateur.

Exercices.

5.6 Convertir:

1. les nombres 6; 9; 15 en quart, sixième et en huitième

2. Les fractions: $\frac{25}{5}$; $\frac{27}{3}$; $\frac{72}{12}$ en nombres entiers.

5.7

Convertir:

1. Les nombres fractionnaires $5\frac{3}{5}$; $6\frac{2}{3}$; $15\frac{9}{11}$ en fractions.

2. Les fractions: $\frac{65}{4}$; $\frac{55}{6}$; $\frac{43}{8}$ en nombres fractionnaires.

5.8

Convertir: les fractions $\frac{5}{8}$; $\frac{3}{4}$; $\frac{15}{20}$ en nombre décimaux.

Leçon n° 5

cours 122,50

6.0 Simplification des fractions.

Simplifier une fraction consiste à écrire une fraction de même valeur avec numérateur et dénominateur le plus petit possible.

$$\frac{75}{100} = \frac{3}{4} \quad \text{les deux termes sont divisés par 25.}$$

$$\frac{56}{72} = \frac{7}{9} \quad \text{les deux termes sont divisés par 8.}$$

Règle.

Pour simplifier une fraction, il faut diviser le numérateur et le dénominateur par un même nombre.

Opérations.

6.1 Addition.

Pour additionner des fractions ayant le même dénominateur, on additionne les numérateurs et on obtient le nouveau numérateur tout en gardant le même dénominateur.

$$\frac{2}{5} + \frac{3}{5} + \frac{4}{5} = \frac{9}{5} \quad \text{ou } 1 \frac{4}{5}$$

$$\frac{2}{7} + \frac{6}{7} + \frac{5}{7} = \frac{13}{7} \quad \text{ou } 1 \frac{6}{7}$$

Remarque.

Si les fractions à additionner n'ont pas le même dénominateur, il faut les réduire au même dénominateur.

$$\frac{3}{4} + \frac{2}{3} + \frac{5}{6} = \frac{9}{12} + \frac{8}{12} + \frac{10}{12} = \frac{27}{12} \quad \text{ou } 2 \frac{3}{12} \quad \text{ou } 2 \frac{1}{4}$$

6.2 Soustraction.

Pour soustraire une fraction d'une autre fraction ayant le même dénominateur, il suffit de retrancher le numérateur de la fraction à soustraire du numérateur de l'autre fraction. On obtient le nouveau numérateur tout en gardant le même dénominateur.

$$\frac{6}{9} - \frac{2}{9} = \frac{4}{9}$$

$$\frac{9}{11} - \frac{7}{11} = \frac{2}{11}$$

Remarque.

Si les deux fractions d'une soustraction n'ont pas le même dénominateur, il faut les réduire au même dénominateur.

2.

$$\frac{3}{4} - \frac{2}{3} = \frac{9}{12} - \frac{8}{12} = \frac{1}{12}$$

6.3 Multiplication.

Pour multiplier des fractions entre elles, on multiplie les numérateurs entre eux et on obtient le nouveau numérateur, ensuite on multiplie les dénominateurs entre eux pour obtenir le nouveau dénominateur.

$$\frac{3}{4} \times \frac{5}{8} = \frac{3 \times 5}{4 \times 8} = \frac{15}{32}$$

$$\frac{4}{5} \times \frac{2}{3} \times \frac{5}{6} = \frac{4 \times 2 \times 5}{5 \times 3 \times 6} = \frac{40}{90} \text{ ou } \frac{4}{9}$$

6.4 Division.

Pour diviser une fraction par une autre, on multiplie la fraction dividende par la fraction diviseur renversée.

$$\frac{3}{4} : \frac{5}{8} = \frac{3}{4} \times \frac{8}{5} = \frac{3 \times 8}{4 \times 5} = \frac{24}{20} \text{ ou } 1\frac{4}{20} \text{ ou } 1\frac{1}{5}$$

$$\frac{5}{7} : \frac{2}{3} = \frac{5}{7} \times \frac{3}{2} = \frac{5 \times 3}{7 \times 2} = \frac{15}{14} \text{ ou } 1\frac{1}{14}$$

Exercices.

6.5 Additionnez : $\frac{4}{5} + \frac{7}{9} + \frac{2}{3} + \frac{11}{15} =$

6.6 Soustrayez : $1\frac{4}{30} - \frac{15}{30} =$, $\frac{23}{27} - \frac{7}{9} =$

6.7 Multipliez : $\frac{5}{7} \times \frac{3}{4} =$, $\frac{2}{5} \times \frac{4}{12} \times \frac{5}{7} =$

6.8 Divisez : $\frac{21}{24} : \frac{2}{3} =$, $\frac{5}{9} : \frac{3}{4} =$

Leçon n° 7.

7.0 Calcul des pourcentages.

Certaines valeurs sont parfois données en pourcentage, c'est-à-dire que l'on exprime une valeur par rapport à cent (100).

Ainsi, on dira : on paie quinze pour cent de contributions, on écrira 15 % ou 15/100 ou 0,15. Donc sur cent unités on prend comme valeur quinze unités.

Pour calculer 15 % de L 265, on opère de la façon suivante :

on divise 1265 par 100 et on multiplie par 15.

$$\frac{1265 \times 15}{100} = 12,65 \times 15 = 189,75.$$

Exemple.

L'effort de traction au crochet est égal à 25 % du poids adhérent de la locomotive qui pèse 96 000 kg. Calculez la valeur de l'effort au crochet?

Solution { $\frac{96.000 \times 0,25}{100} \text{ daN} = 23.535,96 \text{ daN.}$

Exercices.

- 7.1 Un moteur Diesel consomme par heure une quantité de combustible pouvant produire 12×10^6 joules, on sait que 1/3 ou 33,33 % des joules sont évacuées par les gaz d'échappement et une même quantité absorbée par l'eau de refroidissement. Quel est le nombre de joules transformées utilement?
- 7.2 Si le pourcentage de matières grasses d'un lubrifiant est de 75 %, combien de kg d'autres matières trouve-t-on dans un fût contenant 236 kg d'huile de graissage?
- 7.3 La chaudière de chauffage Vapor Heating transforme 90 % de l'eau en vapeur. Quelle est la quantité d'eau non transformée en vapeur si pour le parcours Anvers-Charleroi et retour la consommation est de 2158 litres d'eau?

Remarque.

Le calcul des pourcentages trouve une application dans les calculs de rendement, consommation, perte, gain, etc...

Leçon n° 8.

REGLE DE TROIS.

8.0 Définition.

Beaucoup de problèmes élémentaires d'arithmétique peuvent se résoudre par un raisonnement appelé "règle de trois" ou méthode de réduction à l'unité.

La règle de trois simple a pour objet de fournir le terme inconnu d'une proportion dont les 3 autres termes sont donnés.

Remarque.

Il faut toujours commencer par écrire à droite le nombre qui correspond à la nature de l'unité qui fait l'objet de la question posée.

Exemple.

Une locomotive Diesel a consommé 125 litres de gasoil pour un parcours de 50 km. Qu'aurait-elle consommé si elle avait parcouru 90 km?

Pour 50 km, la locomotive consomme	125 litres.
1 km	$\frac{125}{50}$ litres
90 km,	$\frac{125 \times 90}{50} = 225$ litres de gasoil.

Exercices.

- 8.1 Le chauffage d'un train de 6 voitures provoque une consommation d'eau de 300 litres par heure. Quelle serait la consommation d'eau pour un train de 9 voitures?
- 8.2 Un moteur Diesel à 6 cylindres a une puissance nominale de 300 kW. Quelle serait sa puissance si le moteur comportait 8 cylindres?
- 8.3 L'intérêt d'un certain capital placé au taux de 4 % est de 3600 F. Quel serait l'intérêt si le capital était placé à 3,5 %?

MESURES.

Mesures de longueur.

9.0 Définition.

Pour mesurer les longueur, largeur, hauteur, profondeur et épaisseur, on utilise les mesures de longueur.

L'unité est le mètre (m).

Afin d'avoir la possibilité de mesurer différentes dimensions, on fait usage de multiples et sous-multiples décimaux.

Multiples : décamètre (dam) = 10 m.

hectomètre (hm) = 100 m.

kilomètre (km) = 1000 m.

Sous-multiples : décimètre (dm) = 0,1 m.

centimètre (cm) = 0,01 m.

millimètre (mm) = 0,001 m.

On utilise aussi les sous-multiples du millimètre.

Exercices.

9.1 Transformez en m : 6,7 km 4,2 hm 0,6 km

9.2 " en cm : 302 m 5,6 dm 222 mm

9.3 " en mm : 4 km 32 m 64 cm

Mesures de surface.

9.4 Définition.

Pour mesurer une surface on utilise le mètre carré (m²) qui correspond à un carré ayant un mètre de côté comme dimensions.

L'unité de surface est le m².

On emploie parfois les multiples et sous-multiples décimaux pour mesurer les différentes surfaces.

Multiples : décamètre carré (dam²) = 100 m²

hectomètre carré (hm²) = 10 000 m²

kilomètre carré (km²) = 1 000 000 m²

2.

Sous-multiples : décimètre carré (dm²) = 0,01 m²
centimètre carré (cm²) = 0,000 1 m²
millimètre carré (mm²) = 0,000 001 m²

Règle.

Les mesures de surface sont toujours 100 fois plus grandes ou 100 fois plus petites que celle qui la suit ou la précède.

Calcul des surfaces, périmètres et circonférences.

9.5 Carré - Fig. 9.1.

Un carré est une surface ayant 4 côtés égaux et 4 angles droits.

Périmètre : est égal à 4 fois la longueur d'un côté.

Exemple : Le périmètre d'un carré ayant 3 cm de côté =
 $3 \text{ cm} \times 4 = 12 \text{ cm}$.

Surface : est égale au produit de la longueur d'un côté multipliée par elle-même.

Exemple : La surface d'un carré ayant 3 cm de côté =
 $3 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} = 9 \text{ cm}^2$.

9.6 Rectangle - Fig. 9.2.

Un rectangle est une surface ayant les 4 côtés égaux deux à deux et 4 angles droits.

Périmètre : est égal à 2 fois la longueur du grand côté plus 2 fois la longueur du petit côté (largeur).

Exemple : Le périmètre d'un rectangle ayant une longueur de 4 cm et une largeur de 3 cm =
 $(4 \text{ cm} \times 2) + (3 \text{ cm} \times 2) = 8 \text{ cm} + 6 \text{ cm} = 14 \text{ cm}$.

Surface : est égale au produit de la longueur par la largeur.

Exemple : La surface d'un rectangle ayant 4 cm de longueur et 3 cm de largeur est égale au produit de :
 $4 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} = 12 \text{ cm}^2$.

9.7 Triangle - Fig. 9.3 - 9.4 et 9.5.

Le triangle est une surface limitée par 3 côtés (égaux ou différents).

Périmètre : est égal à la somme des 3 côtés.

Exemple : Le périmètre d'un triangle ayant comme côtés
3 cm, 4 cm et 5 cm = 3 cm + 4 cm + 5 cm = 12 cm.

Surface : est égale au produit de la base multipliée par
la moitié de la hauteur.

Exemple : La surface d'un triangle ayant une base de 4 cm
et une hauteur de 3,5 cm est égale au produit de
4 cm x $\frac{3,5 \text{ cm}}{2}$ = 7 cm².

9.8

Cercle - Fig. 9.6.

Un cercle est une surface dont tous les points du
périmètre (circonférence) sont à égale distance du centre.

Le diamètre est égal à 2 fois le rayon du cercle.

Le diamètre est contenu 3,14 fois dans la longueur de
la circonférence : $3,14 = \frac{22}{7} = \pi$ (lettre grecque).

Circonférence : d'un cercle est égale à :

$$\text{rayon (R)} \times 2 \times 3,14 \quad (\text{R} \times 2 \times 3,14)$$

$$\text{diamètre (D)} \times 3,14 \quad (\text{D} \times 3,14)$$

Exemple : La circonférence d'un cercle ayant un diamètre
de 6 cm =

$$6 \text{ cm} \times 3,14 = 18,84 \text{ cm.}$$

Surface : est égale à :

$$\text{rayon} \times \text{rayon} \times 3,14 = (\text{R}^2 \times 3,14)$$

$$\frac{\text{diamètre} \times \text{diamètre} \times 3,14}{4} = \frac{(\text{D}^2 \times 3,14)}{4}$$

Exemple : La surface d'un cercle ayant un rayon de 4 cm
est égale à :

$$4 \text{ cm} \times 4 \text{ cm} \times 3,14 = 50,24 \text{ cm}^2$$

$$\text{ou} \quad \frac{(8 \text{ cm})^2 \times 3,14}{4} = 50,24 \text{ cm}^2$$

Exercices.

9.9

Quelle est la surface libre dans la salle des machines
ayant comme longueur 12 m, largeur 3,1 m si le moteur Diesel
et les auxiliaires occupent une surface de 26 m² ?

4.

9.10 Calculez la surface en cm^2 d'un piston d'un moteur Diesel ayant un diamètre de $0,32 \text{ m}$?

9.11 Quelle est la surface de terrain occupée par un triangle de virage si l'on mesure sur le plan une base de 180 m et une hauteur de 230 m ?

Leçon n° 9.

cours 122.50

Leçon n°10.

VOLUMES

Calcul de volume.

10.0 Définition.

Pour exprimer un volume ou une capacité on utilise le mètre cube (m^3) ou un cube ayant une dimension de 1m pour chacun de ses côtés.

L'unité des mesures de volumes est le m^3 .

On utilise aussi les sous-multiples pour mesurer les volumes.

Sous multiples : décimètre cube (dm^3) = 0,001 m^3

centimètre cube (cm^3) = 0,000 001 m^3

millimètre cube (mm^3) = 0,000 000 001 m^3

Les unités de volume sont de 1000 en 1000 fois plus grandes.

Pour mesurer les capacités on utilise généralement le litre (l) qui est dans ce cas pris comme unité. Le litre est égal à 1 dm^3 .

Multiples :

hectolitre (hl) = 100 litres = 100 dm^3

Sous-multiples

millilitre (ml) = $\frac{1}{1000}$ de l = 0,001 dm^3

Calcul des volumes.

10.1 Cube - Fig. 10.1.

Un cube est un bloc ou bac ayant 6 faces carrées ayant la même surface.

On obtient le volume d'un cube en élevant la longueur d'un côté à la 3^e puissance.

Exemple. Le volume d'un récipient cubique ayant comme dimension d'un côté 5 cm = 5cm x 5 cm x 5 cm = 125 cm^3 = 0,125 dm^3 = 0,125 litre.

2.

10.2 Parallélépipède - Fig. 10.2.

Le parallélépipède est un bloc ou récipient ayant 6 faces égales deux à deux.

On obtient le volume d'un parallélépipède en multipliant la longueur par la largeur et ensuite par la hauteur ou l'épaisseur.

Exemple. Le volume d'un réservoir parallélépipédique ayant 10 cm de longueur, 6 cm de largeur et 4 cm de hauteur = $10 \text{ cm} \times 6 \text{ cm} \times 4 \text{ cm} = 240 \text{ cm}^3$ ou $0,240 \text{ dm}^3$ ou $0,24$ litre.

10.3 Cylindre - Fig. 10.3 et 10.4.

Un cylindre est un réservoir ou bloc ayant les surfaces supérieure et inférieure en forme de cercle et de même dimension.

On obtient le volume ou capacité d'un cylindre en multipliant la surface de la base par la hauteur.

Exemple. Le volume d'un cylindre ayant comme diamètre de base 50 cm et comme hauteur 60 cm est égal à

$$\text{surface de la base} = \frac{50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} \times 3,14}{4} = 1\,963,5 \text{ cm}^2$$

$$\text{volume} = 1\,963,5 \text{ cm}^2 \times 60 \text{ cm} = 117\,810 \text{ cm}^3 \text{ ou } 117,810 \text{ dm}^3 \text{ ou } 117,81 \text{ litres.}$$

Exercices.

10.4 Dans la lampisterie se trouve un récipient cubique ayant 1,2 m de longueur de côté. Combien de litres d'huile contient ce réservoir s'il est rempli aux $\frac{3}{4}$?

10.5 Le réservoir de la chaudière de chauffage d'une locomotive **série 59** a comme dimensions : longueur 1,61 m, largeur 1,56 m, hauteur 1,2 m.

Combien de litres d'eau peut contenir ce réservoir ?

10.6 Les cylindres du moteur Diesel des locomotives **série 51** ont un diamètre de 324 mm. Quand le piston se trouve au bas de sa course la longueur est de 400 mm.

Quelle est la capacité d'un cylindre en cm^3 ?

Leçon n° 10.

cours 122.50

Masse.10.7 Définition.

Toute matière ou corps se trouvant sur terre à une certaine pesanteur.

L'unité de masse est le kilogramme (kg). Ce dernier est égal à la masse de prototype international du kilogramme en platine-iridium accepté par la 3e conférence générale des poids et mesures.

Le multiple du kg est la tonne (t).

Les sous-multiples sont le gramme (g) et le milligramme (mg).

10.8 Masse spécifique.

La masse spécifique d'une matière est la masse d'un m³ de celle-ci.

Toutes les matières ont une masse spécifique différente qui dépend de leur nature.

Exemples :

1 m ³ d'eau distillée	à une masse de	1.000 kg.
1 " de gasoil	" " " "	850 kg.
1 " d'air	" " " "	1,293 kg.

10.9 Calcul des masses.

Pour pouvoir calculer la masse, on doit connaître soit la masse spécifique de la matière, soit la masse par pièce ou par mesure.

Exemples :

La masse spécifique du bois de chêne sec est 785 kg/m³
 Une barre de fer à une masse de 60 kg.

Exercices :

10.10 Un réservoir contient 2.500 litres de gasoil. Sachant que la masse spécifique du gasoil est 850 kg/m³. Quelle est la masse totale du combustible.

10.11 Une locomotive est équipée de 8 bacs à sable. Chaque bac contient 5 seaux de 10 litres de sable dont la masse est de 1.410 kg/m^3 . Quelle est la masse totale du sable ? ^{masse spécifique}

10.12 Sur certaines lignes de la S.N.C.B., la charge admise par essieu est de 24 tonnes. On veut construire une locomotive à 6 essieux. Quelle sera la masse maximale en ordre de marche admise pour celle-ci ?

PHYSIQUE.

CHALEUR ET TEMPERATURE.

11.0 Définition.

Allumons un réchaud à gaz et plaçons sur celui-ci un récipient rempli d'eau froide.

Si nous plongeons la main dans l'eau nous remarquons qu'elle devient de plus en plus chaude.

Cause. La flamme cède de la chaleur à l'eau.

Effet. La température de l'eau augmente.

La chaleur est la cause qui provoque toute élévation de température.

La température est l'effet d'un apport ou d'un retrait de chaleur d'un corps.

Application : Si nous brûlons une certaine quantité de gasoil, nous obtenons de la chaleur qui, transmise à un corps, va provoquer une augmentation de la température de celui-ci.

11.1 Unité de température.

L'unité de température est le degré **Celsius**

Différentes échelles étant utilisées pour exprimer la température, on obtient donc des valeurs différentes du degré.

Les échelles les plus utilisées sont :

a) l'échelle Celsius pour les températures usuelles.

b) l'échelle Kelvin (K) pour les températures thermodynamiques.

Pour l'échelle Celsius, la température de 0° correspond à celle de la glace fondante, tandis que celle de l'eau en ébullition sous pression atmosphérique est de 100 ° C.

La comparaison des deux échelles des températures est la suivante :

glace fondante	Celsius 0°	Kelvin	273K.
ébullition de l'eau (pression atm)	100°C	"	373 K.

Transformation.

La température thermodynamique transformée en échelle Celsius est obtenue en ajoutant 273° à la température mesurée.

$$K = t^{\circ} C + 273.$$

Exemples.

$100^{\circ}C$ correspond à $100^{\circ}K + 273^{\circ} = 373^{\circ}K$

$0^{\circ}K$ équivaut à $-273^{\circ}C$.

Remarque : le point absolu situé à $-273^{\circ}C$ est la température la plus basse possible.

11.2 Quantité de chaleur.a) Unité.

L'unité de quantité chaleur est le joule (J).

Avec un joule, on peut augmenter la température de $0,2388$ grammes d'eau pure de $1^{\circ}C$.

Exemple.

Soit à calculer la chaleur nécessaire pour élever de 10 à $85^{\circ}C$ la température de 50 litres d'eau.

- Pour élever de $1^{\circ}C$ la température de 1 l d'eau, il faut $4.186,8$ joules.
- Pour élever de $1^{\circ}C$ la température de 50 l d'eau, il faut $4.186,8 \times 50 = 209.340$ J.
- Pour élever de $75^{\circ}C$ la température de 50 l d'eau, il faut $4.186,8 \times 50 \times 75 = 15.700.500$ J.

b) Chaleur spécifique.

La chaleur spécifique d'une matière est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de $1^{\circ}C$ la température de 1 kg de la matière considérée (J/kg-degré).

La chaleur spécifique de l'eau est donc $4.186,8$ J/kg-deg.

