

## CHAPITRE XII d

### LE TRAITEMENT INTERNE INTÉGRAL ARMAND (T.I.A.)

Ce traitement a été mis au point au cours des années 1940 et 1941.  
Sa généralisation sur la S.N.C.F. fut décidée en 1942.

#### A - GÉNÉRALITÉS

##### 1<sup>o</sup> Principe

Le principe de ce procédé consiste à introduire dans l'eau d'alimentation un mélange de produits appelé *complexe*, destiné à provoquer sur cette eau des réactions convenables à l'intérieur de la chaudière.

C'est donc un procédé de traitement interne du genre « désincrustant » mais basé sur une étude réellement scientifique.

Pour que le traitement soit **intégral**, c'est-à-dire pour qu'il élimine tout risque d'incrustation ou de corrosion, il est indispensable de remplir les conditions suivantes :

- Réaliser dans la chaudière un état de régime tel que les réactions provoquées par le complexe sur les substances en solution dans l'eau de la chaudière s'effectuent bien dans le sens convenable.
- Transformer tous les sels incrustants en solides non entartrants éliminables sous forme de boues.
- Créer et maintenir dans la chaudière un milieu propre à empêcher toute formation de corrosions.
- Limiter la salinité totale de l'eau de manière à éviter les corrosions et les primages.

##### Complexe.

Le complexe est composé d'extraits tannants et de sels alcalins. Sa formule est déterminée d'après la composition de l'eau à traiter.

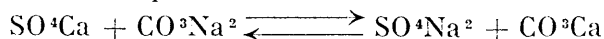
##### 2<sup>o</sup> Mécanisme du traitement

###### a) Entartrement.

Ainsi que nous l'avons vu précédemment, la décomposition des bicarbonates de calcium et de magnésium à l'entrée de l'eau d'alimentation dans la chaudière entraîne la précipitation des carbonates de calcium et de magnésium susceptibles de former du tartre.

Le rôle de l'extrait tannant entrant dans la composition des complexes ajouté à l'action du carbonate de soude en excès dans l'eau, est de désagréger ces précipités pour les transformer en boues légères incapables d'adhérer aux surfaces métalliques de la chaudière et facilement évacuables.

Pour éviter la précipitation du sulfate de chaux  $\text{SO}^4\text{Ca}$ , on le transforme en totalité en carbonate de calcium  $\text{CO}^3\text{Ca}$  au moyen du carbonate de soude  $\text{CO}^3\text{Na}^2$  contenu dans le complexe suivant la réaction classique :



Le carbonate de chaux ainsi formé est à son tour transformé en boues légères comme nous l'avons vu précédemment.

Cependant, pour que les réactions s'effectuent dans le sens voulu, nous savons qu'il faut réaliser à l'intérieur de la chaudière un état de régime convenable.

Or, tous les ions  $\text{SO}^4-$  contenus dans l'eau d'alimentation restent intégralement en solution dans l'eau de la chaudière, puisqu'ils sont transformés en  $\text{SO}^4\text{Na}^2$ . De ce fait, leur concentration va rapidement croître au fur et à mesure de l'augmentation du nombre d'heures de fonctionnement de notre générateur de vapeur; cette concentration ne tarderait pas à rompre l'équilibre aux réactions et à compromettre gravement le traitement. Il est donc absolument indispensable de la limiter à une valeur convenable en effectuant des purges de déconcentration périodiques d'eau de chaudière.

L'exécution de ces extractions est également nécessaire, d'une part, pour évacuer les boues qui se sont formées en chaudière et dont l'accumulation dans les parties basses de la chaudière serait inacceptable, d'autre part, pour limiter la concentration en soude provenant de la dissociation d'une partie du carbonate de soude en chaudière, sous l'action de la chaleur et en présence de l'eau, suivant la réaction :  $\text{CO}^3\text{Na}^2 + \text{H}^2\text{O} = \text{CO}^2 + 2\text{NaOH}$ , concentration qui aurait pour effet de provoquer des primages et des entraînements d'eau diminuant la surchauffe et risquant de causer des avaries de mouvement (ruptures de cylindres ou grippages de tiroirs).

**Ces extractions sont absolument indispensables au traitement. Elles consistent, en fait, à évacuer hors de la chaudière un volume déterminé d'eau chargée de sels pour y substituer par l'alimentation de la chaudière un égal volume d'eau moins minéralisée.**

Le taux d'extraction généralement prescrit est de l'ordre de 6 %.

Il ne faudrait pas croire qu'en évacuant, hors de la chaudière sous forme de purges, une quantité d'eau représentant 6 % du volume d'eau utilisé pour l'alimentation, il en résulte une dépense supplémentaire en charbon égale elle aussi à 6 %.

En effet, supposons une chaudière timbrée à 16 hpz et une température de surchauffe de 300°.

Pour porter 1 kg. d'eau à 200°, température de l'eau de la chaudière, il faut dépenser 190 calories. Pour porter ce même kg. d'eau à 200°, le vaporiser à cette température et porter la vapeur à la température de surchauffe de 300°, il faut 710 calories.

Le fait de procéder à une extraction de 6 % conduit donc à dépenser en pure perte :  $6 \times 190 = 1140$  calories et à réserver pour un travail utile  $94 \times 710 = 66740$  calories.

Rapportée aux 100 calories utilisées, la perte en charbon est donc seulement de :

$$\frac{1140 \times 100}{66740} = 1,7 \%$$

Dans le cas où on utilise un réchauffeur d'eau d'alimentation, cette perte est encore plus faible, elle n'atteint que 1,1 %.

#### b) Corrosions.

Nous avons vu précédemment que trois facteurs interviennent dans la corrosion électrochimique :

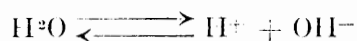
a — **pH de l'eau** — en d'autres termes — concentration des ions  $\text{H}^-$ ,

- b — oxygène dissous,
- c — salinité de l'eau.

Nous allons examiner comment, par le traitement, on élimine chacune de ces causes de corrosions.

— **pH de l'eau** — ions  $H^+$ .

La dissociation de l'eau en ions  $H^+$  et  $OH^-$



est un phénomène réversible qui obéit à la loi d'action de masse.

Les concentrations en ions  $H^+$  et  $OH^-$ , concentrations que nous désignerons par le symbole ( ) sont liées entre elles par la relation :

$$(H^+) \times (OH^-) = \text{constante} \quad (1)$$

Le moyen de lutter contre l'accumulation des ions  $H^+$  dans l'eau de la chaudière, consiste donc à introduire dans cette eau, un réactif émettant des ions  $OH^-$ .

La soude caustique que contient le complexe joue parfaitement ce rôle.

Il est, en effet, évident que si la concentration  $(OH^-)$  subit une augmentation, le nombre des ions  $H^+$  doit diminuer d'autant puisqu'en vertu de la relation (1) le produit ionique  $(H^+) \times (OH^-)$  doit rester constant.

En résumé, il faut maintenir en chaudière une alcalinité correcte (pH compris entre 10 et 12 suivant la pression nominale).

De plus, cette alcalinité présente l'avantage de faire apparaître sur les surfaces en acier une pellicule noirâtre d'oxyde  $Fe^3O^4$  qui fonctionne comme membrane protectrice. Cet oxyde à structure fine et serrée, peu perméable, empêche les quelques ions  $H^+$  subsistants, de pénétrer jusqu'au métal.