La chaleur spécifique des matières suivantes est de :
 huile : 1674 J/kg deg. - gasoil : 1674 J/kg deg. - air : 996 J/kg deg.

c) Quantité de chaleur.

La quantité de chaleur dégagée par la combustion complète varie suivant la nature du combustible.

La quantité de chaleur, exprimée en joules, dégagée par la combustion complète de 1 kg de combustible (solide ou liquide) ou de 1 m³ de combustible (gazeux) est donnée ci-après :

gasoil : 43.961.400 J	gaz de ville : 16.747.200 J
charbon : 31.401.000 J	gaz naturel : 33.494.400 J

11.3 Mesure de la température.

Pour mesurer les températures, on utilise des appareils appelés thermomètres et pyromètres.

Les thermomètres et pyromètres permettent de déterminer la température des corps avec lesquels ils sont en contact.

Il existe deux types de thermomètres :

- les appareils ordinaires (à liquide);
- les appareils industriels.

11.4 Production de chaleur.

La production de chaleur peut être obtenue par :

- a) combustion;
- b) compression d'un gaz;
- c) frottement;
- d) réaction chimique;
- e) courant électrique.

La production de chaleur par combustion est la plus couramment utilisée. Les combustibles utilisés peuvent être solides, liquides ou gazeux.

La compression d'un gaz permet le dégagement d'une certaine quantité de chaleur.

Exemples : Quant vous gonflez le pneu d'un vélo, vous remarquerez que le corps de la pompe s'échauffe.

Dans un moteur Diesel, la compression de l'air admis dans le cylindre provoque une hausse de température de celui-ci.

11.5 Transmission de chaleur.

1e Observation : (fig. 11.1).

Chauffons l'extrémité d'un fil de cuivre en la plaçant au-dessus d'une flamme. Nous remarquons que l'extrémité qui n'est pas en contact avec la flamme devient rapidement très chaude.

La chaleur s'est transmise progressivement d'un bout à l'autre du fil de cuivre par conductibilité.

2e Observation : (fig. 11.2).

Plaçons-nous devant une source de chaleur, un foyer par exemple, nous sentirons distinctement la chaleur dégagée.

Nous sentons également la chaleur du soleil. Cette chaleur nous est transmise par rayonnement.

3e Observation : (fig. 11.3).

Faisons bouillir de l'eau dans un récipient transparent. Jetons-y de la sciure de bois.

Nous remarquons que la sciure prend un mouvement ascendant et descendant. Ce mouvement se produit parce que l'eau chaude, plus légère que l'eau froide, tend à monter tandis que l'eau froide descend et vient se réchauffer au contact de la paroi chaude du récipient.

L'échauffement du liquide se produit grâce à des courants internes qui sont dus à la différence de densité des diverses couches du liquide.

Cette transmission de chaleur se fait par convection.

Les divers modes de transmission de chaleur sont donc : la conductibilité, le rayonnement et la convection.

La chaleur se transmet : - par conductibilité dans les métaux;
 - par convection dans les liquides et les gaz;
 - par rayonnement dans les deux cas.

Tous les corps n'ont pas la même conductibilité, c'est-à-dire, qu'ils ne transmettent pas la chaleur aussi rapidement.

A titre d'exemple, voici la conductibilité de certains corps comparée à celle de l'argent prise pour unité :

argent	: 1	verre	: 0,008
cuiivre	: 0,92	sable	: 0,0028
aluminium	: 0,48	bois (chêne)	: 0,0021
fer	: 0,15	amiante	: 0,0005

Les liquides et les gaz ont une mauvaise conductibilité.

Exercices :

- 11.6 Quelle est la température Celsius d'un corps si la température thermodynamique est de 295 K ?
- 11.7 Une source de chaleur apporte 2.000.000 de joules à l'eau contenue dans un réservoir. Si la quantité d'eau est de 75 litres et sa température initiale de 20° C, quelle sera sa température après l'apport de chaleur ?
- 11.8 Un moteur Diesel consomme 96 kg de gasoil à l'heure. Un tiers de la chaleur est évacuée par les gaz d'échappement et un tiers par l'eau de refroidissement. Quelle est la quantité de joules transformés en travail mécanique?

PRESSION, VOLUME ET TEMPERATURE DES GAZ.

12.0 Pression atmosphérique.

Une épaisse couche d'air, que l'on appelle atmosphère, entoure la terre.

Cet air ayant une certaine masse, la zone supérieure presse sur les zones inférieures. La poussée développée par l'air grandit au fur et à mesure qu'on se rapproche du sol, l'épaisseur de la couche d'air devenant plus grande.

La pression atmosphérique moyenne est de 101.325 N/m^2 ou $1,01325 \text{ bar}$.

Exemple. Remplissons un verre d'eau jusqu'au bord, couvrons-le d'un papier bien appliqué sur le bord. Retournons le verre, nous constatons que l'eau ne tombe pas.

Pour mesurer uniquement la pression atmosphérique, on utilise les baromètres, tandis que pour les pressions des liquides et des gaz, on utilise des manomètres.

12.1 Dépression et surpression.

Lorsque la pression d'un gaz est inférieure à la pression atmosphérique, on dit qu'il y a dépression dans l'enceinte contenant ce gaz.

Si par contre la pression est supérieure à la pression atmosphérique, il y a surpression.

Exemples :

Pendant la phase d'admission dans un moteur Diesel non suralimenté il y a dépression de $0,03$ à $0,05 \text{ bar}$ dans le cylindre.

Pendant la phase d'échappement, la pression des gaz est de $0,3$ à $0,4 \text{ bar}$ supérieure à la pression atmosphérique. Il y a donc surpression.

12.2 Pression absolue, pression effective.

Lorsque l'aiguille d'un manomètre (ordinaire) indique zéro, la pression réelle existante est égale à la pression atmosphérique.

2.

Un manomètre indiquant une pression quelconque donne donc la valeur de la pression supérieure à la pression atmosphérique. On lui donne le nom de "pression effective".

La pression réellement existante est donc égale à la pression atmosphérique plus la pression effective et s'appelle la pression absolue.

Pression absolue = pression effective + 1,01325 bar.

12.3 Etat d'un gaz.

Tous les gaz quelque soit leur nature se trouvent dans un état bien déterminé.

Cet état est défini à chaque instant par :

- le volume occupé par le gaz en m³ ou parfois en litres.
- la pression de ce gaz en bar;
- la température du gaz en °C.

Ces trois facteurs sont constamment liés entre eux.

Transformation d'état d'un gaz.

Il y a transformation d'état d'un gaz lorsque un ou plusieurs des trois facteurs : pression, volume, température, varie.

Les principales transformations d'état d'un gaz sont les suivantes :

12.4 Transformation à température constante (fig. 12.1).

Prenons un cylindre rendu étanche par un piston. Le piston se trouvant à son point extrême droit, a créé le plus grand volume qui est rempli d'air à la pression de 1 bar.

Déplaçons le piston de façon à réduire le volume de moitié tout en maintenant la température initiale. Nous constatons que la pression a doublé.

Réduisons le volume au quart du volume initial, nous constatons que la pression est quatre fois plus grande et ainsi de suite.

Si inversement nous augmentons le volume, la pression diminue dans les mêmes proportions.

Règle. Dans une transformation à température constante, la variation de la pression du gaz est en fonction inverse de la variation de volume (1,2,4 - 1,1/2,1/4).

Remarque. ~~Seule~~ la pression et le volume ont changé .

12.5 Transformation à volume constant (fig. 12.2).

Prenons un réservoir rempli d'air à une certaine pression. Chauffons ce réservoir à l'aide d'une source de chaleur et nous constatons que la température et la pression de l'air augmentent.

Si nous refroidissons le réservoir, nous constatons une baisse de température et de pression de l'air.

Règle. Dans une transformation à volume constant, la pression varie en fonction de la hausse ou de la baisse de température du gaz.

12.6 Transformation à pression constante (fig. 12.3)

Prenons un cylindre rendu étanche par un piston se trouvant dans une position intermédiaire. Notons la pression et la température existant à ce moment.

Chauffons l'air se trouvant dans le cylindre et déplaçons le piston pour maintenir la pression constante, nous constatons qu'il y a uniquement hausse de température et augmentation de volume.

Inversement, en refroidissant l'air, pour maintenir la pression constante, il devra y avoir diminution de volume.

Règle. Pour maintenir une pression constante, la variation de volume doit être en fonction de la variation de température.

12.1 Transformation pression - volume - température.

C'est celle qui se produit sans absorption ou apport ou cession ou retrait de chaleur, quelle que soit la variation de volume ou de pression.

Cette transformation entraîne :

soit : - une diminution de volume.
 - une augmentation de pression.
 - une augmentation de température.

soit : - une augmentation de volume.
 - une diminution de pression.
 - une diminution de température.

Règle. Dans cette transformation, l'augmentation ou la diminution de la pression est fonction des variations de volume et en même temps de température.

FORCE (F).

13.0 Définition.

Un corps ne peut de lui-même changer son état de repos ou de mouvement; il faut dans ce cas lui appliquer une force. (Fig. 13.1).

La force est la cause qui tend à modifier l'état de repos ou de mouvement d'un corps.

13.1 Origine.

La force peut avoir différentes origines : musculaire, du vent, de l'eau, de l'élasticité des gaz, de l'électricité, de la pesanteur, etc...

Les forces pouvant provoquer ou changer un mouvement sont des forces d'action.

Exemples : la force de traction sur une rame de wagons, la force de la pesanteur d'un marteau pilon.

Les forces, qui s'opposent au mouvement, sont des forces résistantes. (Fig. 13.2).

Exemples : le freinage, l'air, les rampes, les courbes.

13.2 Mesure des forces.

On peut mesurer toutes les forces au moyen d'appareils adaptés. (Fig. 13.3 et 13.4).

Exemples : bascule, dynamomètre, manomètre.

On prend pour unité de force le **newton (N)** ou son multiple le **daN**.

13.3 Eléments d'une force (F).

- a) point d'application : c'est le point où agit la force.
- b) direction : c'est la ligne suivie par le point d'application lorsque le corps se déplace.
- c) sens : suivant la direction, le corps peut se déplacer à gauche, à droite, vers le haut ou vers le bas.
On parle aussi de sens positif et négatif.

2.

d) grandeur ou intensité : s'exprime en N ou daN .

Une force (F) est représentée symboliquement comme aux fig. 13.5 - 13.6 et 13.7.

La grandeur d'une force est souvent représentée par la longueur d'une flèche dessinée à une certaine échelle.

13.4

Composition des forces.

Composer des forces, c'est en rechercher une autre qui produit le même effet.

1er cas : Deux forces travaillent ensemble sur la même ligne de direction. (Fig. 13.8 et 13.9).

Pour obtenir la force résultante, il suffit d'additionner les deux forces.

2e cas : Deux forces sont opposées sur la même ligne de direction (fig. 13.10 et 13.11).

On obtient la force résultante en soustrayant les deux forces l'une de l'autre. Le sens de la résultante est celui de la plus grande force.

3e cas : Deux forces ont le même point d'application mais l'action se situe sur des lignes de direction différentes. (fig. 13.12 et 13.13).

Nous tirons deux lignes parallèles à chacune des forces; on obtient ainsi un parallélogramme. En reliant par une droite le point d'application au point de rencontre des deux parallèles, on obtient la force résultante.

Le sens de la force est celle de la résultante. Sa grandeur se mesure suivant l'échelle adoptée.

13.5

Décomposition d'une force (fig. 13.14 et 13.15).

Décomposer une force, c'est en rechercher plusieurs autres de directions données qui produiraient le même effet.

Une force (F) représente la résultante de deux forces inconnues agissant sur deux lignes de direction connue.

On tire à partir de l'extrémité de F , deux lignes parallèles aux lignes de direction des forces cherchées. On obtient ainsi un parallélogramme ayant pour diagonale la force donnée. Les forces recherchées ont leur valeur donnée par les côtés du parallélogramme mesurés à l'échelle.

TRAVAIL. (W)

14.0 Définition.

Un cheval tiré sur un chariot embourbé (fig. 14.1). Si le chariot ne se déplace pas, le cheval se fatigue en vain malgré ses efforts.

Lorsque le chariot se déplace (fig. 14.2) un travail est alors produit.

Chaque fois que le point d'application se déplace sous l'action d'une force, un travail mécanique est produit.

14.1 Unité de travail (joule=J)

La fig. 14.3 représente Paul, Jacques et Pierre produisant un certain travail tandis que Jules tout en se fatiguant, ne produit aucun travail.

Nous constatons :

travail = force x espace parcouru
$W = F \times S$

Cette formule est valable pour tous les mouvements rectilignes, circulaires et variables, se déplaçant vers le haut, le bas, la gauche ou la droite.

L'unité de travail est le joule.

Le joule est le travail produit lorsque le point d'application de 1 newton de force se déplace sur une distance égale à un mètre dans la direction de la force.

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws (watt-seconde).}$$

Exercices.

14.2 Une pompe à eau refoule 600 l. d'eau par minute vers un château d'eau. La sortie du tuyau se trouve à 60 m. de hauteur.

Quel est le travail fourni par cette pompe ?

14.3 Après un déraillement, une grue doit lever et remettre sur la voie, 5 wagons de 15 tonnes chacun. Ceux-ci se trouvent à 3 mètres en-dessous du niveau de la voie.

Quel est le travail produit par la grue ?

14.4 Une locomotive tire avec une force de 15000 daN sur une série de wagons et les déplace sur une distance de 20 km.

Calculez le travail total produit ?

ENERGIE.14.5 Définition.

Energie veut dire : la possibilité de produire du travail.

14.6 Sortes.

L'énergie peut se rencontrer sous différentes formes de nature variable. Nous donnons ci-après quelques sortes d'énergie :

Energie mécanique : est celle des corps se déplaçant sous l'effet d'une force (parties mobiles d'une machine, énergie musculaire de l'homme et des animaux).

Energie cinétique : force vive des corps en mouvement comme, un train roulant sur sa lancée, une pierre tombant, un wagon poussé, de l'eau courante, le vent.

Energie potentielle : qui est en réserve, en attente d'être utilisée.

Prenons comme exemple : Un mouton tenu immobile dans sa position supérieure. Aussi longtemps que le mouton reste immobile, l'énergie est potentielle.

Un ressort comprimé d'un servo-moteur. Tant que le piston du servo-moteur maintient le ressort comprimé, l'énergie de celui-ci est potentielle.

Energie thermique : est obtenue par la combustion, par un courant électrique ou par frottement de matières, etc...

On l'appelle aussi énergie calorifique.

Energie chimique : forme d'énergie comparable à l'énergie potentielle. On peut la considérer comme suit : quand il y a une réaction chimique avant la transformation en travail mécanique, on l'appelle parfois énergie chimique.

Exemples : la combustion du gasoil, la réaction interne d'un élément de pile électrique, l'explosion de dynamite.

Energie électrique : c'est l'énergie du courant électrique. Elle peut être utilisée pour faire tourner des moteurs, produire de la chaleur, engendrer des réactions chimiques, produire le froid (frigos), etc...

Leçon n°14.

COUUS 122.50

14.7

Transformation de l'énergie.

L'homme ne peut produire ou détruire l'énergie.
Il peut uniquement la transformer.

Suivant le résultat qu'on désire obtenir, on transforme l'énergie sous une certaine forme dans une autre forme adéquate.

Exemples : Celles-ci sont représentés à la fig. 14.4

VITESSE. (v).

15.0 Définition.

La vitesse est le chemin parcouru (en km ou en m) pendant l'unité de temps (en heure ou en seconde). Elle s'exprime en km à l'heure ou en mètres à la seconde.

Il existe des vitesses de déplacement rectiligne et des vitesses d'organes de machines en mouvement rotatif. Dans ce cas, on parle plutôt de nombre de tours par minute (tours/min.)

15.1 Unité et mesure de la vitesse.

L'unité la plus utilisée est le mètre par seconde (m/s).

D'autre part, les indicateurs de vitesse des engins de traction indiquent la vitesse en kilomètre par heure

(km/h.)

$$1 \text{ km par heure} = \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 0,278 \text{ m/s}$$

Exercices.

15.2 Un véhicule se déplace à une vitesse de 10 m/s

Quelle est sa vitesse en km/h ?

15.3 Un train roule à une vitesse de 108 km/h

Quelle est la vitesse en m/s ?

15.4 Une locomotive se déplace à une vitesse de 72 km/h

Quelle est la distance parcourue en mètres après un parcours de 10 minutes ?

PUISSANCE. (P).

15.5 Définition.

Pour élever un sac de charbon de 50 kg au quatrième étage d'une maison, soit à une hauteur de 15 mètres, un homme prendra le sac sur son épaule et montera l'escalier en 100 secondes.

2.

Son travail fourni est :

$$9,806 \times 50 \times 15 \text{ m} = 7.354,5 \text{ Nm (en 100 s.) ou J en 100 s.}$$

Par seconde, ce travail est :

$$\frac{7.354,5 \text{ J}}{100} = 73,545 \text{ J/s ou watts (W).}$$

Un enfant portera le sac par fraction de 10 kg et mettra 10 minutes pour amener les 50 kg de charbon à 15 m de hauteur.

Le travail fourni est le même : soit 7.354,5 J.

Par seconde, ce travail est $\frac{7.354,5 \text{ J}}{60} = 12,25 \text{ W}$.

Bien que l'homme et l'enfant aient fourni le même travail, on dit que l'homme est plus puissant que l'enfant. L'homme a fourni 6 fois plus de travail que l'enfant, par seconde.

15.6 Unité et calcul.

L'unité de puissance est le watt (W).

On utilise généralement un multiple de cette unité : le kilowatt (KW).

$$\text{Puissance} = \frac{\text{force} \times \text{espace parcouru en m}}{\text{temps en sec.}} = \frac{\text{travail}}{\text{temps}}$$

Puisque $\frac{\text{espace parcouru}}{\text{temps}} = \text{la vitesse (} \frac{\text{s}}{\text{temps}} = v \text{)}$; on a :

$$P = \frac{F \times S}{\text{temps}} = \frac{W}{\text{temps}} = F \times v.$$

Exercices :

15.7 Une pompe refoule par minute 750 litres d'eau vers un château d'eau à une hauteur de 60 m.

Quelle est la puissance en KW de cette pompe ?

15.8 Une grue enlève un moteur Diesel pesant 90.000 newtons (N) d'une locomotive. Le moteur doit être levé de 2,5 m et ce travail dure 150 secondes. Quelle est la puissance de cette grue ?

15.9 Une locomotive tire avec une force de 15.000 da N sur le crochet d'un train et roule à une vitesse de 60 km/heure.

Quelle est la puissance développée par cette locomotive ?

Accélération (a).

16.0 Définition.

L'accélération est l'augmentation de vitesse (en $\frac{m}{sec}$) pendant l'unité de temps (seconde). Quand l'accélération est constante, elle est appelée accélération uniforme.

Une accélération peut augmenter ou diminuer la vitesse.

Elle est positive si elle augmente la vitesse tandis qu'elle est négative si elle la diminue.

16.1 Unités et calcul.

Exemple :

Un train atteint après 10 secondes une vitesse de 9 km/h.

A ce moment, la vitesse par seconde est de $\frac{9000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 2,5 \text{ m/s}$.

Cette vitesse est atteinte après 10 secondes. L'accélération est donc de :

$$\frac{2,5 \text{ m}}{\text{s} \times 10 \text{ s}} = 0,25 \frac{\text{m}}{\text{s} \times \text{s}} = 0,25 \text{ m/s}^2 \dots$$

L'unité d'accélération (a) est le mètre par seconde² ou m/s².

Exercices :

16.2 Un train démarre avec une accélération de 0,5 m/s².

Quelle est la vitesse en km/h après 1 minute ?

16.3 Si un train atteint une vitesse de 120 km/h en 2 minutes.

Quelle est l'accélération moyenne de ce train ?

16.4 Un train a une accélération de 0,2 m/s².

Après combien de temps atteindra-t-il la vitesse de 72 km/h ?

CHIMIE.

Combustion.

17.0 Composition de l'air.

L'air est un mélange de gaz qui forme l'atmosphère de la terre.

Ce mélange est composé de $\frac{4}{5}$ d'azote (N) et de $\frac{1}{5}$ d'oxygène (O). D'autres gaz se trouvent en faible pourcentage dans l'air, par exemple : l'argon, le néon, le xénon etc.....

Une certaine quantité d'air, on dispose donc de $\frac{1}{5}$ d'oxygène. C'est de ce gaz que l'on a besoin pour obtenir la combustion.

Si, pour un même volume d'air, on veut disposer d'une plus grande quantité d'oxygène, il faudra veiller à ce que cet air ait une forte densité donc soit aussi frais que possible. C'est un point très intéressant pour l'étude qui va suivre.

L'azote qui est incombustible, retarde la combustion et étouffe celle-ci.

17.1 Définition d'un combustible.

Les matières qui, en s'échauffant, se combinent avec l'oxygène et forment des flammes, sont appelées combustibles.

Tous les combustibles ont leur propre structure et sont composés d'un grand pourcentage de carbone (C)

Les combustibles, généralement d'origine organique, peuvent être classés en trois catégories, les combustibles :

- solides : bois, charbon, coke, tourbe, lignite.
- liquides : benzine, gasoil, pétrole, fuel;
- gazeux : gaz de ville, butane, gaz naturel.

En général, les combustibles liquides sont composés par des hydrocarbures (carbone + hydrogène) tandis que les combustibles solides sont composés par du carbone.

17.2 Combustion proprement dite.

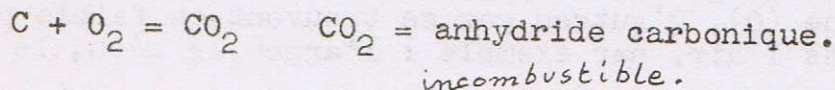
La combustion est le phénomène chimique qui consiste en une combinaison rapide du carbone contenu dans le combustible, avec l'oxygène.

7 gr gazol
= 209 gr Air
↙

Cette combinaison n'est possible que sous certaines conditions qui dépendent du milieu dans lequel a lieu la combustion ^{de} et la nature du combustible.

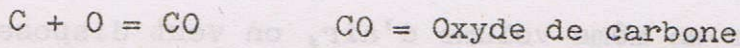
Pour obtenir une combustion parfaite d'une partie de carbone (C), il faut deux parties d'oxygène (O₂).

Cette combinaison est représentée chimiquement de la façon ci-après :



Ce gaz est
On l'utilise pour combattre l'incendie.

Si la combinaison est *incomplète*, on obtient :



Ce gaz est très nocif et combustible.

Après la combustion, il subsiste des matières solides appelées cendres. Leur quantité dépend de la nature du combustible et de la combustion.

17.3 Comment obtient-on une bonne combustion?

Jetons un livre entier dans le feu, celui-ci va se consumer difficilement. Par contre, si l'on déchire les pages une à une, la combustion est plus rapide et meilleure.

Quelle est la différence?

Dans le premier cas, l'oxygène prend difficilement contact avec le combustible. Dans le second cas, le combustible est bien divisé et la surface de contact avec l'oxygène est plus grande.

Règle : La combustion est d'autant meilleure que le combustible est finement divisé.

17.4 Comment peut-on provoquer la combustion?

Il est difficile d'allumer directement le charbon. On opère généralement comme suit :

- Par frottement de l'allumette sur une surface rugueuse, la chaleur dégagée enflamme le soufre de celle-ci;
- Au moyen de la flamme de l'allumette on met le feu au papier;
- Le papier enflammé provoque la combustion du bois;
- Enfin le bois met le feu au charbon.

Nous constatons que ces quatre combustibles ont une température d'allumage différente.

Règle. Pour faire brûler un combustible, il faut amener celui-ci à une certaine température.

Avec les combustibles liquides on obtient par échauffement une gazéification (vaporisation). Ce gaz rend l'allumage possible.

Conclusion.

1. Une bonne combustion est obtenue lorsque le combustible est finement divisé et intimement mélangé à l'oxygène dans un milieu à température suffisante.
2. Les combustibles ont une durée de combustion variable suivant leur nature.

Comparez : charbon avec papier, naphte avec gasoil, bois avec coke.

Leçon n° 18.

18.0 Transformation de la chaleur en travail.

Exemple 1. Prenons un cylindre dans lequel peut se déplacer un piston bien étanche. La tige du piston est retenue par un ressort (fig. 18.1).

Quand nous chauffons le cylindre, l'air emprisonné se dilate et sa pression augmente, provoquant le déplacement du piston qui comprime le ressort.

Exemple 2. Dans une machine à vapeur, le déplacement du piston se produit sous l'action de la vapeur elle-même obtenue en chauffant de l'eau (fig. 18.2).

Exemple 3. Dans un moteur Diesel, on brûle du gasoil. Cette combustion donne des gaz à haute pression qui déplacent le piston (fig. 18.3).

Dans les trois exemples précités, la chaleur est transformée en travail car le mouvement du piston signifie production de travail.

A remarquer qu'il est toujours question d'un élément intermédiaire jouant le rôle de transformateur d'énergie :

ex. 1 : l'air chauffé,

ex. 2 : l'eau transformée en vapeur,

ex. 3 : combustible transformé en gaz à haute pression.

A la suite d'essais précis, on constate que le travail produit avec une quantité de chaleur de 1 joule (J) est, sans pertes, égal à 1 Nm.

Vaporisation et ébullition.

18.1 Les chaleurs nécessaires.

Par la combustion de gasoil dans un chaudière des calories sont produites; celles-ci sont transmises à travers le métal des serpentins à l'eau qui s'échauffe, se vaporise et se transforme en vapeur.

On constate que cette vapeur a toujours une même température en fonction de sa pression: 2 bar = 119° C., 3 bar = 132° C., 4 bar = 142° C. et 5 bar = 150° C.

Nous avons appris antérieurement que la quantité de chaleur par laquelle on élève la température de 1 kg d'eau de 1° C. est de 4.186,8 J.

Leçon n° 18
cours 122.50

Pour chauffer 1 kg d'eau à une température de 150°C, température correspondant à une pression de 5 bar, il faut 628.020 J. Remarquons toutefois que pour la vaporisation complète de l'eau on a déjà besoin de 2.093.400 J. au total, on aura donc besoin de : $2.093.400 + 628.020 = 2.721.400$ J.

Le gasoil ayant un pouvoir calorifique de 43.961.400 J et si nous comptons 1/3 de pertes de chaleur par rayonnement et par la cheminée, on peut en conclure que :

$$\frac{43.961.400 \text{ J} - 14.653.800 \text{ J}}{2.721.420 \text{ J}} = \text{environ } 101. \text{ d'eau qui}$$

seront transformés en vapeur à une pression de 5 bar.

18.2 Dépôts de matières insolubles.

L'eau utilisée dans le refroidissement de nos moteurs et dans l'alimentation des chaudières n'est jamais chimiquement pure.

En effet, par analyse, on constate qu'il y a des quantités plus ou moins importantes de matières minérales en suspension dans l'eau, telles que : chaux, silicium, magnésie, fer, phosphate, etc....

La dureté de l'eau dépend du pourcentage de ces matières minérales. Lorsque l'eau est vaporisée, ces minéraux se séparent et se fixent sur les parois des appareils dans lesquels se produit la vaporisation.

Il en résulte un entartrement très dur des parois intérieures des chaudières. Celui-ci cause deux grands inconvénients :

- a) La section de passage des serpentins diminue;
- b) La transmission de chaleur est moins bonne des serpentins à l'eau, les serpentins s'échauffent et la consommation augmente.

18.3 Mesures à prendre contre l'entartrement.

Pour éviter la formation de dépôts calcaireux, deux méthodes peuvent être utilisées :

- a) Par un adoucissement préalable de l'eau. Cette opération consiste en un traitement au moyen de soude et de chaux ou de phosphate, suivant la nature des matières en suspension dans l'eau.

Dans certains adoucisseurs, l'eau est traitée par électrolyse, moyen très utilisé à présent.

- b) En ajoutant dans les réservoirs des locomotives, certains désincrustants chimiques de façon à obtenir un certain mélange avant l'entrée de l'eau dans la chaudière.

Les matières chimiques tiennent les minéraux en suspension, les empêchant de s'attacher aux parois.

Certains appareils, même des moteurs, sont munis de plaques épaisses en zinc dans les chambres à eau. Ce système atténue également l'entartrement.

Gaz de combustion.

19.0 Composition.

Nous parlerons uniquement des gaz de combustion des moteurs à combustion interne, en particulier des moteurs Diesel.

Le combustible utilisé dans ces moteurs est composé d'hydrocarbures. Les hydrocarbures sont des corps composés contenant en proportions variables des corps simples : le carbone (C) et l'hydrogène (H).

Lors de la combustion, l'hydrogène brûle en premier lieu avec l'oxygène (O) de l'air; ensuite, si la quantité d'oxygène est suffisante il y a combustion du carbone (C).

La combinaison du carbone avec l'oxygène forme de l'oxyde de carbone (C.O) et de l'anhydride carbonique (CO₂).

S'il y a excès de combustible par manque d'oxygène, il y aura formation d'oxyde de carbone (C.O).

19.1 Couleur.

Lors d'une combustion complète, les gaz d'échappement contiennent principalement les substances suivantes : anhydride carbonique (CO₂), oxygène (O), Azote (N) et vapeur d'eau.

Ces gaz sont incolores, exception faite pour la vapeur d'eau de couleur blanche mais qui s'y trouve en très faible quantité.

La coloration de la fumée d'échappement est un défaut assez fréquent dans les moteurs Diesel. Ce phénomène peut être dû à plusieurs causes et l'aspect de l'échappement varie suivant la cause qui produit la fumée.

Les fumées à l'échappement peuvent être :

noires : du fait d'une mauvaise combustion résultant généralement d'une quantité de combustible trop grande pour l'air disponible ou ^{d'une} mauvaise pulvérisation du combustible dans la masse d'air.

bleues : proviennent généralement de la combustion de l'huile de graissage (huile en excès sur les parois des cylindres).

grises ou blanches : température de fonctionnement trop basse (condensation de la vapeur). La couleur dépend du taux de condensation de vapeur.

19.2 Danger.

L'opinion généralement répandue que les gaz d'échappement du moteur diesel sont plus nocifs que ceux du moteur à essence est fautive. Le moteur Diesel fonctionne en effet avec un excès d'air, il y a donc plus d'oxygène et d'azote dans les gaz d'échappement.

Voici à titre d'exemple, les teneurs moyennes en gaz dangereux contenus dans les produits de la combustion :

Oxyde de carbone (CO) - moteurs à essence 6 %, moteurs Diesel 0,2 %

Méthane (CH₄) - " " " 0,6 à 1 %, moteurs Diesel 0,1 %

L'opinion que les gaz sont plus dangereux trouve probablement son origine dans le fait que la combustion est souvent incomplète dans le moteur Diesel.

L'odeur pénétrante et caractéristique du moteur Diesel est piquante, ^{acre} et désagréable.

Leçon n° 20

Métaux.

20.0 Sortes.

Sur la terre, il y a **de nombreuses sortes** de métaux connus de nature très différente.

Généralement les métaux sont extraits de minerai c'est-à-dire qu'ils doivent être séparés d'autres matières. Cette séparation est le plus souvent obtenue par fusion.

A l'état pur, les métaux sont, en pratique, difficilement utilisables, leur dureté et leur résistance mécanique n'étant pas appropriées à l'usage qu'on veut en faire.

Les dix métaux qui nous intéressent sont les suivants : fer, cuivre, aluminium, étain, zinc, chrome, nickel, manganèse, bore et argent.

20.1 Composition.

En chimie, lorsque l'on parle de métaux, on les désigne comme éléments chimiques purs; dans la pratique on utilise cependant le plus souvent différents alliages.

Fonte : Elle contient de 2,5 à 5 % de carbone réparti uniformément dans la matière.

Acier : Il contient 0,5 à 1,5 % de carbone. L'acier est d'autant plus dur que la teneur en carbone est importante.

Avec un pourcentage de carbone plus élevé, la structure du métal devient plus graineuse et on parle alors de fonte.

Un alliage intermédiaire donne de la fonte malléable. Cette fonte est à grains plus fins, on en a retiré après moulage une certaine quantité de carbone par traitement spécial.

Bronze : alliage de cuivre et d'étain, zinc, plomb, silicium, aluminium ou manganèse suivant la résistance de rupture ou de traction demandée.

Laiton : alliage de cuivre et de zinc (67 % cuivre, 33 % de zinc).

Duralumin : en mécanique on n'utilise jamais l'aluminium à l'état pur.

Ce métal est mélangé avec du cuivre, du manganèse et du magnésium pour obtenir ainsi le duralumin. (95 % aluminium, 4 % cuivre, 0,5 % magnésium et 0,5 manganèse, parfois un peu de nickel).

Plomb : seulement utilisé en petite quantité dans les alliages (voir bronze et métaux anti-friction).

Etain : est aussi utilisé en petite quantité dans les alliages.

Chrome : utilisé dans la production d'acier; le chrome augmente la dureté de l'acier et diminue l'oxydation.

Nickel : est utilisé fréquemment dans les alliages d'acier. Il augmente la dureté, diminue l'oxydation et le coefficient de dilatation.

Par conséquent l'utilisation d'acier ^{au} nickel est à recommander pour les pièces soumises à des températures très variables.

Manganèse : utilisé pour différents aciers demandant une grande dureté. ^{étant} très dur il se brise facilement. On peut l'utiliser sans graissage quand il y a frottement (Manax).

Argent : est parfois utilisé comme garniture dans les coussinets pour augmenter la résistance à l'usure et aussi comme garniture des contacts électriques.

Métal antifricition : le métal blanc est généralement un alliage de 89 % d'étain, 7,4 % d'antimoine et 3,6 % de cuivre.

Pour les moteurs Diesel de grande puissance, on utilise actuellement des garnitures de coussinets en métal rose composé de 25 % de plomb et 75 % de cuivre.

Ces métaux sont souvent appliqués dans les coquilles des coussinets par centrifugation.

20.2 Utilisation.

Fonte : Bloc moteur, culasse, chemise de cylindre, corps de pompe, piston moteur, coquille de coussinet.

Acier laminé : Bloc moteur, longerons de locomotives.

Acier fondu : Coquille de coussinet, roues d'engins ferroviaires.

Acier au manganèse : Appliques de boîtes d'essieux, patins de glissement des bogies.

Acier fondu au nickel-chrome : Vilebrequin, arbre à cames des moteurs lourds, bielles et soupapes. Cet acier spécial a une grande résistance à la traction et à la torsion.

Laiton : Robinetterie et tuyauterie, appareils de mesure, appareillage électrique.

Bronze : Robinetterie, pièces de pompe, appareillage électrique, bagues de pivots.

Duralumin : Piston moteur, corps de robinet de frein, distributeurs, soufflante d'air, capot de culasse, bloc cylindres de compresseur.

Chrome : Chromage intérieur des chemises de cylindres et parfois de segments. Augmente la résistance à l'usure.

Argent : Dans certains moteurs, les coussinets et buse-lures sont garnis d'une mince couche d'argent, utilisée comme métal anti-friction augmentant ainsi la résistance à l'usure. (moteur GM).

On peut conclure que l'utilisation d'un métal dépend des sollicitations mécaniques imposées aux différents organes : température, usure, traction, pression et torsion.

Leçon n° 21.

Oxydation.

21.0. Définition.

L'oxydation est une combustion très lente par laquelle il y a combinaison avec l'oxygène. Elle ne provoque aucun dégagement de chaleur.

21.1. Oxydation des métaux.

Lorsque le fer se trouve dans certaines conditions déterminées, on constate une oxydation. Le produit de celle-ci s'appelle rouille autrement dit "oxyde de fer".

Le cuivre en s'oxydant laisse apparaître le vert de gris ou "oxyde de cuivre" qui est un poison très dangereux.

Le plomb et le zinc donnent par oxydation le blanc de plomb ou de zinc appelé "oxyde de plomb ou de zinc".

L'oxydation est accompagnée de corrosion du métal, Les pièces mécaniques deviennent inutilisables et sont à remplacer.

Afin de remédier à l'oxydation, on applique aux métaux une couche protectrice (huile, graisse, peinture, vernis, plastic ou galvanoplastie).

Quelques métaux ne s'oxydent pas comme l'argent, l'or et le platine. D'autres sont rendus inoxydables par alliage comme l'acier inoxydable.

21.2. Oxydation d'autres matières.

Beaucoup d'autres matières présentent aussi des phénomènes d'oxydation.

Si nous plaçons un verre non couvert rempli d'huile pure et exposé à la lumière nous constatons, après un certain temps, que la couleur de l'huile est plus foncée et que des particules noirâtres se sont formés.

Ce sont des particules résultant de la combinaison de l'huile avec l'oxygène de l'air c'est-à-dire par l'oxydation de l'huile. Cette réaction chimique diminue les propriétés de l'huile qui est dévalorisée.

Ce phénomène se produit aussi dans les vernis, les peintures, etc....

2.

21.3 Dilatation des métaux par la température.

Par augmentation de température, on constate que toutes les matières se dilatent et inversement se contractent par diminution de température.

Les métaux sont très sensibles à cette propriété. On doit donc tenir compte de la température de régime des pièces mécaniques pour déterminer leurs dimensions.

Par conséquent le jeu des soupapes d'un moteur est plus important avec le moteur froid que lorsqu'il a atteint sa température de régime. Le même raisonnement doit être tenu pour les pistons et certains coussinets.

Tous les métaux ont un *coefficient* de dilatation différent dépendant de leur nature.

Le cuivre (0,017) se dilate plus fortement que l'acier doux (0,010) et l'acier doux se dilate plus que le platine (0,008).

La grandeur de la dilatation est donnée par le coefficient de dilatation. Celui-ci est l'allongement en mm par °C d'augmentation de température et par m de longueur.

Exemple : Un rail de 100 m a une température de 10°C.

Quelle sera sa longueur par une température de 35°C si le coefficient de dilatation est de 0,012 ?

DESSIN ET LECTURE DE SCHEMAS.

22.0. Le pourquoi.

Dessiner est l'art de représenter d'une façon simple, sur papier ou sur tableau, un objet ou un appareil dont on veut faire l'étude.

22.1. Dessin en perspective.

Ce dessin donne la possibilité de représenter un objet tel qu'il est observé. Les dessins en perspective permettent de se faire une idée générale d'un certain objet (fig. 22.1).

Généralement, sous cette forme, un seul dessin suffit.

22.2. Plan.

Un plan est la représentation de pièces ou d'organes fait en respectant toutes les mesures, la plupart à l'échelle.

Le plan permet:

- la construction de la pièce suivant les mesures données;
- le montage et le placement des différents organes d'une locomotive (fig; 22.2).

22.3. Schéma.

La représentation simplifiée d'une pièce mécanique, dans laquelle on ne respecte pas toujours les rapports de grandeur et l'épaisseur de la matière s'appelle schéma ou croquis. Cette méthode est utilisée pour illustrer la description et l'étude de certains organes. (fig. 22.3).

22.4. Symboles.

La représentation symbolique est une façon de représenter un appareil suivant des signes conventionnels.

Ce système permet la représentation rapide et simple d'appareils et d'organes compliqués (fig. 22.4).

Leçon n° 23.

23.0. La représentation.

Pour dessiner des schémas et des plans, certaines directives sont à suivre:

1. Connaître le nombre de plans à utiliser pour représenter la pièce;
2. Commencer le dessin en tirant un ou plusieurs traits d'axe qui sont dessinés en lignes "trait point trait"
_____•_____
3. Lorsque des dimensions sont prévues, celles-ci sont inscrites de manière à pouvoir les lire aisément sur des lignes verticales et horizontales en ne tournant que légèrement la tête vers la gauche;
4. Les plans sont toujours dessinés à l'échelle tandis que dans les schémas on tend à respecter les rapports;
5. Les lignes et pièces qui existent et sont importantes mais invisibles doivent être indiquées en traits pointillés -----;
6. Le code de la S.N.C.B. doit être respecté: représentation d'un filet, d'un ressort, d'une section ou d'une pièce coupée à hachurer.

23.1. Coupe.

Dans certains cas, il est nécessaire de donner une coupe entière ou partielle d'une pièce ou même d'un appareil complet.

Deux règles sont à observer:

1. La ligne fictive sur laquelle la pièce ou l'appareil va être coupé;
2. Les différents sens des lignes hachurées représentent toutes les parties de la pièce afin de les voir séparément.

Voir la différence entre fig. 23.1 et fig. 23.2.

Le premier dessin représente un écrou comme on l'observe de face. Le deuxième dessin est une coupe suivant une ligne diagonale.

La pièce avec des hachures à grand écartement (fig. 23.3) représente une roue dentée dans laquelle est placée une buselure en bronze.

Observons la coupe représentée à la figure 23.4.

La pièce avec hachures à grand écartement est un cylindre, pourvu d'ailettes de refroidissement, dans lequel se déplace un piston. Le piston est pourvu de segments pour assurer l'étanchéité.

Les hachures de la bielle sont encore différentes, le pivot n'est pas hachuré parce qu'il n'est pas coupé.

23.2. Pièces fixes et mobiles.

On distingue les pièces fixes et mobiles en montrant le jeu existant entre ces deux organes (voir fig. 23.4). Les traits limitant le piston et le cylindre sont visibles.

Pratiquement, on décèle la mobilité des pièces par la connaissance générale de la mécanique.

Exemples: Une bielle oscille sur son axe; un écrou est démontable; un pivot est amovible; on peut enlever une goupille, un ressort, etc....

On donne aussi parfois sous forme de légende: deux pièces serties; un ajustage serré, coulissant ou avec jeu.

Dans d'autres cas, les parties fixes sont représentées en coupe tandis que les pièces mobiles ne sont pas coupées.

Nous en concluons qu'il faut se familiariser par quelques exercices pour distinguer les pièces fixes des pièces mobiles.

Pour rendre plus compréhensible un schéma, on peut en colorer les différentes parties.