— **Oxygène dissous.**

De nombreuses méthodes ont été mises en application pour désoxygéner l'eau.

La meilleure solution à notre avis consiste à utiliser des réducteurs organiques dont l'oxydation s'effectue par échelons et aboutit à la destruction totale de l'édifice moléculaire avec production de gaz carbonique.

Le tanin entrant dans la composition du complexe est un excellent réducteur d'oxygène et convient parfaitement.

— **Salinité de l'eau.**

Dans une eau de chaudière alcaline et désoxygénée, la corrosion électrochimique reste négligeable tant que la concentration en sels solubles reste elle-même inférieure à une certaine limite.

Le remède consiste donc à limiter la salinité de l'eau à une valeur raisonnable en effectuant des purges de déconcentration.

**Ainsi que nous le voyons, les problèmes de l'entartrement et des corrosions sont intimement liés et résolus simultanément par l'application correcte du T.I.A.**

## B - APPAREILLAGE T.I.A.

Pour la mise en œuvre du procédé, on pouvait imaginer plusieurs façons d'ajouter le complexe à l'eau d'alimentation.

La solution qui, *a priori*, paraît la plus simple consisterait à déverser le complexe dans l'eau à chacun des réservoirs d'eau d'alimentation ou aux grues; mais il faudrait alors que, d'une part, toutes les prises d'eau soient équipées et que, d'autre part, toutes les machines

qui reçoivent ces eaux soient traitées. Or, ceci était impossible au début du traitement et pendant la longue période de généralisation.

Nous avons donc préféré laisser toute son autonomie à la machine à vapeur et équiper chaque locomotive de l'appareillage T. I. A. nécessaire pour la distribution automatique du complexe. De plus, nous avons dû munir chaque machine d'appareils nous permettant l'exécution des extractions et leur contrôle.

Chaque locomotive possède donc l'appareillage T. I. A. suivant : — **un dispositif d'ex-tractions**, comprenant :

— une vanne à commande à distance, avec un détendeur et un robinet de manœuvre,  
ou

— une purge continue et une vanne avec son détendeur,

— **un dispositif d'enregistrement des extractions** sur l'indicateur enregistreur de vitesse Flaman ou un compteur d'extractions,

— **un doseur-distributeur automatique de complexe.**

Nous allons examiner successivement les divers types d'appareils actuellement en service sur les machines soumises au T. I. A.

### 1<sup>o</sup> Vannes d'extractions à commande à distance

Les vannes d'extractions sont en principe fixées à l'AV de la boîte à feu, le plus près possible de l'axe de la machine et aussi près que possible du bas du cadre du foyer, dans le but d'évacuer convenablement les boues qui se déposent sur ce cadre. Une crépine fixée en amont de la vanne, empêche tous corps étranger tels que copeaux, débris d'entretoises, de passer et de s'opposer à la fermeture de la soupape en s'interposant entre la soupape et son siège.

Sur la plupart des machines traitées, la commande de ces vannes se fait par vapeur et par l'intermédiaire d'un robinet de prise de vapeur piqué soit sur la nourrice de vapeur, soit sur la face supérieure de la boîte à feu dans l'abri et d'un robinet de manœuvre à 3 voies.

Seule la commande des vannes des machines 141-R se fait par air.

La tuyauterie d'évacuation des vannes est terminée par un détendeur destiné à éviter que la violence du jet ne provoque des dégâts à la voie ou au matériel.

Une tuyauterie relie la vanne à l'indicateur enregistreur de vitesses Flaman pour l'enregistrement des extractions.

La *figure* 226 représente l'installation d'une vanne à commande à distance actionnée par la vapeur.

### 2<sup>o</sup> Description des divers types de vannes à commande à distance utilisés

#### a) Vanne Williams (*fig.* 212).

Cette vanne qui fonctionne à vapeur, est constituée d'un corps (a) d'un cylindre (b), d'une soupape (c) solidaire d'un piston (d), d'un ressort de rappel du piston (e).

Au montage sur la chaudière, une crépine de sécurité (f) est placée à l'orifice d'entrée de la vanne.

#### *Fonctionnement.*

L'admission de vapeur sur le piston s'effectue par l'intermédiaire d'un robinet à trois voies.

Sous l'action de la vapeur, le piston se déplace, entraîne la soupape et met en communication la chaudière avec l'atmosphère par l'orifice (o).

La manœuvre du robinet à 3 voies permet de mettre à l'air libre la face supérieure du piston et la fermeture de la soupape est assurée par la pression de la chaudière augmentée