24.0 Représentation symbolique.

Dans de nombreux cas, surtout en ce qui concerne les appareils électriques et pneumatiques, on doit utiliser des signes symboliques.

Ces symboles graphiques sont internationaux et sont adaptés et mis au point par des instituts de normalisation.

La représentation symbolique est utilisée dans les plans d'installations électriques, pneumatiques et hydrauliques.

Ce système simplifie les dessins et permet un gain de temps. Voir les symboles de l'annexe 1, utilisés par notre société pour dresser les schémas électriques et pneumatiques.

Exercices.

- 24.1 Dessinez au tableau un cylindre vertical avec son piston muni de segments et de l'axe.
- 24.2 Faites la coupe d'un boulon à votre choix.
- 24.3 Représentez symboliquement une lampe, une électrovalve, un moteur électrique série et une sonnerie.
- 24.4 Expliquez la coupe représentée par la figure 24.3.
- 24.5 Expliquez le plan représenté à la figure 24.4.

PARTIE II - ELEMENTS D'ELECTRICITE.

GENERALITES.

25.0 Constitution de la matière.

Les différentes matières sont constituées par des molécules. La molécule est la plus petite partie de matière qui conserve toutes les propriétés de celle-ci.

Chaque molécule contient une quantité de particules très petites appelées atomes.

25.1 Atome (fig. 25.1).

Un atome comprend:

- un noyau central;
- des corpuscules tournant à grande vitesse autour du noyau sur plusieurs orbites différentes.

Ces particules libres sont appelées électrons.

En ce qui concerne le noyau proprement dit, celui-ci contient de petits corpuscules fixes appelés protons.

C'est le nombre de protons qui détermine la nature de la matière.

25.2 Propriétés de l'atome.

- a) Les électrons se repoussent entre eux;
- b) Les protons se repoussent entre eux;
- c) Les électrons et les protons s'attirent.

On appelle l'électricité, l'énergie que possèdent les protons et les électrons pour se repousser ou s'attirer.

Par convention, on admet que le noyau de l'atome, donc les protons, a une charge électrique positive (+) tandis que les électrons ont une charge négative (-) (fig. 25.2).

Par conséquent, un atome à l'état normal est à l'état de repos et neutre, les charges positive et négative étant les mêmes.

Les charges sont donc en équilibre (fig. 25.3).

25.3 Rupture de l'équilibre électrique.

Dès qu'on retire ou que l'on ajoute un ou plusieurs électrons, l'atome perd son état d'équilibre. Il est chargé.

Deux cas sont possibles:

- Retrait d'électrons. Le positif est dominant, l'atome est donc chargé positivement (fig. 25.4);
- Apport d'électrons. Le négatif est dominant, l'atome est chargé négativement (fig. 25.5).

Ces états peuvent être obtenus par différents moyens: frottement, magnétisme, chimie, chaleur, lumière, etc...

L'atome cherche à récupérer les électrons manquants ou à expulser les électrons supplémentaires qui lui ont été imposés.

25.4 Rétablissement de l'équilibre électrique.

Supposons que les deux atomes représentés aux figures 25.4 et 25.5 soient mis en contact (fig. 25.6).

Immédiatement, deux électrons de l'atome chargé négativement se déplacent vers l'atome à charge positive.

Par voie de conséquence, les deux atomes redeviennent neutres.

Si nous éloignons les deux atomes (fig. 25.4) mais que nous les connectons au moyen d'une barre en métal, les deux électrons sont transportés immédiatement de l'atome négatif vers l'atome positif.

25.5 Conclusion.

- Deux points ayant un état de charge différent forment une source d'électricité;
- Le transport d'électrons s'effectue jusqu'au moment où l'équilibre est rétabli;
- La vitesse de ce déplacement est très grande (300.000.000 m/s).

25.6 Effets de l'électricité (fig. 25.8).

Il suffit qu'un circuit soit fermé sur une source de courant pour obtenir un déplacement d'électrons.

La fig. 25.8 représente une source A.G., un fil de fer B.C., un appareil de mesure (voltamètre) D.E. et une aiguille aimantée. Ils sont raccordés à la suite l'un de l'autre par un fil de cuivre.

Le circuit étant fermé, on constate que:

- a) Le fil BC s'échauffe (effet calorifique);
- b) Le fil BC est incandescent (effet lumineux);
- c) Dans l'appareil de mesure, il y a formation d'un dépôt de boue de cuivre (effet chimique);
- d) L'aiguille aimantée se déplace (effet magnétique).

La fig. 25.9 montre la représentation simplifiée de ce circuit.

25.7 Bons conducteurs.

Nous avons utilisé un fil de cuivre. Il conduit l'électricité.

Si nous remplaçons ce fil de cuivre par d'autres métaux (fer, zinc, aluminium, argent, etc....) un phénomène semblable se produit.

Les métaux sont bons conducteurs.

25.8 Mauvais conducteurs.

Remplaçons le fil de cuivre par un fil en plastic, rien ne se produit. Le courant ne passe pas.

Le bois sec, le caoutchouc, la corde, le papier, la bakélite, les matériaux pierreux, les gaz, etc.... sont aussi de mauvais conducteurs.

Ils peuvent être utilisés comme matières isolantes.

25.9 Interrupteurs.

Pour faciliter l'interruption ou l'établissement du courant à volonté, il est souhaitable d'intercaler une partie mobile dans le circuit. Cet appareil est appelé interrupteur.

Certains interrupteurs ne coupent le circuit qu'à un seul endroit. Ils sont unipolaires (fig. 25.10).

D'autres coupent simultanément les deux fils qui conduisent au même appareil. Ils sont bipolaires (fig. 25.11).

Des interrupteurs plus compliqués peuvent intervenir dans plusieurs circuits simultanément, ils sont appelés commutateurs (fig. 25.12).

LES SOURCES DE COURANT.

26.0

Pile.

La fig. 26.1 représente un bac en verre rempli d'eau acidulée dans laquelle plongent une feuille de zinc et une feuille de cuivre écartées l'une de l'autre. En réunissant ces deux métaux par un fil métallique, nous constatons que ce dernier s'échauffe. Il est traversé par un courant électrique.

Le courant électrique fourni par la pile résulte de la réaction chimique qui se produit entre le zinc, l'acide sulfurique et le cuivre.

L'énergie dépensée dans cette réaction s'est transformée partiellement en énergie électrique.

La plaque de cuivre et la plaque de zinc portent le nom d'électrodes. La première constitue le pôle positif (+) et la seconde le pôle négatif (-). Le liquide utilisé s'appelle l'électrolyte.

On admet que, conventionnellement, à l'extérieur de la pile, le courant circule de l'électrode positive vers l'électrode négative. Intérieurement, il circule de l'électrode négative vers l'électrode positive.

Ce genre de pile n'est plus utilisé aujourd'hui, étant donné que son débit n'est pas constant. En effet, au bout de peu de temps, le courant diminue fortement. La pile se polarise. Cette polarisation résulte de la formation, pendant le fonctionnement, d'une gaine gazeuse d'hydrogène sur l'électrode positive qui empêche le courant de passer au travers de la pile.

En vue d'éviter cet inconvénient, on introduit dans la pile un corps susceptible d'absorber l'hydrogène au fur et à mesure qu'il se produit. Un tel corps porte le nom de dépolarisant.

26.1

Pile de Volta.

Cette pile est composée de plaques de cuivre et de zinc superposées formant couple et, séparées par des plaques en feutre ou en laine imprégnées d'acide sulfurique.

C. 122.50.

2. Il existe plusieurs types de piles basés sur ce principe. Les unes utilisent un dépolarisant liquide, les autres un dépolarisant solide.

On fabrique aussi des piles sèches sans électrolyte liquide. Celui-ci est imprégné dans des matières poreuses. Ces piles sont utilisées couramment dans les lampes de poche, radio, rasoir, horloge, etc...

Une pile ne peut fournir indéfiniment du courant électrique. En effet, son fonctionnement s'accompagne de transformations chimiques des éléments qui la constituent, de sorte, qu'après un certain temps d'utilisation, elle est épuisée ou déchargée.

Une pile fournit donc de l'énergie électrique aux dépens de l'énergie chimique qui y est emmagasinée à l'état potentiel. En d'autres termes, elle constitue une réserve d'énergie chimique susceptible de se transformer en énergie électrique au moment de son utilisation.

26.2 26.2. Accumulateurs.

Il existe des piles qui peuvent être régénérées après épuisement en les faisant traverser par un courant électrique. On les appelle accumulateurs.

Le plus simple des accumulateurs est constitué par des électrodes au plomb plongeant dans de l'acide sulfurique dilué.

Sur les schémas électriques, les piles et les accumulateurs sont représentés comme à la fig. 26.2.

26.3 26.3. Machines rotatives.

Pour produire industriellement de l'électricité en grandes quantités, on emploie des machines rotatives ou génératrices (dynamos et alternateurs) qui produisent de l'énergie électrique à partir de l'énergie mécanique qui sert à les entraîner.

Sur les schémas électriques, les génératrices sont représentées comme aux fig. 26.3., 26.4. et 26.5.

26.4 26.4. Conclusion.

La production d'électricité peut se faire par d'autres moyens. Nous nous ^{en}tiendrons néanmoins aux deux systèmes suivants:

- Transformation de l'énergie chimique en énergie électrique (piles, accumulateurs);
- Transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique (machines rotatives).

Les piles, accumulateurs et dynamos fournissent du courant continu; les alternateurs et magnétos du courant alternatif.

27.0

Potentiel.

Figure 27.1 : Que le robinet soit ouvert ou fermé, il n'y a pas de courant d'eau parce que les deux réservoirs sont au même niveau. Leur potentiel est le même.

Figure 27.2 : Supposons qu'une pile ait des électrodes de même nature. Si nous les raccordons, on constate qu'il n'y a pas de circulation de courant. Leur potentiel est de même valeur.

Figure 27.3 : L'eau du réservoir A s'écoule vers le réservoir B parce que ces deux réservoirs sont à des niveaux différents. Leur potentiel est différent.

27.1

Force hydromotrice.

En s'écoulant, l'eau est capable de travail parce qu'elle est soumise à une force due à la différence de potentiel des deux réservoirs. On l'appelle force hydromotrice et elle s'exprime en *newton* (N).

27.2

Force électromotrice.

Figure 27.4 : En court-circuitant les deux pôles de la pile, le courant électrique circule de l'un à l'autre parce que les deux électrodes qui constituent la pile sont de nature différente. Leur potentiel est différent.

En circulant, le courant peut fournir un travail. Le courant créé est dû à la différence de potentiel existant entre les deux bornes de la pile : c'est la force électromotrice. Elle s'exprime en volts (V).

27.3

Quantité d'électricité.

(V) Figure 27.5 : Après un certain temps d'écoulement de l'eau du réservoir A vers le robinet monté sur la tuyauterie, nous pouvons mesurer la quantité d'eau qui s'est écoulée dans le réservoir B. Cette quantité s'exprime en litres (l).

Figure 27.6 : Le voltamètre est donc constitué de deux électrodes en cuivre de même poids baignant dans une solution de sulfate de cuivre. Après un certain temps, ouvrons le circuit en déconnectant le voltamètre de la pile. Retirons les électrodes et pesons-les. Nous constatons que l'une est allégée tandis que l'autre est alourdie. Une certaine quantité de cuivre s'est donc transportée d'une électrode à l'autre. De ce poids de cuivre, on peut déterminer la quantité d'électricité qui a traversé le voltamètre. Elle est exprimée en Coulombs. (C)

2.

(c)
Le coulomb est l'unité de mesure qui équivaut à un dépôt de 0,329 milligrammes de cuivre.

Le coulomb ne s'utilise qu'en laboratoire.

27.4

Courant.

Figure 27.7 : Observons le compteur monté sur la tuyauterie reliant le réservoir A au réservoir B. Ce compteur va nous indiquer la quantité d'eau qui s'écoulera pendant chaque seconde. Ce compteur va donc nous indiquer l'intensité du courant d'eau. L'unité de mesure de l'intensité du débit de l'eau est le litre par seconde.

Figure 27.8 : Observons le compteur ou ampèremètre monté sur le circuit d'alimentation de la sonnerie électrique. L'ampèremètre va nous indiquer la quantité d'électricité, c.à.d. l'intensité du courant qui circulera pendant chaque seconde. L'unité d'intensité de courant est l'ampère; c'est l'intensité d'un courant qui transporte un coulomb par seconde.

27.5

Tension.

Figure 27.9 : Une petite turbine R est montée sur la tuyauterie qui relie les réservoirs A et B. La vitesse de rotation de la turbine sera tributaire de l'intensité du courant d'eau qui la traversera. L'intensité du courant de l'eau dépendra de la pression existant dans la tuyauterie. Cette pression est mesurée en bar.

Figure 27.10 : Une lampe à incandescence est branchée aux bornes d'une pile. Son intensité lumineuse est d'autant plus grande que l'intensité de courant qui la traverse est importante. Cette intensité de courant dépend de la tension existant aux bornes de la pile.

L'unité de mesure de la tension est le volt (V).

Contrôlons les deux voltmètres : l'un est raccordé aux bornes de la pile, l'autre aux bornes de la lampe.

Nous constatons que les deux voltmètres n'indiquent pas la même valeur. Celui qui est raccordé aux bornes de la pile indique une valeur plus grande. Cette tension est appelée force électromotrice. L'autre voltmètre indique une valeur plus petite, c'est la différence de potentiel entre les bornes de la lampe.

Les deux valeurs s'expriment en volts.

Cours 122.50.

27e leçon.

- 25.0.1. Comment les matières sont-elles constituées?
- 25.1.1. Comment un atome est-il formé?
Faites-en le schéma simplifié?
- 25.2.1. Quelles sont les propriétés des atomes?
- 25.3.1. Quand un atome est-il chargé électriquement?
- 25.3.2. Par quels moyens peut-on obtenir des atomes chargés électriquement?
- 25.4.1. A quel moment l'équilibre électrique d'atomes chargés est-il établi.
- 25.5.1. Quelle est la durée du déplacement d'électrons entre deux points chargés différemment?
- 25.6.1. Quels sont les effets de l'électricité pouvant être observés?
- 25.6.2. Dessinez un circuit électrique comportant : une source de courant et un récepteur.
- 25.7.1. Qu'appelle-t-on conducteur d'électricité? Donnez quelques exemples.
- 25.8.1. Citez quelques mauvais conducteurs d'électricité. Quelle est leur utilisation?
- 25.9.1. Quel est le rôle d'un interrupteur? Quelles sont les différentes sortes utilisées.

x

x

x

- 26.0.1. Quelle est la constitution d'une pile électrique?
- 26.0.2. Quels sont les inconvénients de la pile primitive?
- 26.1.1. Comment fabrique-t-on actuellement les piles? Où sont-elles utilisées?
- 26.2.1. Quelle est la différence entre une pile et un accumulateur?
- 26.2.2. Comment peut-on constituer un accumulateur?
- 26.2.3. Comment représente-t-on un accumulateur sur un schéma électrique?
- 26.3.1. Comment produit-on l'électricité en quantités industrielles?
- 26.4.1. Quelles sources de courant utilisons-nous et par quels moyens produit-on l'électricité dans ces différents cas?

x

x

x

- 27.0.1. Quand obtient-on une différence de potentiel dans une installation hydraulique? Faites le schéma.
- 27.0.2. Quand existe-t-il une différence de potentiel entre deux points?
- 27.1.1. Qu'appelle-t-on force hydromotrice? Quelle est l'unité utilisée?
- 27.2.1. Qu'appelle-t-on force électromotrice? Quelle est l'unité employée?
- 27.3.1. Comment peut-on mesurer la quantité d'électricité écoulée? Quelle est l'unité utilisée?
- 27.4.1. Comment peut-on mesurer la quantité d'eau écoulée dans une installation hydromotrice?
- 27.4.2. Avec quel appareil mesure-t-on la valeur du courant circulant par seconde dans un circuit électrique? Quelle est l'unité et à quoi équivaut-elle?
- 27.5.1. Dessinez un circuit électrique composé de :
une source de courant, une lampe, deux voltmètres et un ampèremètre.

29.0 Résistance des conducteurs.

Relions un fil conducteur en cuivre à une source de courant (fig. 29.1). Sa longueur est de 2 m et sa section de 2 mm² (surface de la coupe). L'ampèremètre indique une intensité de courant de 6 ampères.

Remplaçons ce fil par un autre également en cuivre (fig. 29.2), la longueur est restée la même mais la section n'est plus que de 1 mm². L'ampèremètre indique une intensité de 3 ampères.

Remplaçons à nouveau le fil (fig. 29.3) il est de même nature, la longueur est de 20 m et la section de 1 mm². L'ampèremètre indique une intensité de 0,3 ampère.

Prenons cette fois un conducteur en fer (fig. 29.4) ayant une longueur de 20 m et une section de 1 mm². L'ampèremètre indique une intensité de 0,048 ampère.

Conclusion.

Les conducteurs opposent une résistance au passage du courant. Cette résistance varie selon la longueur, la section et la nature du conducteur.

29.1 Unité de résistance.

L'unité de résistance est l'ohm (lettre grecque Ω)

C'est la résistance que le courant doit vaincre pour traverser une colonne de mercure de section constante de 1 mm², d'une longueur de 106,3 centimètres, sa température étant de 0°C.

29.2 Résistance spécifique.

Quand nous comparons l'intensité de la figure 29.3 avec celle de la figure 29.4, nous constatons que la résistance du cuivre est différente de celle du fer.

On a établi par des essais, la résistance des métaux par mètre de longueur et par mm² de section et pour une température de 0°C.

Cette résistance, propre à la nature de la matière, est appelée résistance spécifique (ρ).

Ci-après quelques valeurs de r :

argent 0,014; cuivre 0,016; aluminium 0,03; fer 0,1; mallehort 0,25.

2.

Nous constatons immédiatement que la résistance spécifique du fer diffère sensiblement de celle du cuivre.

La résistance spécifique du fer est $0,1 : 0,016 = 6,25$ fois plus grande que celle du cuivre.

29.3 Calcul de la résistance (loi de Pouillet).

Nous pouvons conclure que la résistance d'un conducteur est proportionnelle à sa longueur et à sa résistance spécifique. Elle est inversement proportionnelle à sa section. On en déduit la formule :

$$\text{résistance} = \frac{\text{résistance spécifique} \times \text{longueur (en m)}}{\text{section (en mm}^2\text{)}}$$

$$R = \frac{\rho \times l \text{ (en m)}}{s \text{ (en mm}^2\text{)}}$$

Exercice :

Un conducteur en cuivre a une longueur de 200 m et une section de 2 mm². Calculez sa résistance par une température de 0°C.

$$R = \frac{0,016 \times 200}{2} = 1,6 \ \Omega$$

29.4 Variation de la résistance avec la température.

La résistance d'un conducteur augmente avec la température, sauf pour le charbon pour lequel elle diminue.

La résistance spécifique augmente donc avec la température.

Par des essais, on a établi pour chaque métal la variation de résistance par degré (°) de température. On l'appelle coefficient de température.

La valeur de ce coefficient diffère suivant la nature du métal.

Ci-après quelques valeurs :

Maillechort 0,0002; argent 0,0034; cuivre 0,0037; aluminium 0,0039; fer 0,0052.

29.5 Calcul de la résistance suivant la température.

Connaissant la résistance spécifique (ρ) et le coefficient de température d'un conducteur, nous pouvons calculer la résistance pour une température déterminée.

$$R \text{ à } t^{\circ} = R \text{ à } 0^{\circ}\text{C} \times (1 + (\text{coef} \times t))$$

Exercice.

Un conducteur en cuivre a une longueur de 200 m et une section de 2 mm². Quelle est sa résistance si sa température est de 75°C.

$$\text{Résistance à } 0^{\circ}\text{C}.: \frac{0,016 \times 200}{2} = 1,6 \ \Omega$$

$$\begin{aligned} \text{Résistance à } 75^{\circ}\text{C}.: & 1,6 (1 + (0,0037 \times 75)) \\ & = 1,6 \times 1,2775 = 2,044 \ \Omega \end{aligned}$$

LE GROUPEMENT DES RESISTANCES.

30.0 Groupement en série.

Deux turbines T1 et T2 sont montées l'une à la suite de l'autre sur la même conduite (fig. 30.1). L'eau venant du réservoir doit d'abord vaincre la résistance offerte par la turbine T1 avant d'atteindre la turbine T2 où une nouvelle résistance s'oppose à son passage.

Le courant électrique fourni par l'accumulateur (fig. 30.2) doit d'abord traverser la lampe L1, où il rencontre une résistance, avant d'atteindre la lampe L2 où une nouvelle résistance lui est offerte, pour revenir ensuite à la borne négative de l'accumulateur.

Si l'une des deux lampes est brûlée, l'autre ne s'éclaire pas puisqu'il n'y a plus circulation de courant, étant donné que le circuit est ouvert.

La figure 30.3 représente schématiquement deux résistances (récepteurs) groupées en série.