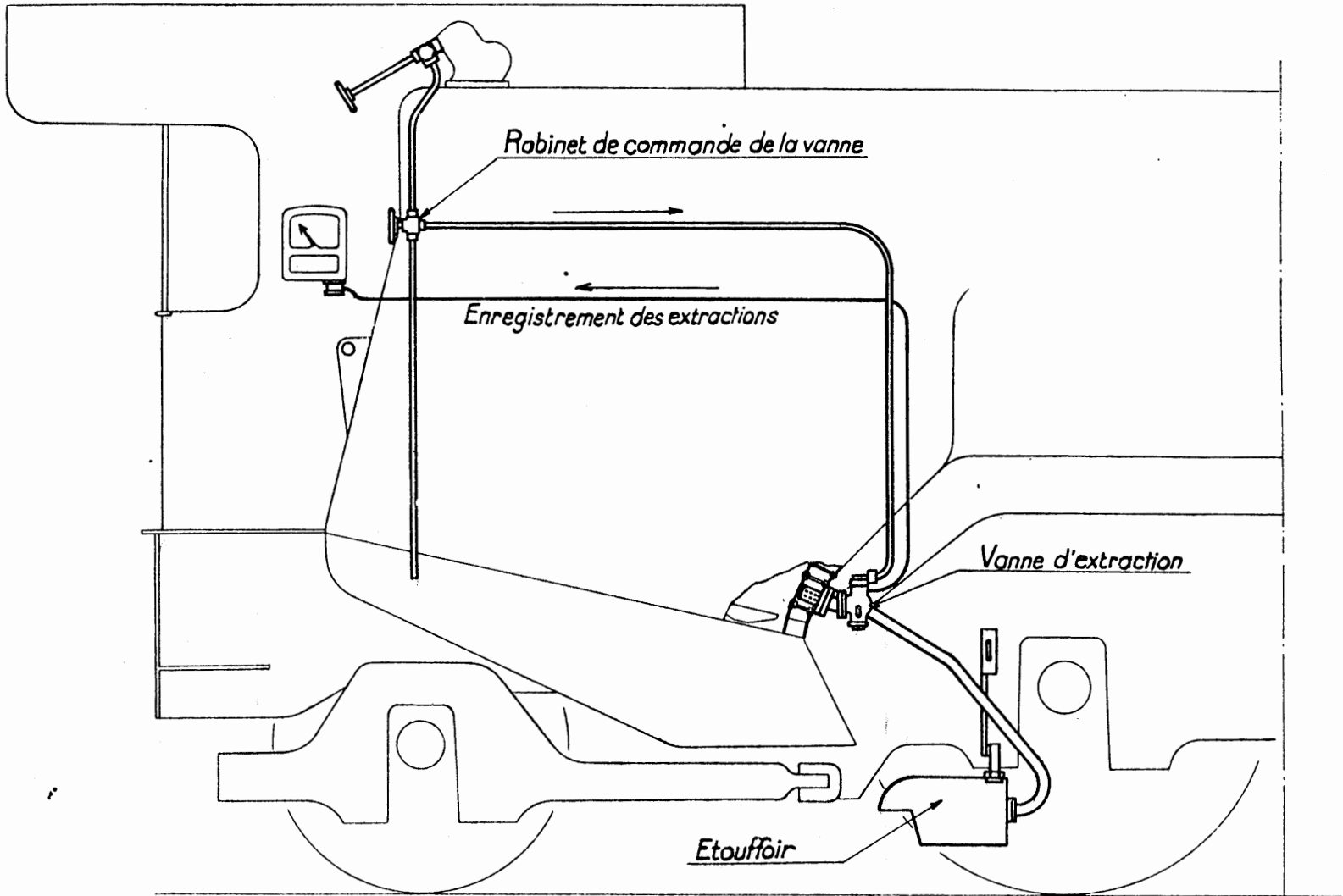


FIG. 226

de l'effort de rappel du ressort du piston. Ce ressort de rappel assure également la fermeture de la soupape lorsque la machine est froide.

L'eau de condensation provenant de la tuyauterie est évacuée par un conduit (g) traversant le piston et obturé automatiquement lorsqu'il y a pression, par un petit clapet hémisphérique placé à l'extrémité d'un petit ressort à lame fixé sur le piston.

Une lumière (h), dont le découvrément est obtenu lorsque le piston est à fond de course, permet l'enregistrement des extractions par la mise en pression de la tuyauterie la reliant au dispositif d'enregistrement placé sous l'indicateur Flaman ou au compteur d'extractions.

**b) Vanne Okadee (fig. 227).**

Spéciale aux machines 141-R, cette vanne comporte un corps (a), un cylindre (b) fixé sur le corps (a), une soupape (c), un piston (d).

La particularité de cette vanne est d'être actionnée à l'aide d'air comprimé emprunté à la machine. Un robinet à 3 voies assure la distribution et l'évacuation de l'air.

La fermeture automatique de la vanne est assurée par la pression de la chaudière. Un ressort (e) interposé entre le piston (d) et la partie inférieure du cylindre à air, permet la fermeture de la soupape lorsque la machine est froide. Une commande à main (f) par levier, disposée à la partie supérieure de la vanne, peut également actionner la soupape pour la vidange de la chaudière.

Cette vanne est munie d'une crépine destinée à intercepter les corps étrangers qui pourraient s'interposer entre la soupape et son siège.

L'enregistrement des extractions est obtenue par la mise en pression d'une canalisation reliée, d'une part, à la partie supérieure du cylindre à air et, d'autre part, à l'enregistreur ou au compteur d'extractions.

**c) Vanne à double clapet (fig. 228).**

Cette vanne qui fonctionne à la vapeur, comprend :

- un corps (a), surmonté d'un cylindre à vapeur (b), dans lequel se meut un piston (c) solidaire d'une soupape (e), dite soupape de sécurité, à la partie inférieure de laquelle est ménagé un logement servant de guide à une deuxième soupape (f). Chaque soupape repose sur un siège particulier fixé dans le corps de la vanne,
- un ressort de rappel (g) du piston (c),
- et un ressort de rappel (h) de la soupape (f).

*Fonctionnement.*

Par la manœuvre d'un robinet à 3 voies, la vapeur est introduite entre l'extrémité du cylindre et le piston. Son action déplace le piston et ouvre la soupape (e) laquelle au bout d'une certaine partie de sa course, vient buter sur la tige de la soupape inférieure (f) et continue sa course entraînant cette dernière, assurant ainsi la communication entre la chaudière et l'atmosphère.

A la fermeture du robinet à 3 voies, la face supérieure du piston est mise à l'air libre et la fermeture des soupapes est automatiquement assurée par la pression de la chaudière et l'effort de rappel de leur ressort respectif.

L'eau de condensation pouvant se trouver dans la tuyauterie ou le cylindre de la vanne, est évacuée à l'extérieur par une canalisation (h) pratiquée dans le piston, lorsque celle-ci se trouve en concordance avec l'orifice percé dans le corps de vanne.

L'enregistrement des extractions est obtenu par découvrément d'une lumière (i) à chaque déplacement du piston suivant le même dispositif que celui réalisé sur la vanne William's.

Lorsque la machine est froide, les ressorts de rappel effectuent la fermeture de la vanne.

*Sécurité.*

L'ouverture de la soupape inférieure (f) est plus faible que celle de la soupape de sécurité (e) du fait qu'il faut que cette dernière parcourt déjà une partie de sa course avant d'en-

VANNE OKADEE

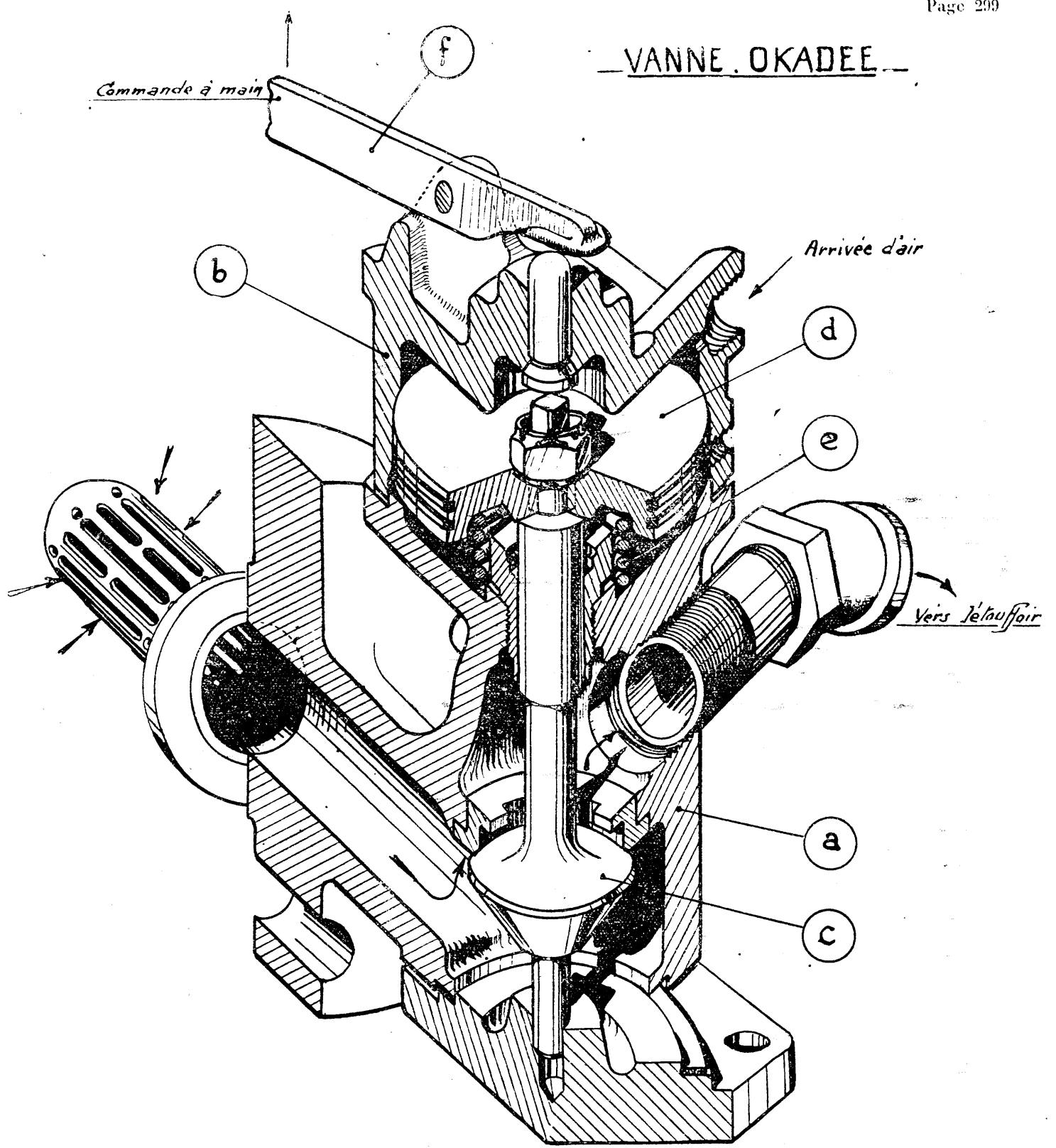


FIG. 227

traîner la soupape (f). On peut être assuré que tout corps passant dans l'ouverture de la soupape (f) passera dans l'ouverture plus grande de la soupape (e).

En pratique, la soupape (f) constitue un véritable filtre. Dans le cas où un corps étranger,