30.1 Groupement en parallèle.

La conduite amenant l'eau du réservoir se divise en deux et sur chacune de ces deux conduites une turbine est montée (fig. 30.4).

La quantité d'eau venant du réservoir se partage en deux au point A.

Une partie traverse la turbine T1, tandis que l'autre partie traverse la turbine T2. L'intensité du courant d'eau passant par le point A est égale à l'intensité du courant d'eau passant par le point B.

Le courant électrique fourni par l'accumulateur (fig. 30.5) se divise au point A du circuit. Une partie du courant traverse la lampe L1 tandis que l'autre partie traverse la lampe L2. Si l'une des deux lampes est brûlée, l'autre reste allumée puisque son circuit reste fermé.

La figure 30.6 représente schématiquement deux résistances (récepteurs) groupées en parallèle.

30.2 Groupement en série-parallèle.

La conduite d'eau venant du réservoir alimente la turbine T1. A la sortie de la turbine T1, la conduite se divise en deux et sur chacune de ces deux conduites, une turbine est montée (fig. 30.7).

2.

Le courant d'eau venant du réservoir va d'abord traverser la turbine T1 où il rencontre une résistance. Ensuite, le courant d'eau va se partager de façon à alimenter les deux autres turbines T2 et T3. L'intensité du courant d'eau traversant la turbine T1 est égale à la somme des intensités d'eau traversant les turbines T2 et T3.

Le courant électrique fourni par l'accumulateur traverse d'abord la lampe L1 et en suite se divise de façon à alimenter parallèlement les lampes L2 et L3 (fig. 30.8). L'intensité du courant qui traverse la lampe L1 est égale à la somme des intensités de courant qui traverse les lampes L2 et L3. Si la lampe L1 est brûlée, les lampes L2 et L3 s'éteignent également. Au contraire, si l'une des deux lampes L2 ou L3 est brûlée, les deux autres restent allumées.

La figure 30.9 représente schématiquement un circuit équipé de résistances (récepteurs) groupées en série-parallèle.

30.3 Calcul de la résistance totale de plusieurs résistances groupées en série.

Dans le groupement série, nous constatons, que toutes les résistances forment un seul et même circuit avec leur source de courant. Par conséquent, la résistance totale de ce circuit est égale à la somme de toutes les résistances du circuit

$$R = r_1 + r_2 + r_3 + \dots$$

Exercice.

Trois résistances r_1 , r_2 et r_3 sont groupées en série et ont pour valeur respectivement : 3,5 et 7 ohms (Ω). Elles sont raccordées à une source de courant par l'intermédiaire d'un fil en fer ayant une longueur de 20 m et une section de 1 mm². Calculez la résistance totale R du circuit (considérons que la source a une résistance de 0,1 ohm).

Solution.

$$\text{Résistance du conducteur: } \frac{\rho \times l}{s} = \frac{0,1 \times 20 \text{ (m)}}{1 \text{ (mm}^2\text{)}} = 2 \Omega$$

Résistance totale du circuit:

$$R = r_1 + r_2 + r_3 + r \text{ du conducteur} + r \text{ de la source} \\ = 3\Omega + 5\Omega + 7\Omega + 2\Omega + 0,1\Omega = 17,1\Omega$$

LE GROUPEMENT DES RESISTANCES (suite).

31.0

Valeur de la résistance correspondante à plusieurs résistances groupées en parallèle.

Supposons un circuit composé de deux résistances r_1 et r_2 groupées en parallèle et raccordées à une source de courant. La première est constituée de fil de fer. Il a une longueur de 40 mètres. Sa section est de 2 mm². La seconde, en fer également, d'une longueur de 40 mètres a une section de 1mm².

La valeur de chacune de ces résistances sera :

$$r_1 = \frac{\rho \times l}{s} = \frac{0,1 \times 40 \text{ (m)}}{2 \text{ (mm}^2\text{)}} = 2 \text{ ohms.}$$

$$r_2 = \frac{\rho \times l}{s} = \frac{0,1 \times 40}{1} = 4 \text{ ohms.}$$

Lorsqu'elles sont groupées en parallèle, le courant se divise dans les deux résistances. Il est possible d'obtenir la même intensité de courant en remplaçant ces deux résistances par une seule ayant une valeur correspondante.

Supposons qu'il soit possible de réunir les deux fils en un seul. Ce nouveau fil aurait par conséquent la même longueur, 40 mètres, mais sa section serait de 1 mm² + 2 mm² = 3 mm².

La valeur de cette résistance sera :

$$R = \frac{\rho \times l}{s} = \frac{0,10 \times 40}{3} = \frac{4}{3} \text{ d'ohm ou } 1,33 \text{ ohm.}$$

Constatation : la résistance correspondant à plusieurs résistances groupées en parallèle est toujours plus petite que la plus petite des résistances qui compose le groupe.

31.1

Calcul de la résistance correspondante à plusieurs résistances groupées en parallèle.

Pour nous permettre de calculer la valeur correspondante tout en connaissant la valeur ohmique des résistances en parallèle, la formule ci-après est d'application :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r^1} + \frac{1}{r^2} + \frac{1}{r^3} + \dots$$

Exemple :

Calculez la valeur correspondante de 3 résistances respectives de 2, 4 et 6 ohms groupées en parallèle.

Solution : $\frac{1}{R} = \frac{1}{r^1} + \frac{1}{r^2} + \frac{1}{r^3}$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{6} = \frac{6}{12} + \frac{3}{12} + \frac{2}{12} = \frac{11}{12}$$

$$R = \frac{12}{11} = 1,09 \Omega$$

31.2

Calcul de la résistance correspondante à des résistances groupées en série-parallèle.

Commençons par calculer la résistance correspondante des résistances groupées en parallèle entre elles. Ajoutons ensuite à celle-ci la somme des résistances groupées en série.

Exemple : Calculer la résistance correspondante d'un groupement de 2 résistances de 2 et 4 ohms groupées en parallèle entre elles et qui à leur tour sont en série avec 2 autres résistances de 3 et 5 ohms.

Solution :

R des résistances en parallèle : $\frac{1}{R} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} = \frac{2}{4} + \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$

$$R = \frac{4}{3} = 1,33 \Omega$$

Somme des résistances en série : $R = 3 \Omega + 5 \Omega = 8 \Omega$

Résistance totale : $R = 1,33 \Omega + 8 \Omega = 9,33 \Omega$

31.3

Shunt.

Dans certaines circonstances, il est nécessaires de placer une résistances en parallèle sur un appareil déterminé.

Le shunt forme une dérivation de courant permettant à cet appareil d'être traversé par un courant plus faible, à la condition qu'il n'y ait dans le circuit pas d'autre résistance.

Le shunt est utilisé dans différents cas, tels que pour :

- les appareils de mesure,
- les appareils délicats ne pouvant supporter qu'un faible courant mais utilisés sous tension élevée,
- élever la vitesse de certains moteurs électriques, etc...

Cours 122.50

31ème leçon

Ces trois cas concernent successivement la sécurité du travail, la construction de l'appareil et améliore l'utilisation des moteurs électriques.

Exemple : La figure 31.1 représente un ampèremètre destiné à mesurer des intensités de courant très élevées comme sur nos engins. Pour assurer la sécurité du personnel on raccorde à l'ampèremètre un shunt adapté.

Pour mesurer un courant de 1000 ampères, le shunt est traversé par 999 A. et l'ampèremètre par 1 A, il indique néanmoins 1000 ampères.

La figure 31.2 représente un appareil d'asservissement très délicat placé dans un circuit à grande intensité. Le shunt laisse passer une grande partie du courant tandis que l'appareil proprement dit est commandé par un courant faible.

La figure 31.3 représente un moteur électrique avec résistance de shuntage non en service.

La figure 31.4 représente le même moteur shunté. Par voie de conséquence le champ magnétique du moteur diminue et sa vitesse augmente.

31.4

Pontage.

Lorsque l'on veut éliminer un appareil électrique en série avec d'autres appareils, on obtient ce résultat par "pontage". Cela veut dire court-circuiter les deux bornes de l'appareil envisagé.

La figure 31.5 représente une série de 6 lampes. En appuyant sur le bouton-poussoir, la lampe n° 5 s'éteint, celle-ci est court-circuitée.

La figure 31.6 représente un moteur et sa résistance de démarrage. Lorsque le moteur atteint une certaine vitesse, l'interrupteur est fermé pour supprimer la résistance de démarrage.

Le "pontage" est souvent appliqué pour :

- éliminer un appareil avarié dans un groupement série ;
- les commandes à distance ;
- les panneaux publicitaires lumineux ;
- éliminer les résistances de démarrage.

QUESTIONNAIRE.

- 29.0.1 Le courant trouve-t-il une résistance à son passage dans un conducteur électrique ?
Eventuellement quels sont les facteurs pouvant influencer celle-ci ?
- 29.1.1 Quelle est l'unité de résistance électrique ?
A quoi correspond sa valeur ?
- 29.2.1 Qu'appelle-t-on la résistance spécifique d'une matière ?
- 29.2.2 Citez quelques métaux ayant une faible résistance spécifique.
- 29.3.1 Quelle est la formule de calcul de la résistance d'une matière déterminée ?
- 29.3.2 Calculez la résistance d'un conducteur en cuivre d'une longueur de 200 mètres et d'une section de 2 mm². La résistivité est de 0,016.
- 29.3.3 Un conducteur en acier doux de 8 mm² de section a une résistance de 50 ohms. Quelle est sa longueur si sa résistivité est 0,1 ?
- 29.4.1 La résistance électrique d'un conducteur varie-t-elle avec sa température ? Comment tient-on compte de ce phénomène ?
- 29.5.1 Donnez la formule de calcul de la variation de la résistance électrique par variation de température.
- 29.5.2 Calculez la résistance d'un conducteur en aluminium (résistivité 0,03) ayant une longueur de 200 mètres et une section de 5 mm². Sa température est portée à 60° C. Le coefficient de température = 0,0039.
- + + +
- 30.0.1 Représentez schématiquement un circuit électrique comportant quatre résistances groupées en série.
- 30.1.1 Représentez schématiquement un circuit électrique comportant quatre résistances groupées en parallèle.
- 30.2.1 Représentez schématiquement un circuit électrique comportant quatre résistances groupées en série-parallèle à votre choix.

2.

30.3.1 Trois résistances r_1 , r_2 , r_3 ayant pour valeurs respectives 2, 3 et 4 ohms sont groupées en série.

Quelle est la valeur de la résistance totale ?

+ + +

31.0.1 Quelle est la valeur de la résistance correspondante d'un groupement de résistances en parallèle ?

31.1.1 Trois résistances r_1 , r_2 et r_3 ayant pour valeurs respectives 2, 3 et 4 ohms sont groupées en parallèle. Quelle est la résistance correspondante ?

31.2.1 Cinq résistances dont 2 en série sont suivies par 3 autres en parallèle. Calculez la résistance correspondante en leur donnant des valeurs à votre choix.

31.3.1 Qu'appelle-t-on un shunt ?

31.3.2 Dans quels cas utilise-t-on un ou plusieurs shunts ?

31.3.3 Dessinez un ampèremètre avec shunt.

31.3.4 Dessinez un moteur électrique sans shunt et ensuite ce moteur avec shunt.

31.4.1 Quand et comment peut-on "ponter" un appareil électrique ?

31.4.2 Citez quelques cas d'application du "pontage".

31.4.3 Dessinez un moteur électrique avec résistance de démarrage. Ensuite supprimer la résistance en appliquant le "pontage".

LE GROUPEMENT DES SOURCES DE COURANT.

33.0 Groupelement en série d'éléments de force hydromotrice.

Les deux réservoirs A1-B1 (fig. 33.1), constituant le premier élément, ont pour différence de potentiel la valeur H. *Les deux réservoirs A2-B2 constituant le deuxième élément ont également la même valeur "H", comme différence de potentiel.*

En raccordant le réservoir B1 au réservoir A2 nous constatons que les deux réservoirs extrêmes A1 et B2 ont pour différence de potentiel 2H. La force hydromotrice résultant de cette association vaut deux fois la force hydromotrice d'un seul élément.

Pareille association est dite "association en série".

L'eau du réservoir A1 va donc traverser les réservoirs B1, A2 et B2 pour être ensuite reprise en charge par la pompe P qui la refoulera vers le réservoir A1.

Du fait que l'eau doit traverser tous les réservoirs pour effectuer son circuit, elle va donc rencontrer toutes les résistances offertes par les réservoirs et les tuyauteries. Par conséquent, si la résistance au passage de l'eau dans un élément est égale à r , la résistance totale résultant de l'association des deux éléments est égale à $r + r$ soit $2r$.

Conclusion: Lorsque des générateurs de forces hydrauliques sont associés en série, la force hydromotrice totale est égale à la force hydromotrice d'un élément multipliée par le nombre d'éléments qui constitue le groupe. Il en est de même pour la résistance interne du groupe, elle est égale à la résistance interne d'un élément multipliée par le nombre d'éléments qui constituent le groupe.

33.1 Groupelement en série de sources de courant.

Supposons deux piles A et B (fig. 33.2) ayant chacune une force électromotrice V de 1,5 volts. Avec une barre de cuivre, nous relierons la borne négative de la pile A à la borne positive de la pile B. Nous avons ainsi constitué une batterie de piles associées en série.

Si nous branchons un voltmètre aux bornes extrêmes, c.à.d. à la borne positive de la première pile et à la borne négative de la seconde pile, nous constatons que la force électromotrice V de cette batterie est de 3 V.

Nous avons vu que pour obtenir du courant, il faut un circuit fermé. Par conséquent, le courant qui circule dans le voltmètre doit aussi circuler à l'intérieur des piles.

Le courant y rencontre donc des résistances qui tentent à s'opposer à son passage. Comme le courant traverse les piles les unes après les autres, il rencontre donc les résistances offertes par chacune d'elles.

Conclusion: Dans une batterie de piles ou d'accumulateurs associés en série, la force électromotrice V de la batterie est égale à la force électromotrice V d'une pile ou d'un accumulateur multipliée par le nombre d'éléments qui constituent la batterie. Il en est de même pour la résistance interne R , elle est égale à la résistance interne r d'un élément multipliée par le nombre d'éléments.

La fig. 33.3 représente schématiquement un groupement de piles ou d'accumulateurs en série.

33.2

Groupement en parallèle d'éléments de force hydromotrice.

Si nous groupons les éléments comme représenté à la fig. 33.4, nous constatons que la différence de potentiel reste égale à celle d'un élément. Donc elle a pour valeur H .

Par contre, la résistance du groupe sera égale à celle d'un élément divisée par le nombre d'éléments à condition que ceux-ci soient identiques.

33.3

Groupement en parallèle de sources de courant.

Les deux piles sont raccordées (fig. 33.5), les pôles positifs entre eux et les négatifs entre eux. C'est une association en parallèle.

En branchant un voltmètre comme le montre la figure, nous constatons que la force électromotrice est restée celle d'une seule pile.

La résistance interne R de cette association est égale à la résistance interne r d'une pile divisée par le nombre de piles (2 dans ce cas).

Conclusion. Lorsque les éléments d'une batterie sont associés en parallèle, la force électromotrice est égale à la force électromotrice V d'un seul élément tandis que la résistance interne R est égale à la résistance d'un élément divisée par le nombre d'éléments.

33.4 Groupement en série parallèle d'éléments de force hydromotrice.

La figure 33.6 représente une association mixte ou en série-parallèle. C'est la combinaison des deux groupements étudiés précédemment. Dans ce cas, la force hydromotrice est égale à la force hydromotrice d'un groupe série, donc $2 H$ tandis que la résistance interne R est celle d'un groupe série divisée par le nombre de groupes séries associés en parallèle.

33.5 Groupement en série parallèle de sources de courant.

La figure 33.7 représente une batterie avec groupement mixte. En d'autres mots, c'est la combinaison des deux groupements déjà étudiés.

Nous trouvons sur la figure, 4 éléments de 1,5 volts. La force électromotrice V est donc égale à $1,5 \text{ volts} \times 2 = 3 \text{ volts}$.

Supposons que la résistance interne r d'une pile est de 0,1 ohm, la résistance interne d'un groupe de deux piles en série est égale à $0,1 \times 2 = 0,2 \text{ ohm}$.

La résistance interne totale R de la batterie est égale à $0,2 \text{ ohm} : 2 = 0,1 \text{ ohm}$.

33.6 Groupement de générateurs rotatifs de courant.

Le groupement de machines rotatives n'est pas souvent appliqué.

Sur nos engins, on trouve parfois des groupes de deux dynamos en parallèle.

L'étude complète du groupement des piles et des accumulateurs est d'application pour les machines rotatives: dynamos, alternateurs et magnétos.

34e leçon.

LA LOI D'OHM. LE TRAVAIL. LA PUISSANCE.

34.0 Loi d'Ohm.

Connectons une résistance r et un ampèremètre sur un accumulateur (fig. 34.1).

La résistance totale R du circuit est de 2 ohms.

En fermant l'interrupteur, l'ampèremètre indique une intensité de 0,7 Amp.

Raccordons maintenant un voltmètre aux 2 bornes de l'accumulateur. Nous trouvons une différence de potentiel ou tension V de 1,4 volts (V).

Nous constatons que $0,7 \text{ ampères} \times 2 \text{ ohms} = 1,4 \text{ Volts}$.

Ensuite, nous remplaçons la résistance r par une autre pour obtenir une résistance totale R de 4 ohms (fig. 34.2).

En fermant l'interrupteur, l'ampèremètre nous indique une intensité de 0,35 amp. En effet, la résistance étant doublée, le courant diminue de moitié.

Malgré tout le voltmètre indique une tension V de 1,4 V.

Nous constatons que $0,36 \text{ A} \times 4 \Omega = 1,4 \text{ V}$.

Conclusion.

La tension est toujours égale au produit de la résistance par l'intensité du courant qui la traverse.

C'est la loi d'Ohm.

34.1 Formule de la loi d'Ohm.

tension = résistance x intensité

$$V = R \times A$$

Volts = Ohms x Ampères

$$\text{Résistance} = \frac{\text{tension}}{\text{intensité}}$$

$$R = \frac{V}{A}$$

$$\text{intensité} = \frac{\text{tension}}{\text{résistance}}$$

$$A = \frac{V}{R}$$

34.2 Travail fourni par une installation hydromotrice.

Prenons le circuit hydraulique (fig. 34.3), composé par un cylindre C dans lequel se meut un piston P. Quand le piston P est déplacé au moyen de la tige T, le liquide circule dans le circuit a-b-c-d. L'effort F exercé sur le piston dépend de la quantité d'eau, du diamètre, de la longueur et de l'état des parois.

L'effort F sert à vaincre les résistances qui s'opposent à l'écoulement de l'eau.

Soit F l'effort en N et s le déplacement du piston en m, le travail effectué s'écrira :

$$\begin{array}{l} \text{Travail} = \text{Effort} \times \text{déplacement} \\ \text{Joules} = \text{Newton} \times \text{mètres} \end{array}$$

$$W = F \times S$$

L'unité du travail hydraulique est le joule (J).

34.3 Travail fourni par un courant électrique.

Le travail électrique d'un courant, au bout d'un certain temps, est égal au produit de la tension par la quantité d'électricité qui passe en un point donné du circuit pendant ce temps (fig. 34.4).

L'unité du travail électrique est le joule

1 joule = 1 Volt x 1 Ampère x 1 seconde

1 joule = 1 Newtonmètre (Nm)

$$\begin{array}{l} \text{Travail} = \text{tension} \times \text{courant} \times \text{temps} \\ \text{joules} = \text{Volts} \times \text{Ampères} \times \text{secondes} \\ W = V \times A \times \text{sec.} \end{array}$$

34.4 Puissance d'un courant.

La puissance d'un courant électrique est le travail fourni pendant l'unité de temps (seconde).

Puissance	=	$\frac{\text{travail}}{\text{temps}}$	=	$\frac{\text{joules}}{\text{temps}}$
Watts	=	$\frac{\text{tension} \times \text{courant} \times \text{temps}}{\text{temps}}$		
P	=	V	x	A

$$V = \frac{P}{A}$$

$$A = \frac{P}{V}$$

L'unité de la puissance électrique est le Watt ou son multiple le kilowatt (kW) (1.000 W).

La puissance d'un Watt signifie un travail de un joule par seconde.

34.5 Rapports de transformation.

$$1 \text{ newtonmètre} = 1 \text{ joule} = 1 \text{ watt/sec.}$$

$$1 \text{ newtonmètre par seconde} = 1 \text{ watt.}$$

34.6 Consommation d'électricité.

La consommation est donnée en Watt/heure ou en kilowatt/heure (fig. 34.5).

Par conséquent le prix de revient est toujours calculé en prenant pour base la puissance d'un appareil.

Supposons une lampe de 60 Watts, raccordée sur un circuit ayant une tension de 120 Volts.

Le courant traversant la lampe est de :

$$60 \text{ W} : 120 \text{ V} = 0,5 \text{ A}$$

Toutefois, notre compteur n'indique pas cette intensité. Après utilisation de la lampe pendant une heure, on trouve une indication de 60 Watts.