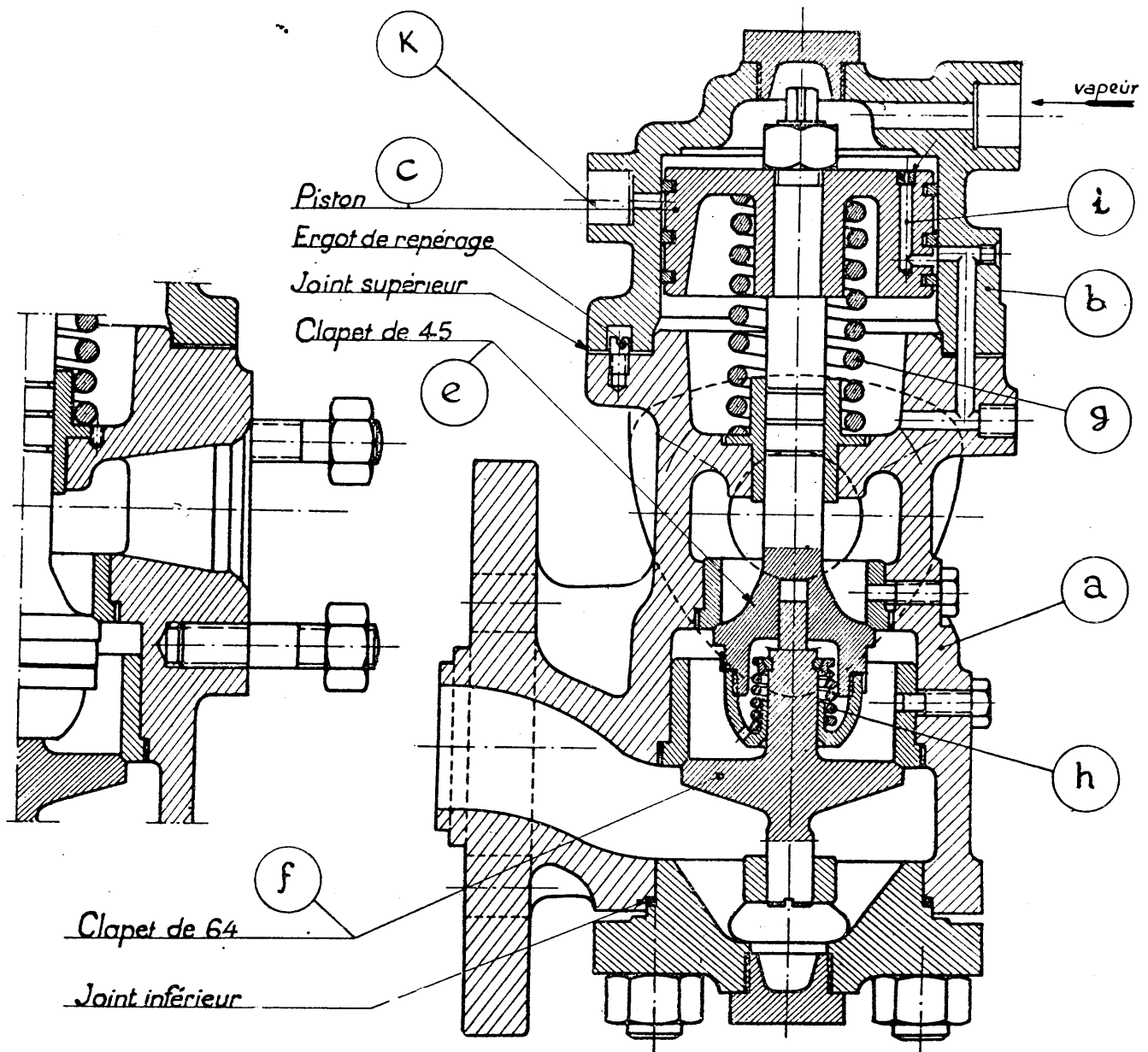


FIG. 228

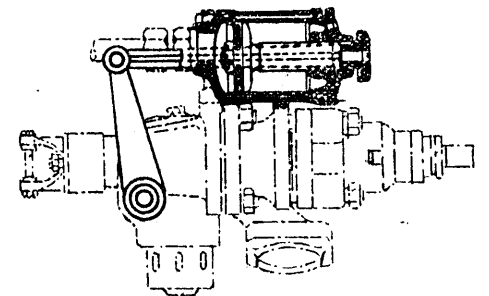
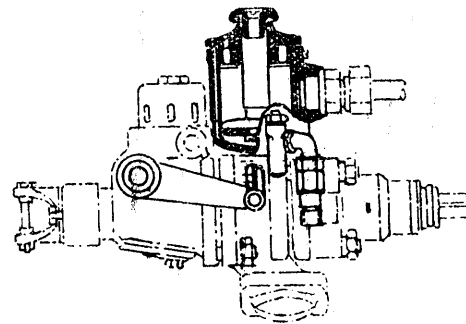
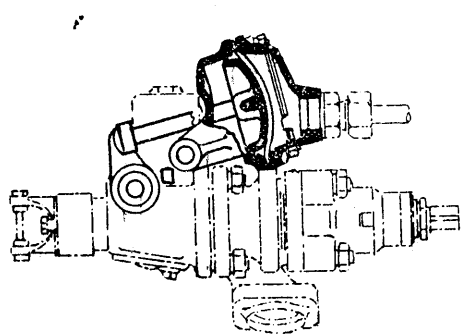
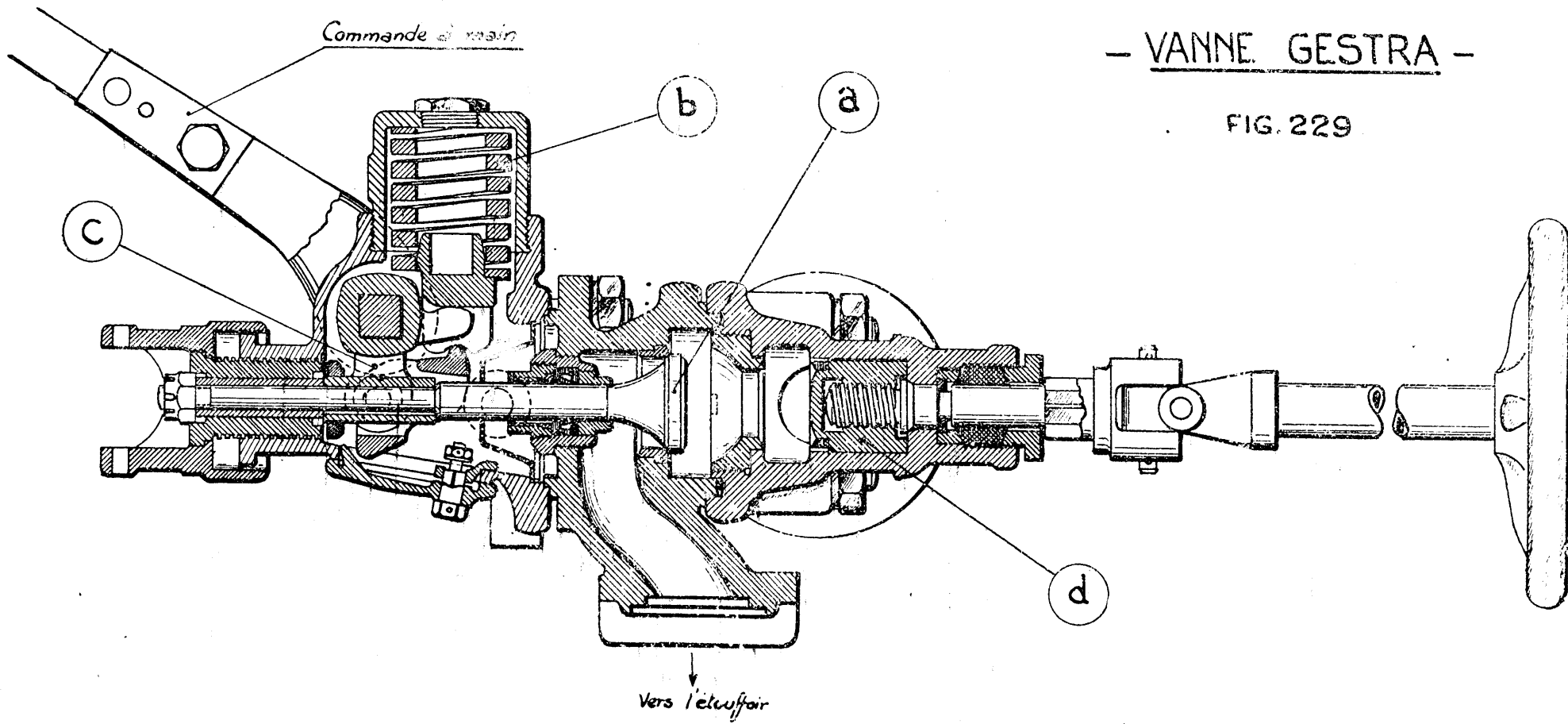
en s'interposant entre la soupape (f) et son siège, viendrait empêcher la fermeture de cette soupape, le rappel de la soupape de sécurité (e) n'en serait pas gêné et ainsi la fermeture de la vanne est assurée.

On peut encore augmenter la sécurité en plaçant, lors du montage de la vanne sur la chaudière, une crépine à l'orifice d'entrée.



- VANNE GESTRA -

FIG. 229



d) **Vanne Gestra** (*fig. 229*).

Cette vanne fabriquée hors de France équipe des locomotives conçues primitivement pour l'étranger.

Elle comporte :

- un corps constitué par trois parties assemblées entre elles par des goujons,
- une soupape (a),
- un ressort de rappel (b),
- un levier de commande (c),
- une soupape de sécurité (d) et son siège.

La fermeture automatique de la vanne est assurée par la pression de la chaudière. Dans le cas de machine froide, la fermeture est effectuée par le ressort.

*Sécurité.*

Dans le cas de non fermeture de la soupape par interposition d'un corps étranger entre soupape et siège ou par un fonctionnement de la commande, le dispositif de sécurité permet d'obturer le conduit de communication de la chaudière avec l'atmosphère. Il est composé d'une soupape spéciale (d) manœuvrable par une commande à main indépendante.

*Dispositions spéciales de la vanne.*

Les dispositions extérieures du corps de vanne permettent d'adapter les différents dispositifs de la commande supplémentaire suivants :

- commande à main par arbre et volant de manœuvre,
- commande à distance par air avec membranes ou piston,
- commande à distance par vapeur avec piston.

Un robinet de manœuvre à 3 voies, distribue l'air ou la vapeur pour le fonctionnement des dispositifs à commande à distance.

**Purge continue** (*fig. 230*) spécial aux machines de manœuvres.

Ce dispositif d'extractions est automatique et ne fonctionne qu'à régulateur « ouvert ». Il se fixe, de préférence, à l'avant de la boîte à feu.

Il est constitué par un corps (a) dans lequel un petit clapet (b) relié à un piston de commande (c) se déplace. Le fonctionnement est obtenu à l'aide de vapeur captée par une canalisation spéciale (d) fixée, d'une part, sur la conduite allant du régulateur aux boîtes à vapeur des cylindres et, d'autre part, à la purge continue; un ressort (e) assure la fermeture du clapet sur un siège (f).

L'eau d'extraction est dirigée par le bossage (h), soit dans le cendrier, soit directement sur le ballast; une butée réglable (k) permet de faire varier le débit de l'appareil. L'évacuation de l'eau de condensation se fait par la purge automatique (g).

*Fonctionnement.*

Le fonctionnement du clapet est obtenu automatiquement dès l'ouverture du régulateur; la vapeur agit directement sur le piston et le maintient dans la position clapet ouvert jusqu'à la fermeture du régulateur. Le débit de la purge continue est fonction de la section de passage laissée entre le siège et le clapet et, par suite, de la course du piston. Le débouchage de l'orifice d'extraction est assuré automatiquement à chaque fermeture par la pointe conique de la tige formant clapet.

e) **Robinet vanne à commande à main** (*fig. 231*).

Ce dispositif d'extraction est généralement utilisé pour les machines de manœuvres équipées ou non de purge continue, et les chaudières fixes. Il sert pour les extractions et pour la vidange des chaudières.

Il comporte un corps (a) et une boîte à crémaillère (b) à l'intérieur desquels coulissent 2 vannes (c) commandées par une crémaillère et un secteur denté.

La fermeture du robinet n'est pas automatique. La commande manuelle doit être actionnée pour l'ouverture et la fermeture. La commande à main est conçue de telle sorte que le personnel se trouve en parfaite sécurité au moment de l'extraction. Quelques séries de machines comportent une commande à main pouvant être actionnée en marche directement de l'abri de la machine.