Conclusion : Cette lampe consomme 30 Watts/heure par demi-heure, 15 Watts/heure par quart d'heure, 120 watts/heure en deux heures, etc...

LE DEGAGEMENT DE CHALEUR PAR LE COURANT ELECTRIQUE.

35.0 Actions calorifiques de résistances parcourues par un courant.

Prenons une résistance variable R (fig. 35.1) constituée d'un fil en ferro-nickel et raccordons celle-ci aux bornes d'une source de courant. Nous déplaçons le balais B de telle façon que toute la résistance R soit parcourue par le courant.

L'ampèremètre nous indique une intensité de 1 ampère. Après un certain temps, nous constatons l'échauffement de la résistance.

Amenons le balais B vers le centre de la résistance R (fig. 35.2), l'intensité est alors de 5 Ampères. Nous constatons que la partie de la résistance R parcourue par le courant devient, après un certain temps, incandescente.

Déplaçons ensuite le balais B vers l'extrémité de la résistance (fig. 35.3), le courant parcourant une petite partie de la résistance, l'intensité est de 10 Ampères. Cette partie de la résistance s'échauffe fortement et après un certain temps atteint son point de fusion.

Conclusion.

Un conducteur parcouru par le courant électrique dégage de la chaleur.

Ce phénomène est appelé effet Joule.

35.1 Quantité de chaleur.

La quantité de chaleur produite par le passage du courant dans un conducteur dépend :

- de l'intensité,
- de la nature du conducteur, donc de la résistance,
- de la durée de passage du courant.

35.2 Calcul de la quantité de chaleur dégagée.

Pour calculer la quantité de chaleur dégagée par effet Joule, il faut connaître la valeur des trois facteurs précités : intensité, résistance, durée en secondes.

Commençons par chercher le travail fourni en appliquant la formule suivante :

$\begin{array}{l} \text{travail} = \text{résistance} \times \text{intensité}^2 \times \text{temps} \\ W \quad = \quad R \quad \times \quad A^2 \quad \times \quad \text{sec.} \end{array}$
--

35.3 Chute de tension.

Observons la figure 35.4, nous voyons que la force électromotrice E aux bornes de la dynamo D est égale à 24 Volts.

Par contre, le voltmètre branché aux bornes du moteur M indique une tension U de 22,8 V. L'Ampèremètre renseigne une intensité de 4 Ampères.

Il existe donc une différence de tension entre la source de courant et le récepteur. Ce phénomène est appelé : chute de tension dans les conducteurs.

La chute de tension dépend de la résistance des conducteurs. Plus la résistance sera grande, plus la chute de tension sera importante.

Par conséquent, il existe une perte de puissance dans les conducteurs qui se transforme en chaleur.

La puissance fournie par la dynamo est :

$$24 \text{ volts} \times 4 \text{ ampères} = 96 \text{ watts.}$$

La puissance développée par le moteur est :

$$22,8 \text{ V} \times 4 \text{ A} = 91,2 \text{ W.}$$

$$\text{La perte de puissance} = 96 \text{ W} - 91,2 \text{ W} = 4,8 \text{ W.}$$

35.4 Dégagement de chaleur dans les machines rotatives.

Le dégagement de chaleur est un effet résultant du passage du courant dans les appareils électriques.

Dans certains appareils (tels que chauffage et appareils électro-ménagers) la chaleur dégagée par effet Joule est souhaitée et utile.

Dans d'autres récepteurs (machines rotatives) l'effet Joule est nuisible et est souvent la cause d'avaries. Il limite généralement la puissance des moteurs électriques.

La puissance normale d'un moteur électrique est celle qu'il peut développer sans que sa température ne dépasse la limite au-dessus de laquelle il pourrait se détériorer. En effet, pour que le moteur développe une puissance plus grande, il doit être traversé par un courant plus intense, par conséquent, sa température peut s'élever à tel point que les isolants, vernis et résines, qui entourent les conducteurs se carbonisent. Le moteur peut être ainsi mis hors service. On dit qu'il est grillé.

La température d'un moteur électrique ordinaire ne doit normalement pas dépasser 80° C.

Les génératrices et les moteurs sont généralement munis d'un ventilateur envoyant un courant d'air sur les enroulements afin de maintenir leur température en dessous de la limite admissible.

Le ventilateur peut être incorporée ou former un organe indépendant.

35.5 Court-circuit.

Relions deux fils, de potentiels différents au moyen d'une barre en cuivre (fig. 35.5). Nous constatons que le conducteur s'échauffe très vite et fond.

Nous avons provoqué un court-circuit, c'est-à-dire que la résistance, en l'occurrence la lampe, a été pontée. L'intensité dans le conducteur devient tellement élevée qu'il fond.

Dans le circuit représenté à la figure 35.6, on a intercalé un fil très fin. En renouvelant l'essai, nous constatons la fusion immédiate de ce fil tandis que les conducteurs restent intacts.

Conclusion.

On utilise comme protection du circuit un filament très fin. En cas d'intensité élevée, inopinée et dangereuse, par la fusion de ce fil, le circuit est interrompu automatiquement.

Tous les circuits électriques doivent être munis d'un appareil de sécurité afin d'éviter les avaries et éventuellement les incendies.

En pratique, on rencontre les appareils de protection suivants :

- les fusibles, constitués d'un fil calibré en argent ou en cuivre. Ce fil est placé dans un support isolant,
- les disjoncteurs thermiques s'ouvrant à une certaine température sous l'influence d'un "bimétal",
- les disjoncteurs magnétiques, qui s'ouvrent dès que le courant atteint une certaine valeur.

La figure 35.7 donne la représentation symbolique de ces trois sécurités.

QUESTIONNAIRE.

- 33.0.1. Faites le schéma de deux éléments de force hydromotrice, couplés en série. Quelle est la valeur de la force hydromotrice et la résistance totale ?
- 33.1.1. Dessinez une batterie, constituée de 4 éléments groupés en série. Quelle est la force électromotrice si un élément a une f.e.m. de 1,5 volts ?
- 33.1.2. Dessinez une batterie constituée de 6 éléments groupés en série. Quelle est la résistance interne si la résistance d'un élément est 0,1 ohm ?
- 33.2.1. Faites le schéma de deux éléments de force hydromotrice, couplés en parallèle. Quelle est la valeur de la force hydromotrice et la résistance de ce groupe ?
- 33.3.1. Faites le schéma d'une batterie constituée de 4 éléments groupés en parallèle. Quelle est la force électromotrice si la f.e.m. d'un élément est de 1,5 volts ?
- 33.3.2. Calculez la résistance interne d'une batterie, constituée de 6 éléments en parallèle. Chaque élément a une résistance interne de 0,1 ohm.
- 33.4.1. Faites le schéma de 4 éléments de force hydromotrice couplés en série parallèle. Quelle est la valeur totale de la force hydromotrice et de la résistance ?
- 33.5.1. Faites le schéma d'une batterie constituée de 4 éléments groupés 2 par 2 en série parallèle. Quelle est la force électromotrice si la f.e.m. d'un élément est de 1,5 volts ?
- 33.5.2. Calculez la résistance interne d'une batterie constituée de 6 éléments couplés par groupe de 2 en série parallèle. La résistance interne d'un élément est 0,1 ohm ?
- 33.6.1. Dessinez deux dynamos couplées en série et deux autres groupées en parallèle.
La f.e.m. d'une dynamo est de 24 volts. Quelle est la valeur de la f.e.m. dans les deux cas ?
- 34.0.1. Qu'entend-on par la loi d'Ohm ?
Donnez un exemple.

- 34.1.1. Ecrivez la formule de la loi d'Ohm sous ses trois formes.
- 34.1.2. Quel est le courant obtenu en appliquant une f.e.m. de 200 volts à une résistance de 10 ohms ?
- 34.1.3. Quelle est la valeur de la f.e.m. qui fait circuler un courant de 55 ampères dans une résistance de 4 ohms ?
- 34.1.4. Quelle est la résistance d'un circuit parcouru par un courant de 22 ampères si la f.e.m. appliquée à ses bornes est de 110 volts.
- 34.1.5. Deux résistances de même valeur sont groupées en parallèle. Le courant, fourni par une batterie de 24 volts, atteint 6 ampères. Quelle est la valeur d'une des résistances ?
- 34.2.1. Calculez le travail fourni par une installation hydromotrice. La pression totale exerce un effort de 500 daN et le déplacement de la force est de 3 m.
- 34.3.1. Quelle est l'unité du travail électrique ? Quelle est sa valeur ? Est-il possible de la transformer en unité mécanique ?
- 34.3.2. Calculez le travail fourni par un moteur électrique qui absorbe un courant de 5 ampères sous une tension de 200 volts pendant 1 heure.
- 34.4.1. Quelle est la puissance électrique ? Ecrivez la formule dans ses trois formes.
- 34.4.2. Calculez la puissance d'un moteur électrique parcouru par un courant de 10 ampères sous une tension de 100 volts.
- 34.4.3. Calculez la puissance fournie par une dynamo, qui applique une f.e.m. de 200 volts sur une résistance de 5 ohms.
- 34.4.4. Calculez le courant maximum que peut fournir une génératrice aux moteurs de traction. La génératrice développe une puissance de 960 kW et sa tension minimum est de 400 volts.

34.6.1. Une lampe de 120 watts est allumée pendant 8 heures. Quel est le prix de revient si le kWh coûte 4 francs ?

34.6.2. Un moteur électrique dont la puissance est de 1 kW tourne 160 heures par mois. Combien doit-on payer mensuellement si le prix de revient du kWh est de 2,5 francs ?

34.6.3. Un appareil de chauffage, ayant une résistance de 40 ohms, laisse passer un courant de 5 ampères. Il est en service journalièrement et pendant 10 heures. Quel est le prix de la consommation par mois de 30 jours si un kWh coûte 2,5 francs ?

+
+ +

35.0.1. Qu'appelle-t-on effet Joule ? Est-il utile ? Utilise-t-on cet effet en pratique ?

35.1.1. De quels facteurs dépend la quantité de chaleur dégagée par un appareil électrique ?

35.2.1. Une dynamo ayant une f.e.m. de 500 volts fournit un courant de 1000 ampères à un moteur électrique. Quelle est la perte de puissance par effet Joule si la résistance du moteur est de 0,025 ohm et quelle est la puissance utile fournie par ce moteur ?

35.2.2. Comment calcule-t-on la quantité de chaleur obtenue par effet Joule ?

35.2.3. Calculez le nombre de joules dégagées par heure si l'appareil de chauffage électrique laisse passer un courant de 10 ampères sous une tension de 220 volts.

35.3.1. Dessinez un circuit électrique comportant les éléments suivants : une batterie de 72 volts, un moteur électrique ayant une résistance de 5,9 ohms. Les câbles nécessaires ont une résistance de 0,1 ohm. Quelle est la chute de tension dans les conducteurs et quelle est la tension trouvée aux bornes du moteur ?

35.3.2. Comment peut-on réduire la chute de tension dans les conducteurs ? Quels sont les dangers si la chute de tension est très grande ?

35.4.1. Comment les machines électriques sont-elles protégées contre l'effet Joule ?

35.5.1. Qu'entend-on par un court-circuit ?

35.5.2. Une source de courant de 100 volts fournit à une lampe un courant de 2 ampères. Quelle serait l'intensité dans les conducteurs si ceux-ci étaient mis en contact accidentellement en supposant que leur résistance est de 0,1 ohm ?

35.5.3. Quels sont les appareils de protection utilisés pratiquement contre les court-circuits et les surintensités dans les circuits électriques ?



L'ETUDE D'UN ACCUMULATEUR.

37.0. Constitution de l'accumulateur au plomb.

Un accumulateur est constitué d'un récipient en verre rempli d'une solution d'acide sulfurique. Dans ce liquide, sont placés deux groupes de plaques en plomb (fig. 37.1).

Les plaques négatives et positives sont alternées, elles posent par leurs extrémités sur les bords du récipient en verre et restent ainsi suspendues. Il est aussi possible qu'elles soient placées sur des nervures au fond du récipient.

Les plaques ou électrodes de même nom sont raccordées par une barre afin de former un groupe négatif et un groupe positif. Les plaques sont séparées entre elles par des intercalaires isolants.

37.1. Plaques positives (fig. 37.2).

Elles sont d'une pièce et en plomb pur. Les deux côtés sont pourvus de plusieurs lamelles afin d'augmenter leur surface. Les lamelles sont connectées par des barres horizontales.

Les plaques positives d'un élément chargé sont de couleur brune, formée par la transformation superficielle du plomb en peroxyde de plomb. Cet oxyde forme la matière active positive.

37.2. Plaques négatives (fig. 37.3).

Celles-ci sont généralement constituées de deux grilles rivées l'une à l'autre. La première composée de cadres larges en alliage de plomb-antimoine est placée sur une deuxième grille en plomb pur pourvue de petits orifices (nids d'abeilles).

Les cadres sont remplis par du plomb pur poreux, c'est la matière active négative.

Les plaques négatives d'un élément chargé sont de couleur gris ardoise. Les plaques négatives et positives sont séparées par des intercalaires isolants afin d'éviter tout contact entre elles (court-circuit).

37.3. Electrolyte.

C'est le nom donné au liquide devant se trouver dans l'accumulateur. C'est une solution d'eau distillée additionnée d'acide sulfurique pur. Le poids spécifique ou densité de cette solution est de 1,195. Elle est donc plus lourde que l'eau.

2.

Pour contrôler la densité de l'électrolyte, on utilise une échelle spéciale dite de Beaumé.

0° Beaumé correspond à un poids spécifique de 1,000.

La densité d'une solution fraîche doit être de 24° Beaumé. On obtient cette solution en mélangeant 7 parties d'eau distillée avec 2 parties d'acide sulfurique.

37.4. Bac d'accumulateur

Le bac d'un accumulateur au plomb, en verre ou en bakélite, a une profondeur suffisante pour que les bords inférieurs des plaques restent à une certaine distance du fond. Ceci évite les court-circuits dus au dépôt de matières actives.

37.5. Force électromotrice d'un accumulateur au plomb.

La force électromotrice d'un accumulateur au plomb est mesurée le circuit extérieur étant ouvert. Cela veut dire qu'il n'est ni en charge, ni en décharge.

Lorsque l'accumulateur est suffisamment chargé, la f.e.m. à circuit ouvert est de 2,2 volts et peut descendre à 1,8 volts.

37.6. Résistance interne d'un accumulateur au plomb.

La résistance interne dépend de la surface des plaques de la distance entre celles-ci et de la concentration de l'électrolyte.

Pour obtenir une très faible résistance interne, la surface des plaques doit être la plus grande possible, la distance entre elles très réduite et l'électrolyte doit avoir un poids spécifique élevé sans dépasser un maximum autorisé.

La résistance est comprise entre 0,01 ohm pour les petits éléments et 0,001 pour les grands.

37.7. Capacité d'un accumulateur au plomb.

La capacité d'un accumulateur est la quantité de courant pouvant être utilisée pendant un certain nombre d'heures. L'unité employée est l'ampère-heure.

Exemple: une batterie d'accumulateurs ayant une capacité de 80 ampères-heure peut débiter théoriquement:

80 A	pendant	1 heure
40 A	"	2 heures
20 A	"	4 "
160 A	"	$\frac{1}{2}$ heure
320 A	"	$\frac{1}{4}$ "
640 A	"	$\frac{1}{8}$ "

Il est à remarquer qu'en pratique, la capacité est plus grande avec une décharge lente.

La capacité dépend de la surface des plaques et diminue lorsque la température baisse.

37.8. Description d'un accumulateur alcalin.

Actuellement, on utilise fréquemment des accumulateurs alcalins.

On en trouve différentes sortes. Les plus utilisés sont des accumulateurs^{au} ferro-nickel et au cadmium-nickel.

Les électrodes positives d'un élément ferro-nickel sont composées d'un mélange d'hydroxyde de nickel et de poudre de nickel, enfermé dans des tubes en acier au nickel. Ces tubes, percés de petits trous, sont placés dans un cadre en acier au nickel.

Les électrodes négatives sont composées par de l'hydroxyde de fer placé dans de petites chambres en acier au nickel percées de petits trous. Ces chambres sont disposées en cadre qui forment ainsi des plaques ou électrodes.

Les électrodes négatives sont distancées des positives au moyen d'intercalaires en ébonite.

Les électrodes de même nom sont raccordées entre elles par des barres en acier, le tout est placé dans un bac en acier au nickel.

Ce bac est fermé par un couvercle soudé pourvu d'un bouchon fermé hermétiquement. De l'eau distillée additionnée de 20 % de soude caustique forme l'électrolyte.

37.9. Avantages et inconvénients de l'accumulateur alcalin.

L'accumulateur alcalin:

- permet le débit de fortes intensités;
- autorise des charges lentes;
- résiste aux basses températures;
- résiste à certaines surcharges;
- est léger et robuste;
- peut rester longtemps déchargé sans danger de dégâts;
- tient longtemps sa charge à circuit ouvert.

Par contre:

- il coûte très cher;
- la f.e.m. est moins constante (1,3 V à 0,6 V);
- il demande un entretien suivi suite à son prix élevé.

37.10. Avantages et inconvénients de l'accumulateur au plomb.

Les avantages sont:

- son prix avantageux;
- f.e.m. plus ou moins constante (2,2 à 1,8 V);
- son entretien réduit (remplacement possible suite à son prix modéré).

Les inconvénients sont:

- il est très lourd;
- l'électrolyte est dangereux à manipuler;
- les gaz dégagés sont très explosifs;
- il ne supporte pas les fortes intensités;
- il demande une charge rapide;
- la perte considérable de capacité aux basses températures.

37.11. Décharge d'un accumulateur au plomb.

Raccordons sur un accumulateur une résistance variable; un ampèremètre dans le circuit et un voltmètre aux bornes de la source (fig. 37.4).

Réglons la résistance de telle façon que nous obtenions un courant de décharge constant de 1 amp. par kg de plaques.

Nous constatons pendant la décharge que:

- a) La f.e.m. descend au début jusque 1,95 volts, puis se stabilise entre 1,95 V et 1,85 V. Ensuite, la f.e.m. descend plus rapidement. Il est recommandé d'arrêter la décharge lorsque la f.e.m. atteint 1,8 volts (fig. 37.5);
- b) La densité de l'électrolyte descend de 24° à 20° Beaumé;
- c) La couleur des plaques change. Les positives brun foncé au début passent au brun clair. Les négatives passent du gris ardoise au gris clair.

Conclusion: La décharge d'un accumulateur provoque:

- une baisse de la f.e.m. ;
- une diminution de la densité;
- un changement de couleur des électrodes.

37.12. Charge d'un accumulateur au plomb.

Raccordons l'accumulateur à une dynamo D en réglant la résistance de telle façon que nous obtenions un courant de charge de 1 amp. par kg de plaques (fig. 37.6).

Pendant la charge, nous constatons que:

- a) La f.e.m. augmente d'abord rapidement de 1,8 V vers 2,1 volts, ensuite plus lentement jusque 2,2 volts, enfin très rapidement jusque 2,6 volts. L'élément est alors chargé;
- b) La densité de l'électrolyte augmente graduellement de 20° à 24° Baumé. A partir de 24° B, il se met en ébullition, la solution se transforme en hydrogène et oxygène (gaz explosif);
- c) La couleur des plaques devient sombre. Les plaques positives deviennent brun-rouge et les négatives gris-ardoise;
- d) En ouvrant le circuit, nous mesurons une f.e.m. de 2,2 volts.

Conclusions: La charge d'un accumulateur provoque:

- une augmentation de la f.e.m.;
- une augmentation de la densité de l'électrolyte;
- une variation de couleur des plaques;
- l'ébullition de l'électrolyte en fin de charge.

LA CHARGE DES ACCUMULATEURS.

38.0. Généralités.

Nous avons vu qu'après l'utilisation de l'énergie emmagasinée dans les accumulateurs, il est possible de recharger ceux-ci.

Pour la recharge des accumulateurs, il est nécessaire de disposer d'une source de courant continu.

La dynamo, généralement utilisée à cet effet, est la dynamo shunt (GA = génératrice auxiliaire).

38.1. Régime de charge.

La dynamo étant utilisée simultanément pour la charge de la batterie et pour l'alimentation des auxiliaires, la tension aux bornes de celle-ci doit être plus ou moins constante.

De ce fait, le régime adopté pour la charge sera donc à tension constante et à courant variable.

Au début de la charge, le courant sera important pour diminuer au fur et à mesure que la tension aux bornes de la batterie augmente.

38.2. Appareils nécessaires dans le circuit de charge-batterie.

Dans ce circuit, on trouve généralement:

- a) une dynamo;
- b) un régulateur de tension;
- c) un régulateur de courant;
- d) un conjoncteur-disjoncteur;
- e) un appareil de sécurité.

38.3. Dynamo.

La puissance de la dynamo doit être appropriée à la capacité de la batterie.

La tension maximum de la dynamo doit être de quelques volts supérieure à la tension maximum de la batterie.

L'étude des dynamos sera faite à la leçon 46.

2.

38.4. Régulateur de tension.

La dynamo étant entraînée à vitesse variable par le moteur Diesel, il est nécessaire, pour obtenir une tension constante à ses bornes, d'incorporer un régulateur de tension.

Le fonctionnement du régulateur de tension est basé sur le principe d'une résistance variable insérée dans le circuit d'excitation de la dynamo.

38.5. Régulateur de courant.

Un régulateur de courant est parfois incorporé dans le circuit afin d'éviter que le courant de charge ne dépasse la valeur maximum pouvant être supportée par la batterie.

38.6. Conjoncteur-disjoncteur.

La tension aux bornes de la dynamo peut, sous certaines conditions (vitesse trop faible, arrêt de la dynamo ou avarie) être inférieure à celle de la batterie.

Dans ce cas, un courant important pourrait s'établir de la batterie vers la dynamo, pouvant détériorer celle-ci.

Le conjoncteur-disjoncteur a pour but:

- a) De permettre la liaison entre la dynamo et la batterie, dès que la tension aux bornes de la dynamo est supérieure à celle de la batterie;
- b) D'interrompre cette liaison dès que la tension aux bornes de la dynamo devient inférieure à celle de la batterie.

38.7. Circuit de principe (fig. 38.1).

Dès que le moteur Diesel est lancé, la dynamo à une vitesse telle que la tension à ses bornes atteint sa valeur maximum.

La bobine 1 du conjoncteur-disjoncteur est alimentée en circuit fermé. Dès que la tension aux bornes de la dynamo est suffisante, le champ magnétique créé attire l'armature. Le contact entre les deux lamelles a et b assure ainsi la liaison entre la dynamo et la batterie.

La bobine 2, parcourue par le courant, produit un champ magnétique renforçant celui de la bobine 1.

La valeur du courant de charge peut être contrôlée à l'ampèremètre.

En fonctionnement normal, le conjoncteur-disjoncteur reste fermé.

Supposons que la tension aux bornes de la dynamo devienne inférieure à celle de la batterie. Un courant de retour traverse la bobine 2 en sens inverse. De ce fait, le champ magnétique disparaît (ceux des bobines 1 et 2 s'annulant) et le ressort R attire l'armature qui sépare les lamelles a et b. La liaison batterie-dynamo est interrompue.

En cas de non-fonctionnement du conjoncteur-disjoncteur le fusible F protège la dynamo.

Remarque. Sur certains engins récents, le conjoncteur-disjoncteur est remplacé par un redresseur.

39.0. Aimants naturels.

Aux environs de la ville de Magnésia en Asie Mineure, ont été trouvés pour la première fois certains minerais ayant un pouvoir d'attraction sur de petits morceaux de fer. Ce sont des aimants naturels.

En pratique, les aimants naturels ne sont pas utilisables.

39.1. Aimants artificiels.

Nous plaçons une barre en acier trempé dans une bobine ayant un grand nombre de spires. En faisant traverser cette bobine par un courant important, la barre d'acier devient magnétique (fig. 39.1) et attire de la limaille ou de petites particules de fer ou d'acier.

Si nous coupons le courant, nous constatons que la barre reste aimantée. Elle est devenue un aimant permanent.

Répetons la même expérience avec une barre en fer doux. Aussi longtemps que le courant parcourt la bobine, la barre est magnétique. Si nous coupons le courant, le magnétisme disparaît. C'est un aimant "temporaire".

L'ensemble, bobine et barre, forme un électro-aimant.

Des barres en cuivre, plomb, aluminium, zinc, ne s'aimantent pas.

En pratique, on utilise donc deux sortes d'aimants :

- L'aimant permanent;
- L'électro-aimant.

39.2. Influence des aimants.

Les aimants attirent le fer, la fonte, l'acier, le nickel et le cobalt. Ces métaux sont appelés ferro-magnétiques.

Par contre, les aimants n'attirent pas le cuivre, le plomb, le zinc, l'étain, l'aluminium, l'or, l'argent, etc...

Ces métaux sont appelés non magnétiques.

Les aimants permanents sont fabriqués en acier trempé sous forme de barre, fer à cheval, aiguille, etc... (fig. 39.2).

39.3. Élévation de température des aimants.

Les propriétés magnétiques disparaissent complètement à une température d'environ 780°C.

Si l'on chauffe un aimant permanent à cette température, il n'est plus aimanté même après refroidissement.

Aucun métal ne se laisse attirer lorsqu'il est à cette température.

39.4. Parties d'un aimant.

Il n'y a attraction qu'en deux points de la masse d'un aimant. On les appelle les deux pôles de l'aimant (fig. 39.3).

Les pôles sont séparés par une zone neutre.

39.5. Direction prise par un aimant mobile.

La figure 39.4 représente une aiguille aimantée mobile placée sur un pivot.

Nous constatons que l'aiguille se dirige toujours dans la même position indépendamment de l'endroit où elle se trouve, à condition de ne pas être en présence de matière ferreuse.

La ligne de direction prise par l'aiguille est Nord-Sud, donc l'un des points indique le pôle Nord et l'autre le pôle Sud de la terre.

Si nous retournons l'aiguille, elle se remet directement dans la position précédente. Par conséquent, c'est toujours le même pôle qui indique le Nord. Ce pôle est appelé "pôle Nord" (N), l'autre "pôle Sud" (S).

39.6. Attraction et répulsion des pôles magnétiques.

Approchons, l'une de l'autre, deux aiguilles aimantées (fig. 39.5). Nous constatons qu'il y a soit attraction, soit répulsion entre les pôles.

Nous en concluons que :

- deux pôles de noms différents s'attirent;
- deux pôles de même nom se repoussent.

D'autre part, un morceau de fer non magnétisé est attiré par les deux pôles d'une aiguille aimantée.

39.7. Aimantation par influence.

Prenons une barre en fer doux, approchons la d'un des pôles d'un aimant en forme de barreau (fig. 39.6).

Nous constatons que l'extrémité opposée du barreau attire la limaille de fer.

La barre en fer doux est aimantée sous l'influence de l'aimant permanent. Avec une aiguille aimantée, nous constatons que les pôles se faisant face, de l'aimant et de fer, sont de noms contraires.

L'aimantation par influence explique l'attraction de la limaille de fer par un aimant et la formation de houpes autour des pôles. Chaque grain de limaille, au voisinage de l'aimant, s'aimante par influence et attire d'autres grains de limaille (fig. 39.6).

39.8. Impossibilité d'isoler un pôle d'aimant.

Considérons un aimant en forme de barre (fig. 39.7) et coupons celle-ci en deux parties. Chacune d'elles possède un pôle Nord et un pôle Sud.

Après coupure des deux parties de la barre, nous obtenons quatre aimants ayant chacun un pôle N et un pôle S.

Reconstituons la barre initiale en plaçant, bout à bout, les quatre parties comme elles ont été séparées, nous obtenons à nouveau un seul aimant avec un pôle Nord et un pôle Sud.

Nous en concluons qu'il est impossible d'isoler un pôle magnétique.

39.9. Champ magnétique.

Approchons lentement une boussole d'un barreau aimanté. Quand elle en est suffisamment près, l'aiguille de la boussole se met à osciller. A ce moment, elle se trouve dans le champ de force magnétique du barreau.

Le champ magnétique est donc la région de l'espace dans laquelle une aiguille aimantée est soumise à l'action de force magnétique.

Une aiguille aimantée éloignée de tout aimant et métaux ferro-magnétiques s'oriente suivant la ligne N-S de la terre. Il existe donc autour de la terre un champ magnétique.

39.10. Lignes de force d'un champ magnétique.

Nous avons vu qu'il est impossible d'isoler un pôle Nord mais supposons que ce soit réalisable.

Repoussé par le pôle N d'un barreau aimanté (fig. 39.10) et attiré par le pôle S, il se déplace dans la direction et le sens du champ magnétique.

Le chemin suivi est une ligne de force de ce champ magnétique.

Si l'on déplace une boussole parallèlement au barreau aimanté, on constate que l'aiguille s'oriente continuellement suivant la ligne de force passant par ce point (fig. 39.11).

Conclusions.

- Il existe dans un champ magnétique un grand nombre de lignes de force;
- Les lignes de force ne se coupent jamais;
- Les lignes de force se dirigent du N au S à l'extérieur de l'aimant et du S au N à l'intérieur.

39.11. Spectre magnétique.

Faisons l'expérience suivante : au-dessus d'un barreau aimanté (fig. 39.12) plaçons une vitre recouverte d'un papier blanc. Saupoudrons celui-ci de limailles de fer. Tapotons légèrement la feuille, les grains de limaille se rangent en files régulières et forment une figure spéciale.

L'ensemble se nomme "spectre magnétique" (fig. 39.13).

Dans le spectre nous remarquons :

- la direction des lignes de force;
- la zone neutre;
- les deux pôles où la limaille se concentre en forme de houppe.

39.12. Flux magnétique.

Si nous plaçons une surface plane perpendiculairement à la direction du champ, cette surface sera traversée par les lignes de force.

L'ensemble des lignes de force traversant celle-ci est appelé un flux magnétique.

QUESTIONNAIRE.

- 37.0.1 Décrivez sommairement avec schéma un accumulateur au plomb.
- 37.1.1 Comment sont constituées les plaques positives d'un accumulateur au plomb et quelle est leur couleur ?
- 37.2.1 Comment sont constituées les plaques négatives d'un accumulateur au plomb et quelle est leur couleur ?
- 37.3.1 Quelle est l'électrolyte utilisée dans un accumulateur au plomb ?
- 37.4.1 Quelle est la matière utilisée pour la fabrication des bacs d'accumulateurs au plomb ?
Peuvent-ils être fabriqués en acier et pourquoi ?
- 37.5.1 Quelle est la valeur de la force électromotrice d'un accumulateur au plomb ? Comment la mesure-t-on ?
- 37.6.1 De quels facteurs dépend la résistance interne d'un accumulateur au plomb ?
- 37.7.1 Qu'entend-on par capacité d'un accumulateur ?
- 37.7.2 Une batterie a une capacité de 100 ampères-heure.
Quel est le temps pendant lequel elle peut fournir un courant de 20 ampères ?
- 37.8.1 Comment est constitué un accumulateur alcalin ?
- 37.9.1 Quels sont les avantages d'un accumulateur alcalin ?
- 37.9.2 Quels sont les inconvénients d'un accumulateur alcalin ?
- 37.10.1 Quels sont les avantages d'un accumulateur au plomb ?
- 37.10.2 Quels sont les inconvénients d'un accumulateur au plomb ?
- 37.11.1 Quels sont les phénomènes se produisant pendant la décharge d'un accumulateur au plomb ?
- 37.12.1 Quels sont les phénomènes se produisant lors de la charge d'un accumulateur au plomb ?
- x
x x
- 38.0.1 Quel est le générateur utilisé généralement pour la charge d'un accumulateur ? Quel courant fournit-il ?
- 38.1.1 Quel est le régime de charge de la batterie utilisé généralement sur nos engins Diesel ?
- 38.2.1 Quels sont les appareils nécessaires dans le circuit de "charge-batterie" ?
- 38.3.1 Quelles sont les caractéristiques de la dynamo de charge ?
- 38.4.1 Quel est le but du régulateur de tension ?

2.

- 38.5.1 Peut-on effectuer la charge d'une batterie avec un courant ayant une valeur quelconque ?
- 38.6.1 Quel est le but du conjoncteur-disjoncteur ?
- 38.7.1 Expliquez le schéma de principe représenté à la fig. 38.1.

x
x xa

- 39.0.1 Trouve-t-on des aimants dans la nature ?
Si oui, sont-ils utilisés ?
- 39.1.1 Comment peut-on obtenir un aimant artificiel ?
- 39.1.2 Qu'appelle-t-on un aimant permanent et un électro-aimant ?
- 39.2.1 Un aimant a-t-il une influence sur tous les métaux ?
Comment groupe-t-on les différents métaux au point de vue magnétique ?
- 39.2.2 Quelles sont les formes sous lesquelles peuvent se présenter les aimants permanents ?
- 39.3.1 Un aimant permanent garde-t-il ses propriétés magnétiques lors d'une hausse de sa température ?
Peut-on attirer des métaux incandescents ?
- 39.4.1 Dessinez un barreau aimanté et indiquez ses différentes parties.
- 39.5.1 Comment identifie-t-on les deux pôles d'un aimant mobile ?
- 39.6.1 Quelle est l'influence réciproque de différents pôles magnétiques ?
- 39.7.1 Décrivez le phénomène d'aimantation par influence ou induction.
- 39.8.1 Peut-on isoler un pôle magnétique ? Pourquoi ?
- 39.9.1 Qu'appelle-t-on champ magnétique d'un aimant ?
Un champ a-t-il des limites déterminées ?
- 39.10.1 Qu'appelle-t-on les lignes de force d'un champ magnétique ?
- 39.11.1 Comment peut-on obtenir un spectre magnétique ?
Décrivez une expérience.
- 39.11.2 Que constate-t-on dans un spectre magnétique ?
- 39.12.1 Qu'entend-on par flux magnétique ?

41.0. Champ magnétique créé par le passage d'un courant dans un conducteur.

Lorsqu'un conducteur est parcouru par un courant, un champ magnétique prend naissance autour de celui-ci.

Pour démontrer ce phénomène, attendons qu'une aiguille aimantée ait pris sa position normale N-S.

Présentons ensuite un conducteur au-dessus ou en dessous de la ligne N-S de l'aiguille.

Dès que le conducteur est traversé par le courant, l'aiguille se déplace et tend à se mettre en croix avec le conducteur (fig. 41.1).

41.1. Valeur du champ magnétique d'un courant rectiligne.

Faisons traverser un morceau de carton, placé horizontalement, par un conducteur. Celui-ci étant parcouru par un courant de 1 amp., approchons lentement une boussole. Dès que l'aiguille se déplace, mesurons la distance entre la boussole et le conducteur.

Remplaçons ensuite le conducteur unique par trois conducteurs groupés (fig. 41.2) et plaçons la boussole à la même distance.

Lorsque les conducteurs sont traversés par un courant augmentant d'intensité, nous constatons que l'aiguille commence à se déplacer lorsque celui-ci atteint $1/3$ ampère.

On peut en conclure que la valeur du champ magnétique est fonction du nombre de fils de la botte et de l'intensité.

41.2. Forme des lignes de force entourant un conducteur rectiligne.

En saupoudrant le carton de limaille de fer, nous obtenons des cercles autour du conducteur. Les lignes de force sont donc circulaires et concentriques au conducteur (fig. 4.1.2).

41.3. Champ magnétique d'un courant dans une spire.

Une bobine parcourue par un courant donne naissance à un champ magnétique pouvant être important. Chaque spire est entourée par des lignes de force circulaires (fig. 41.3). L'une des extrémités est appelée pôle Nord et l'autre pôle Sud (fig. 41.4).

Le sens du champ magnétique dépend de celui du courant.

En vissant un tire-bouchon imaginaire suivant le sens du courant dans un conducteur, nous constatons que les lignes de force ont le même sens que les aiguilles d'une montre (fig. 41.3).

Par contre, si nous vissons le tire-bouchon suivant le sens du courant dans une bobine, nous trouvons le sens des lignes de force rectilignes à l'intérieur de la bobine (fig. 41.4).

Conclusion.

- + L'intensité du champ produit par une bobine parcourue par un courant est une fonction de la valeur du courant et du nombre de spires (ampères-tours);
- L'intensité du champ diminue avec l'augmentation du diamètre intérieur;
- Les lignes de force à l'extérieur de la bobine se dirigent du Nord au Sud et à l'intérieur du S au N;
- Le spectre magnétique d'une bobine a la même forme que celui d'un aimant en forme de barreau.

41.4. Aimantation du fer et de l'acier.

Effectuons les expériences suivantes:

- a) Faisons passer un courant dans une bobine (fig. 41.5) et repérons les pôles au moyen d'une aiguille aimantée.

Introduisons un barreau de fer doux dans la bobine. Nous constatons que le barreau s'aimante.

Avec l'aiguille aimantée, on constate que les pôles sont identiques à ceux de la bobine.

La bobine s'appelle bobine magnétisante et le barreau forme le noyau.

Si nous coupons le courant, l'aimantation du barreau en fer doux ne disparaît pas complètement. Il attire encore légèrement la limaille et fait toujours déplacer la boussole. Ce phénomène est dû au magnétisme rémanent.

- b) En répétant la même expérience avec un barreau d'acier trempé, nous constatons que celui-ci reste aimanté. Il est devenu un aimant permanent (fig. 41.6).

41.5. Modification de la répartition des lignes de force dans une bobine.

Les lignes de force à l'intérieur d'une bobine traversent l'air comme représenté à la fig. 41.7.

Plaçons une barre de fer dans la bobine, les lignes de force se concentrent pour traverser celle-ci (fig. 41.8). Les lignes de force traversent donc plus facilement le fer que l'air. Cette propriété s'appelle la perméabilité.

41.6. Renforcement du champ magnétique d'une bobine.

Plaçons un solénoïde perpendiculaire à l'aiguille d'une boussole (voir fig. 41.9).

La boussole est placée à une distance telle que le passage du courant dans le solénoïde la fasse à peine dévier.

Lorsque le noyau en fer doux est placé dans la bobine, nous constatons que l'aiguille aimantée dévie fortement.

Nous en concluons que la présence d'un noyau en fer doux à l'intérieur du champ magnétique d'une bobine modifie ce champ et augmente son intensité.

LES ELECTRO-AIMANTS.

42.0. Constitution.

Un électro-aimant est constitué par une ou plusieurs bobines en fil de cuivre, pourvues intérieurement d'un noyau en fer doux.

Lorsque la bobine est parcourue par un courant, elle est dite excitée.

42.1. Propriétés.

Les électro-aimants possèdent deux propriétés principales:

- L'aimantation est temporaire. Elle apparaît et disparaît avec le courant;
- L'induction est plus grande que dans les aimants permanents et les attractions qu'ils produisent sont plus intenses.

42.2. Formes.

La fig. 42.1 représente quelques formes d'électro-aimants.

42.3. Inducteurs des dynamos alternateurs et moteurs.

Les inducteurs des machines électriques sont des électro-aimants lourds.

Dans les dynamos et moteurs à courant continu, ils sont fixes tandis que dans les alternateurs ils sont en général rotatifs.

Les inducteurs servent à produire le flux magnétique dans ces machines qui seront étudiées ultérieurement.

42.4. Electro-aimants d'appareils de levage et de machines-outils.

Ces électros (fig. 42.2) sont généralement des cloches d'acier avec, dans leur axe, un noyau entouré d'une bobine. Une plaque de métal non magnétique ferme la cloche et protège la bobine.

Ce système est utilisé dans les appareils de levage pour la manipulation de matières ferro-magnétiques et dans les mandrins des machines-outils pour fixer des pièces difficilement maniables.

2.

42.5. Sonnerie électrique, hurleur, vibreur et klaxon.

Le fonctionnement de ces appareils est basé sur le principe de l'interruption de courant périodique (fig. 42.3).

Si les bobines B sont excitées, la plaque P est attirée et le marteau frappe la cloche. En même temps, le contact C s'ouvre et provoque la désexcitation des bobines. Par voie de conséquence, la plaque P (ressort) reprend sa position initiale établissant à nouveau le contact c, etc....

42.6. Relais et contacteurs.

Dans les commandes à distance, les circuits électriques sont fermés ou ouverts par l'intervention d'électro-aimants.

La fig. 42.4 représente un électro-aimant qui est pourvu d'une armature mobile. Celle-ci ferme un circuit électrique lorsque la bobine est excitée.

42.7. Electrovalve.

Cet appareil (fig. 42.5) comprend une soupape à commande électrique.

L'électrovalve est constituée comme suit:

- Un corps en fonte (C) dans lequel sont forés les orifices destinés au passage de l'air comprimé;
- Un noyau magnétique (N) en acier doux, vissé dans le corps et portant la bobine d'excitation (B);
- Une tige de soupape (T) en bronze, coulissant dans le noyau (N) et dont la base de forme conique constitue la soupape supérieure;
- Une armature mobile (A), en acier, qui commande la tige T. Elle est protégée par un couvercle en aluminium avec bouton d'essai à la main.

La tige de la soupape inférieure est actionnée par la soupape supérieure.

Le ressort (r) de la soupape inférieure s'appuie sur le bouchon de visite (v).

Lorsque la bobine est excitée, son noyau s'aimante, l'armature mobile (A) est attirée et pousse la tige verticalement vers le bas. Dans son mouvement, celle-ci ouvre

la soupape inférieure, mettant en communication l'appareil à commander avec l'arrivée d'air comprimé, tandis qu'elle ferme l'orifice d'échappement.

Lorsqu'on coupe le courant, la tige (T) sous l'action du ressort (r) reprend sa place initiale; l'alimentation est interrompue et l'appareil est mis en communication avec l'atmosphère.

Il existe deux types d'électrovalves:

- L'électrovalve directe, est celle que nous venons de décrire;
- L'électrovalve indirecte, ou inverse, permet les mêmes communications que la précédente mais lorsqu'elle est désexcitée. (fig. 42.6).