Toutes les vannes d'extraction qui équipent les locomotives et les chaudières fixes sont munies d'une crépine.

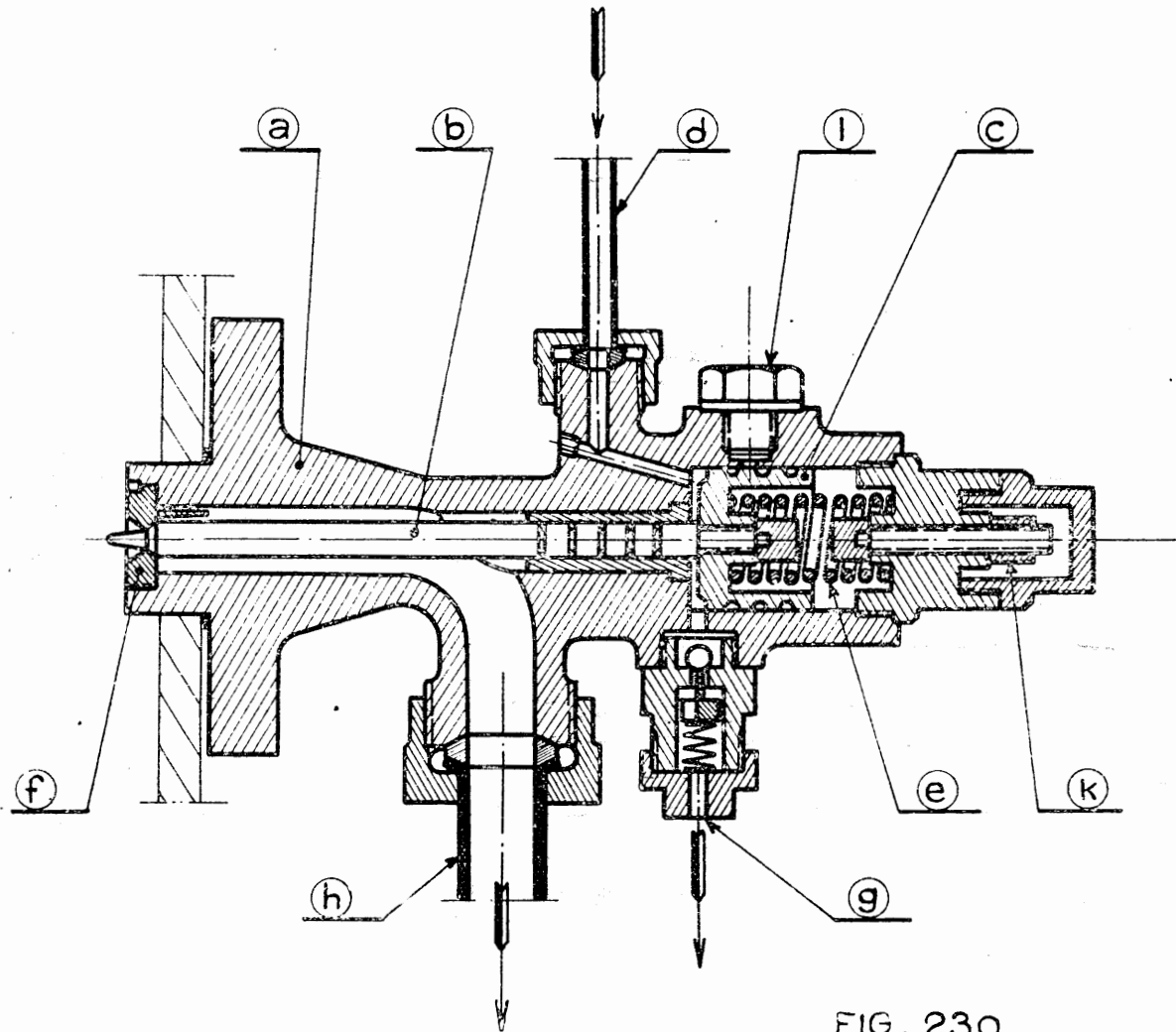


FIG. 230

Pour l'évacuation de l'eau d'extraction, chaque vanne comporte une tuyauterie aboutissant à un étouffoir.

### 3<sup>o</sup> Enregistreur et compteur d'extractions

Deux dispositifs sont utilisés pour le contrôle des extractions :

- l'enregistreur d'extractions sur bande d'indicateur enregistreur de vitesse pour les locomotives (*fig. 232*),
- le compteur d'extractions réservé, en principe, aux chaudières fixes (*fig. 233*).

a) **Enregistreur d'extractions à diaphragme (fig. 232).**

Cet appareil comporte un boîtier (a) fixé sur le fond de l'indicateur enregistreur de vitesse. A l'intérieur du boîtier est placé un ensemble mobile comprenant un diaphragme (b), un poussoir (c) et un ressort de rappel (d).

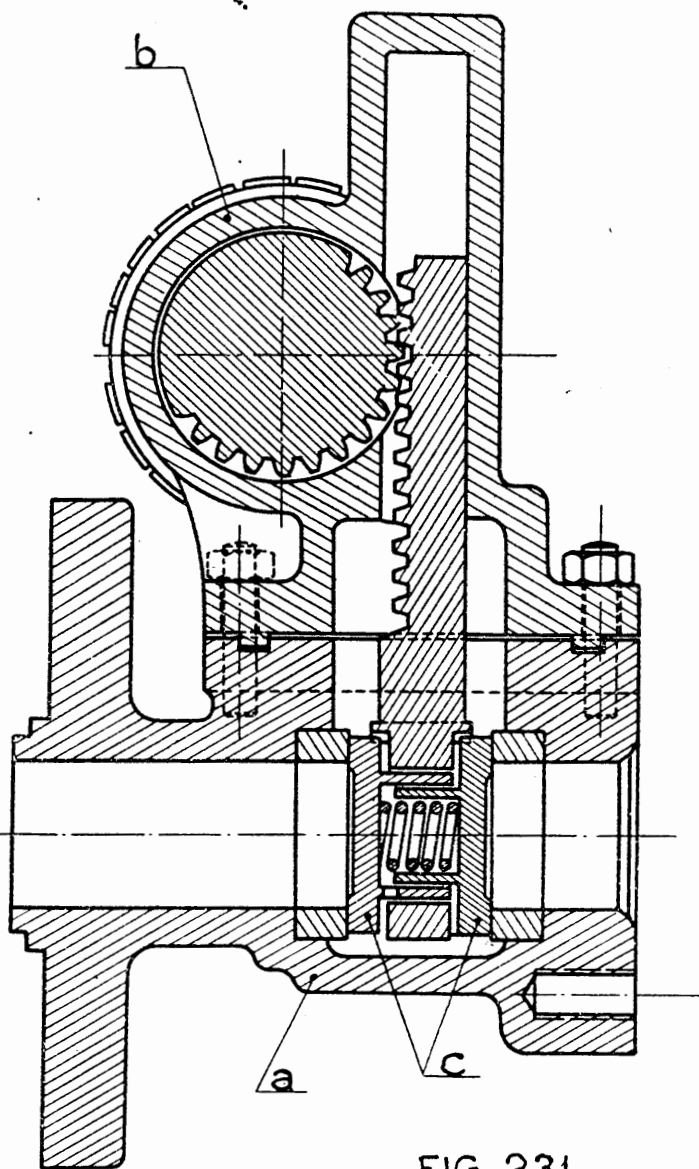


FIG. 231

L'extrémité du poussoir traverse la platine inférieure de l'indicateur et transmet ses déplacements à un équipage de tringle, commandant un style enregistreur.