LES ACTIONS MUTUELLES DES COURANTS ET DES AIMANTS.

43.0. Action d'un champ magnétique uniforme sur un courant électrique.

La fig. 43.1 représente un fil de cuivre suspendu aux extrémités de deux liges parcourues par un courant.

Si, nous plaçons un aimant en fer à cheval de la façon représentée à la fig. 43.2, nous constatons que le conducteur AB se déplace vers A'B'. C'est le principe du moteur électrique.

Inversons le sens du courant (fig. 43.3). Le conducteur AB se déplace en sens contraire. Retournons l'aimant (fig. 43.4). Le déplacement est à nouveau inversé.

Augmentons ensuite l'intensité du courant, nous constatons que le déplacement est plus important. Le même phénomène se produit si nous prenons un aimant plus puissant.

Conclusions.

- Deux champs magnétiques s'influencent mutuellement;
- Le sens du déplacement dépend du sens des lignes de force et du sens du courant;
- La valeur du déplacement est fonction de l'intensité du courant et de la valeur du champ magnétique;
- La force qui agit sur le conducteur est appelée force électromagnétique.

43.1. Grandeur de la force électromagnétique.

Cette force est proportionnelle à :

- l'intensité du courant;
- la force du champ magnétique;
- la longueur du conducteur influencée par le champ magnétique.

43.2. Phénomènes d'induction avec un aimant permanent.

La fig. 43.5 représente une bobine raccordée aux bornes d'un galvanomètre. Aucune f.e.m. n'existe dans le circuit et l'aiguille du galvanomètre ne dévie pas.

2.

- a) Approchons de la bobine le pôle N d'un barreau aimanté, l'aiguille du galvanomètre dévie dans l'un ou l'autre sens (principe de la magnéto). Dès l'arrêt de l'aimant, l'aiguille de l'appareil de mesure revient vers le zéro.

Conclusion.

Par le déplacement d'un aimant, il y a naissance d'un courant dans la bobine.

- b) Dès que l'aiguille est revenue au zéro, retirons l'aimant de la bobine. L'aiguille du galvanomètre dévie à nouveau mais en sens contraire.

Conclusion.

Le sens du courant obtenu varie avec le sens du déplacement.

- c) Retournons l'aimant et approchons le pôle S de la bobine. Le même phénomène se produit mais le sens du courant obtenu est inversé par rapport à celui obtenu au point a.
- d) Si nous déplaçons la bobine tout en maintenant l'aimant fixe, nous constatons les mêmes phénomènes qu'en a, b ou c.

Conclusion.

Dans un circuit fermé, il y a naissance d'un courant par le déplacement relatif de la bobine et de l'aimant.

Le courant obtenu est appelé courant induit.

43.3. Phénomènes d'induction par un courant.

Remplaçons l'aimant par un électroaimant. Les mêmes phénomènes se produisent (fig. 43.6).

En déplaçant une bobine, nous obtenons un courant induit dans l'autre.

En augmentant ou en diminuant l'intensité du courant dans la bobine inductrice, un courant prend également naissance dans la bobine induite.

Il en est de même lorsqu'on établit ou que l'on supprime le courant dans la bobine inductrice.

Conclusion générale.

Un courant induit prend naissance dans un circuit fermé quand celui-ci subit une variation de flux magnétique.

Le sens du courant induit est toujours contraire au sens du courant qui lui donne naissance.

- 41.0.1. Comment peut-on démontrer l'existence d'un champ magnétique autour d'un conducteur parcouru par un courant ?
- 41.1.1 Comment peut-on mesurer et comparer la force d'un champ magnétique autour d'un conducteur parcouru par un courant ?
- 41.1.2 De quels facteurs dépend la force d'un champ magnétique entourant une bobine de conducteurs parcourus par un courant ?
- 41.2.1 Quelle est la forme des lignes de force autour d'un conducteur rectiligne et comment peut-on le montrer ?
- 41.3.1 Comment détermine-t-on le sens du champ magnétique d'un courant parcourant une spire ou une bobine ?
- 41.3.2 De quels facteurs dépend la force du champ magnétique d'une bobine parcourue par un courant ?
- 41.4.1 Qu'appelle-t-on magnétisme rémanent ? Donnez un exemple ?
- 41.5.1 Que se passe-t-il lorsqu'on introduit une barre de fer doux à l'intérieur d'une bobine parcourue par un courant ?
- 41.6.1 Comment peut-on renforcer le champ magnétique d'un électro-aimant sans augmenter le courant ?

x

x x

- 42.0.1 Quelle est la constitution générale d'un électro-aimant ?
- 42.1.1 Quelles sont les propriétés des électro-aimants ?
- 42.2.1 Sous quelles formes utilise-t-on pratiquement les électro-aimants ?
- 42.3.1 Quelles sortes d'électro-aimants trouve-t-on dans les machines électriques ?
- 42.4.1 Décrivez l'électro-aimant d'un appareil de levage.
- 42.5.1 Décrivez, à l'aide d'un schéma, le fonctionnement d'une sonnerie électrique.
- 42.6.1 Dessinez et décrivez un contacteur.
- 42.7.1 Quelles sont les parties constituantes d'une électrovalve ?
- 42.7.2 Décrivez, à l'aide d'un schéma, le fonctionnement d'une électrovalve.
- 42.7.3 Quelles sortes d'électrovalves utilise-t-on généralement ?

x

x x

- 43.0.1 Que se passe-t-il si nous plaçons un conducteur mobile parcouru par un courant dans un champ magnétique ?
- 43.0.2 De quelle manière peut-on changer le sens de déplacement d'un conducteur mobile placé dans un champ magnétique ?
- 43.0.3 De quels facteurs dépend la valeur du déplacement d'un conducteur mobile parcouru par un courant et placé dans un champ magnétique ?
- 43.1.1 De quels facteurs dépend la valeur de la force électromotrice qui agit sur un conducteur mobile parcouru par un courant et placé dans un champ magnétique ?
- 43.2.1 Que constate-t-on lorsque nous approchons une bobine d'un aimant permanent si les bornes de celle-ci sont raccordées à un appareil de mesure ?
- 43.2.2 Quel est le sens du courant induit en déplaçant un aimant permanent dans une bobine ?
- 43.3.1 Comment peut-on produire un courant électrique dans une bobine à l'aide d'une autre bobine ?

LES GENERATRICES ROTATIVES.

45.0 Principe d'une génératrice.

A la figure 45.1 est représenté un conducteur AB isolé et placé sur un tambour. Ce tambour peut tourner entre les deux pôles d'un aimant permanent.

En faisant tourner ce tambour, une f.e.m. prend naissance dans ce conducteur par coupure des lignes de force de l'aimant permanent.

Pour avoir la possibilité de mesurer et d'utiliser le courant produit, il faut connecter le conducteur AB à deux bagues en cuivre C et D (fig. 45.2) placées sur l'arbre E et isolées de celui-ci.

Au moyen de frotteurs, appelés balais, on peut brancher un galvanomètre.

Dès que le tambour tourne, l'aiguille de l'appareil de mesure se déplace constamment de gauche à droite et vice versa. Le courant produit change continuellement de sens et est appelé courant alternatif.

Cet appareil est une génératrice de courant alternatif.

45.1 Génératrice de courant continu.

Pour obtenir un courant circulant dans le même sens, on fait usage d'un collecteur (fig. 45.3). Celui-ci est constitué de deux demi-bagues a et b, isolées entre-elles comme de l'arbre. Les extrémités du conducteur AB sont connectées à a et b.

Les balais prennent appui sur les demi-bagues.

A la figure 45.4, la bague a est raccordée à la borne 1 du galvanomètre. Après un demi-tour, (fig. 45.5) a est en liaison avec la borne 2 et b avec la borne 1.

Le sens du courant et les connexions avec l'appareil se sont inversés simultanément. Par voie de conséquence, nous obtenons un courant pulsé.

La tension aux bornes d'une telle dynamo est très faible. On peut l'augmenter en remplaçant le conducteur par plusieurs bobines A (fig. 45.6), placées en série.

Le collecteur est alors constitué d'un nombre de lamelles égal à celui des bobines, leurs extrémités étant raccordées à leurs lamelles respectives.

L'ensemble porte le nom de dynamo.

Une dynamo doit être entraînée par un moteur indépendant : turbine à eau, moulin à vent, turbine à vapeur, moteur à combustion interne, moteur électrique, essieu d'un engin ferroviaire.

45.2 Constitution d'une dynamo.

Une dynamo comporte deux parties essentielles :

- la partie fixe ou stator;
- la partie tournante ou rotor.

Le stator ou inducteur est l'endroit où le champ magnétique est créé. Le rotor ou induit est la partie où naît le courant.

45.3 Constitution de l'inducteur.

Le stator est composé de :

- une carcasse en acier coulé (fig. 45.7);
- un nombre pair de pôles (2, 4, 6, etc...).

Ces pôles sont constitués d'un paquet de tôles en fer doux isolées formant le noyau des bobines (fig. 45.8).

Chaque pôle possède une bobine inductrice. Les connexions et la disposition des bobines sont telles que les pôles N et S alternent et permettent d'obtenir des champs magnétiques symétriques (fig. 45.9, 45.10 et 45.11).

La face intérieure des pôles s'appelle surface polaire et porte des épanouissements polaires.

45.4 Constitution de l'induit.

L'induit est formé d'un tambour constitué d'un paquet de tôles en fer doux (fig. 45.12). Ces tôles minces sont isolées entre-elles et par rapport à l'axe.

Dans les rainures du tambour sont placés les conducteurs dont l'ensemble forme le bobinage de l'induit (fig. 45.13).

Les conducteurs sont fixés solidement et entourés de matière isolante afin d'éviter qu'ils ne se détachent des encoches par la force centrifuge.

Entre les épanouissements polaires et l'induit existe un jeu appelé entrefer.

Sur l'une des extrémités de l'arbre se trouve le collecteur constitué de lamelles de cuivre. Chaque lamelle est séparée par une feuille de mica. Le collecteur doit toujours être propre, bien centré et cylindrique.

45.5 Balais (fig. 45.14)

Les balais doivent en permanence s'appuyer convenablement sur le collecteur.

Les balais sont fabriqués en graphite. Placés dans des portes-balais, ils sont appuyés contre le collecteur par des ressorts.

Il est à remarquer qu'ils ne peuvent se caler dans leurs guides car il se produit alors des interruptions de courant et des étincelles nuisibles.

LES GENERATRICES ROTATIVES (SUITE).

46.0 Magnéto.

Une magnéto est un appareil constitué d'un ou plusieurs aimants permanents. Ils peuvent être fixes ou tournants.

La figure 46.1 représente une magnéto équipée d'un collecteur destiné à l'obtention de courant continu.

D'autres magnétos sont pourvues de deux bagues séparées pour obtenir du courant alternatif. Les magnétos sont utilisées pour les vélos, motos, autos, appareils de vitesse, compte-tours, etc...

46.1 Dynamo à excitation indépendante.

Pour obtenir le champ magnétique de cette dynamo, l'excitation des électro-aimants est assurée par une source indépendante de courant. Dans le cas présent c'est une batterie.

La figure 46.2 donne la représentation symbolique de cette dynamo. Les spires E représentent les enroulements du circuit d'excitation tandis que le cercle D représente l'induit.

On utilise ce type de dynamo dans les centrales électriques et sur les locomotives Diesel à transmission électrique.

46.2 Dynamo à excitation shunt.

La dynamo shunt est auto-excitatrice. Les enroulements d'excitation E sont raccordés en parallèle avec l'induit. Afin de ne soustraire qu'un faible pourcentage du courant fourni par la machine, les bobines des inducteurs sont constitués de nombreuses spires en fil fin.

On obtient ainsi un nombre élevé d'ampères-tours qui assurent un champ magnétique important.

Ces dynamos sont utilisées pour la charge des accumulateurs.

46.3 Dynamo à excitation série (fig. 46.4).

La dynamo à excitation série est également auto-excitatrice. Les enroulements d'excitation sont en série avec l'induit.

Les inducteurs devant être parcourus par le courant total débité par l'induit seront constitués de fil de grande section.

Pour qu'une dynamo à excitation série puisse débiter, son circuit doit être fermé.

L'utilisation de ces dynamos est limitée à des cas spéciaux.

46.4 Dynamo à excitation compound (fig. 46.5).

La dynamo à excitation compound est une combinaison de dynamos shunt et série. Ce type de dynamo, qui débite un courant assez constant, est utilisée notamment pour la charge des batteries.

Il existe deux sortes de dynamo compound :

- en shunt court (fig. 46.5);
- en shunt long (fig. 46.6).

46.5 Conditions d'amorçage des dynamos auto-excitatrices.

- Les pièces polaires doivent posséder un rémanent suffisant pour obtenir le champ magnétique d'amorçage.

- Le sens de rotation de l'induit doit être tel que, pour une connexion déterminée de l'induit et de l'excitation, le courant débité ne détruise pas le champ rémanent.

- La résistance des enroulements de l'excitation ne peut être trop grande pour diminuer l'échauffement par effet Joule.

LES MOTEURS ELECTRIQUES

47.0 Fonctionnement de principe.

Au paragraphe 43.0 nous avons vu qu'un conducteur mobile, parcouru par un courant, se déplace sous l'influence d'un champ magnétique.

Le rotor d'une machine électrique est composé de plusieurs conducteurs mobiles pouvant être parcourus par un courant. Par conséquent, si les conducteurs de l'induit et des inducteurs sont parcourus par un conducteur, le rotor va se déplacer.

47.1 Constitution d'un moteur à courant continu.

Un moteur à courant continu est constitué de la même façon qu'une dynamo.

La seule différence est que l'induit et l'inducteur sont alimentés simultanément.

Suivant la disposition des enroulements d'excitation, nous obtenons des moteurs série, shunt ou compound. (fig. 47.1, 47.2 et 47.3).

47.2 Utilisation des moteurs à courant continu.

Sur nos engins Diesel, on utilise généralement des moteurs à courant continu.

Les moteurs série ayant un grand couple de démarrage, sont utilisés pour être démarré en charge.

Il existe cependant pour le moteur série, le danger de dépasser sa vitesse maximum, s'il est déchargé.

Ce moteur ne peut donc fonctionner à vide. Il convient spécialement pour être utilisé comme moteur de traction sur les engins Diesel et électriques.

Le moteur shunt a une vitesse plus ou moins constante. Il convient très bien pour entraîner des appareils sous une charge variable.

Lors du démarrage, il doit être amené à sa vitesse normale avant d'être chargé.

Le moteur compound possède un couple suffisant au démarrage et une vitesse constante. Il convient pour l'entraînement de pompes, de compresseurs et de ventilateurs.

2.

47.3 Démarrage d'un moteur série.

La résistance totale de l'induit et des inducteurs étant très faible, si la tension maximum était appliquée aux bornes du moteur au début du démarrage, le courant absorbé serait anormalement élevé. Il faut donc limiter le courant à ce moment et ne permettre son accroissement que parallèlement à l'augmentation de vitesse du moteur. Cette opération peut se réaliser de différentes façons :

- En appliquant d'abord une faible tension et en l'augmentant ensuite progressivement.
- En raccordant une résistance R de démarrage en série avec le moteur (fig. 47.4).
- Il se produit une chute de tension dans cette résistance. Lorsque le moteur atteint une certaine vitesse, la résistance R est éliminée.
- En changeant le couplage de plusieurs moteurs alimentés simultanément. Le démarrage a lieu avec les moteurs en série. Ensuite on passe en série-parallèle et finalement en parallèle.

Prenons comme exemple 4 moteurs de traction.

Au démarrage (fig. 47.5) les quatre moteurs sont groupés en série. Chaque moteur se trouve sous une tension $1/4 V$.

Dans le groupement en série-parallèle (fig. 47.6) les moteurs sont groupés deux à deux en parallèle. Chaque moteur se trouve sous une tension de $1/2 V$.

Lorsque les quatre moteurs sont en parallèles (fig. 47.8), ils travaillent sous la tension normale V .

47.4 Shuntage d'un moteur série.

Par la rotation de l'induit, un courant y prend naissance, comme dans une dynamo. Ce courant est de sens contraire au courant appliqué et s'y oppose. Il est provoqué par la force contre-électromotrice.

L'accélération du moteur est freinée et le rendement est diminué.

Pour permettre l'accélération du moteur, on diminue le flux magnétique des inducteurs, tout en conservant le courant dans l'induit. On obtient ainsi une diminution de la f.c.e.m. Le moteur peut poursuivre son accélération.

Pour diminuer le flux magnétique, on branche au moment voulu une résistance en parallèle sur les enroulements de l'inducteur (fig. 47.8).

Dès lors un certain pourcentage du courant parcourt le shunt, ce qui diminue le champ magnétique. Par voie de conséquence, le courant de l'induit augmente et le moteur accélère.

47.5 Refroidissement des moteurs électriques.

Tous les moteurs électriques s'échauffent par effet Joule. Pour éviter la détérioration du moteur, cet échauffement doit être limité (voir aussi article 35.4).

Les moteurs utilisés à l'entraînement de pompes, ventilateurs, etc... possèdent un ventilateur incorporé. Il y a donc autoventilation.

Dans les moteurs de traction, le problème est autre. Le plus grand danger existe au démarrage lorsque le moteur est à l'arrêt ou tourne à faible vitesse. Par conséquent, on est dans l'obligation de placer des ventilateurs indépendants que nous trouvons sur tous les engins Diesel à transmission électrique.

47.6 Inversion du sens de rotation.

A l'article 43.0 nous avons vu que pour changer le sens du déplacement du conducteur A-B, il faut changer le sens du courant dans le conducteur ou inverser les pôles de l'aimant.

Il en résulte que pour inverser le sens de rotation d'un moteur à courant continu, il existe deux systèmes :

- inverser le sens du courant dans l'induit (fig. 47.9 et 47.10);
- inverser le sens du courant dans les inducteurs (fig. 47.11 et 47.12).

Si nous inversons simultanément le courant dans l'induit et les inducteurs, c.-à-d., simplement croiser les fils d'alimentation le moteur continue à tourner dans le même sens.

En pratique, on obtient l'inversion du sens de rotation au moyen de contacteurs spéciaux ou par des tambours (fig. 47.13 et 47.14). Généralement le sens du courant est inversé dans les inducteurs.

QUESTIONNAIRE.

- 45.0.1 Décrivez le principe d'une génératrice rotative de courant.
- 45.1.1 Par quel artifice obtient-on du courant continu au moyen d'une génératrice rotative de courant ?
- 45.1.2 Une génératrice de courant peut-elle par ses propres moyens se mettre en mouvement ? Eventuellement comment peut-elle être entraînée ?
- 45.2.1 Quelles sont les parties constitutives d'une dynamo ?
- 45.3.1 Décrivez la constitution de l'inducteur d'une dynamo.
- 45.4.1 Décrivez la constitution de l'induit d'une dynamo.
- 45.5.1 Quel est le rôle des balais d'une dynamo et en quelle matière sont-ils fabriqués ?
- x x x
- 46.0.1 Comment les magnétos sont-elles constituées et quelle est leur utilisation pratique ?
- 46.1.1 Dessinez et décrivez une dynamo avec excitation indépendante.
- 46.2.1 Dessinez et décrivez une dynamo avec excitation shunt.
- 46.3.1 Dessinez et décrivez une dynamo avec excitation série.
- 46.4.1 Dessinez et décrivez une dynamo avec excitation compound.
- 46.5.1 Quelles sont les conditions d'amorçage d'une dynamo auto-excitatrice ?
- x x x
- 47.0.1 Quel est le principe du moteur à courant continu et comment est-il réalisé en pratique ?
- 47.1.1 Décrivez la constitution d'un moteur à courant continu.
- 47.1.2 Quels sont les différents types de moteur à courant continu ?
- 47.2.1 Quel type de moteur utilise-t-on comme moteur de traction sur les engins Diesel ? Pourquoi ?

2.

- 47.2.2 Quelles sont les propriétés d'un moteur shunt ?
Est-il pratique et pourquoi ?
- 47.2.3 Quelles sont les propriétés d'un moteur compound ?
A quel usage est-il utilisé sur nos engins ?
- 47.3.1 Comment peut-on démarrer le moteur série ?
- 47.4.1 Que comprend-on par : shuntage d'un moteur série ?
- 47.4.2 Quel est le but du shuntage des moteurs série ?
Justifiez pourquoi le moteur accélère dans ce cas ?
- 47.5.1 Pour quelle raison prévoit-on des ventilateurs
indépendants pour le refroidissement des moteurs
de traction ?
- 47.6.1 Comment peut-on inverser le sens de rotation d'un
moteur série ?
Quel est le système utilisé sur nos engins Diesel
et comment est-il réalisé pratiquement ?
- 47.6.2 Dessinez un moteur série et décrivez ce que l'on
doit faire pour inverser son sens de rotation en
inversant le courant dans l'induit.
- 47.6.3 Dessinez un moteur série et décrivez ce que l'on
doit faire pour inverser son sens de rotation en
inversant le courant dans les inducteurs.

X X X

13-16

25-48