La partie inférieure du boîtier est reliée par tuyauterie à l'orifice spécial prévu sur le cylindre des vannes d'extractions commandées par vapeur ou air.

*Fonctionnement.*

Au moment de l'extraction, sous l'action du fluide, le piston de la vanne se déplace, découvre l'orifice où aboutit la tuyauterie reliée à l'enregistreur d'extractions, mettant en pression la chambre contenant le diaphragme; celui-ci se déforme, agit sur le poussoir qui transmet au style l'impulsion reçue.

L'extraction terminée, la pression décroît dans le cylindre de la vanne et dans la chambre du boîtier; l'ensemble mobile sollicité par le ressort de rappel reprend sa place.

L'enregistrement sur la bande de papier de l'indicateur enregistreur de vitesses se traduit par une discontinuité du trait tracé par le style.

La durée de l'extraction en marche se mesure en tenant compte de la vitesse de la machine et de l'échelle de déroulement du papier par kilomètre.

b) **Compteur d'extractions (fig. 233)**

*Description.*

Le compteur comporte essentiellement un moteur à ressort (a) à remontage par clé entraînant un mouvement d'horlogerie. Sur l'axe de la roue d'échappement est montée une

vis sans fin qui commande une roue hélicoïdale calée sur l'axe d'un compteur.

Un tube manométrique (b) commande un levier (c) dont l'extrémité porte une palette (d). Celle-ci, en l'absence de pression dans le tube manométrique, fait butée d'arrêt à une goupille (e) montée sur la jante du balancier (f).

Le tube manométrique (b) est relié par une tuyauterie à la vanne d'extractions.

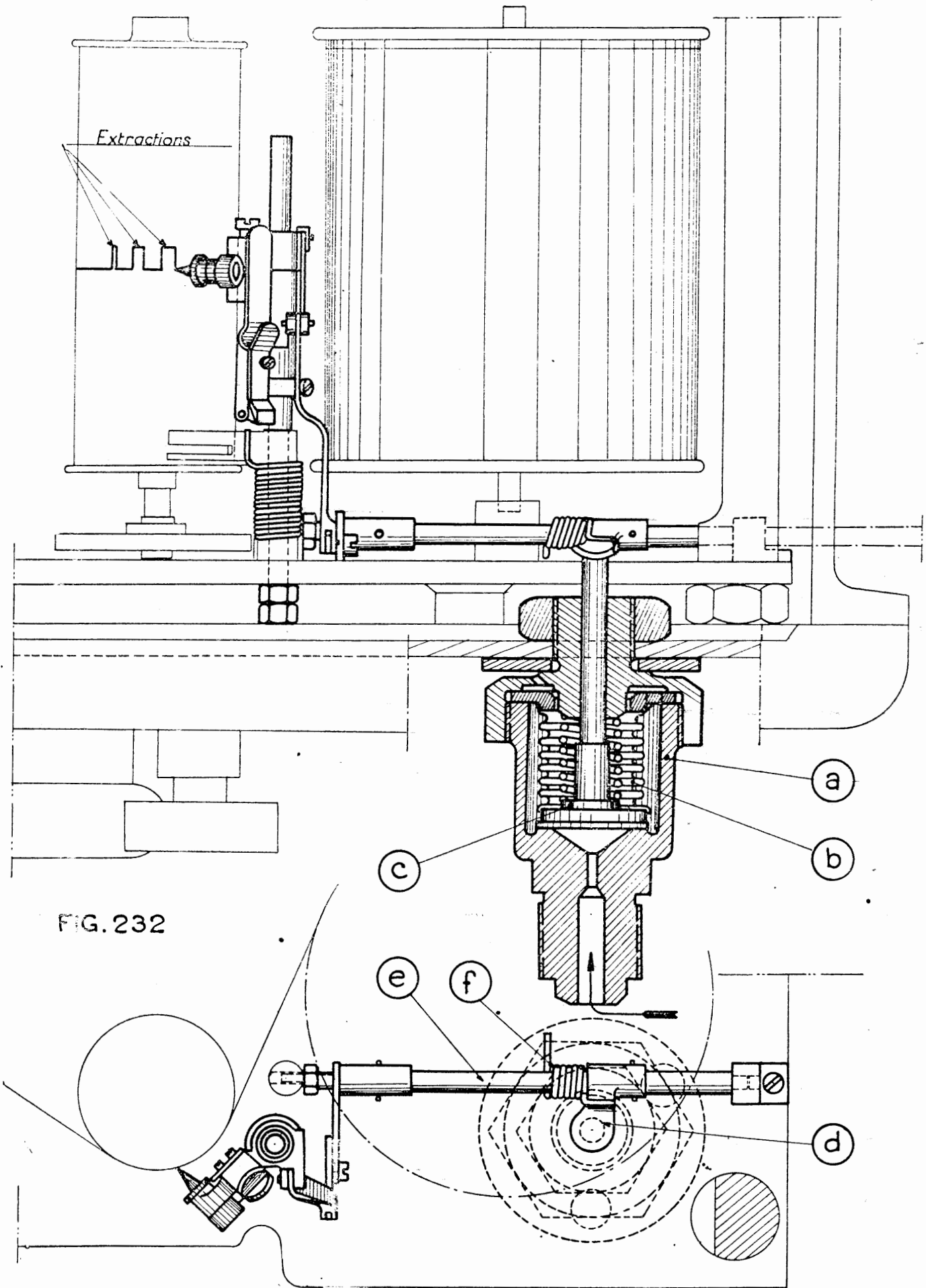


FIG. 232

Une unité de compteur correspond à environ 10 secondes d'ouverture de la vanne d'extractions.

L'appareil totalise les unités du compteur sans fixer la périodicité des extractions et le lieu où elles ont été exécutées.

*Fonctionnement.*

Lorsqu'on fait une extraction, une pression s'établit dans le tube manométrique, celui-ci se déforme et entraîne le levier de butée (c) qui libère le balancier (f).

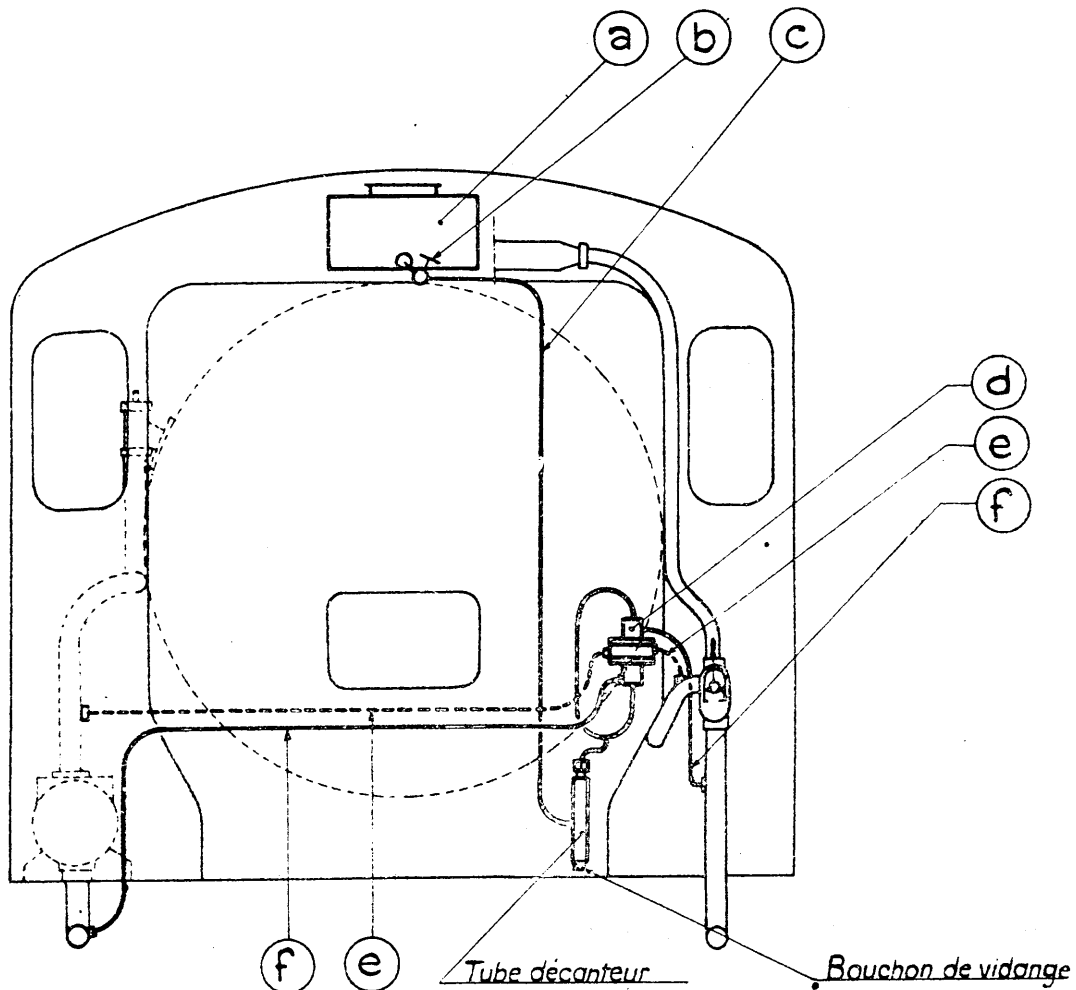


FIG. 234

Lorsqu'on arrête l'extraction, la pression dans le tube cesse et celui-ci reprend sa forme initiale; le ressort (g) appuyant sur le talon du levier (c) le rappelle à sa position de repos et immobilise le balancier (f).

#### 4<sup>o</sup> Dispositifs de distribution du complexe

Les dispositifs de dosage et de distribution du complexe sont de deux catégories :

- 1<sup>o</sup> dispositif de dosage automatique de l'eau simultanément avec la mise en marche des appareils d'alimentation (doseur à membranes (*fig. 234 et 235*), doseur type « B » (*fig. 236, 237, 238, 239*)).

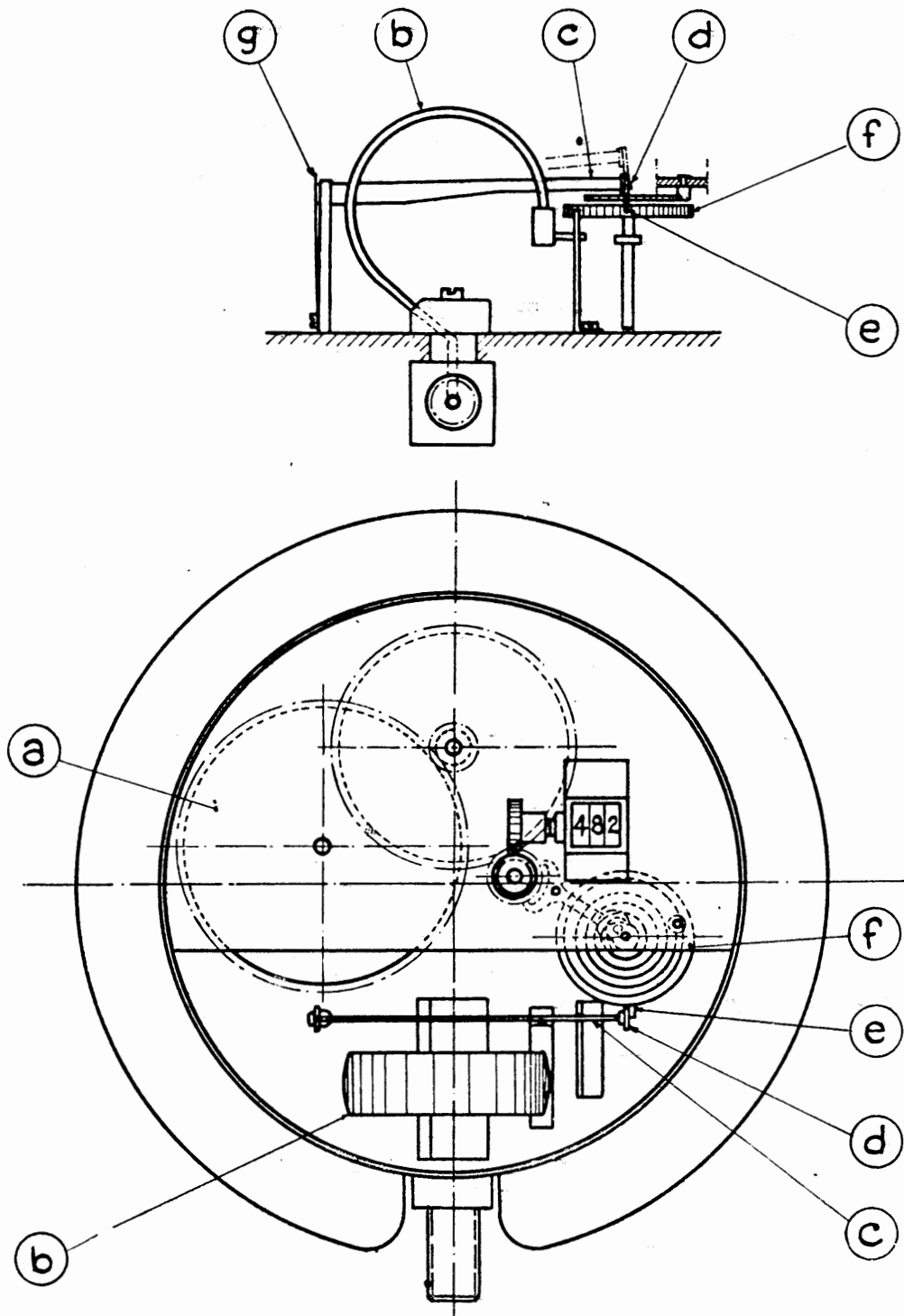


FIG. 233

2<sup>o</sup> Dispositif de dosage automatique de l'eau simultanément avec le remplissage des caisses à eau des tenders ou des locomotives tenders (doseurs hydrostatiques ordinaires et doseurs hydrostatiques à billes (fig. 240, 241, 242).

*Description des doseurs de la première catégorie.*

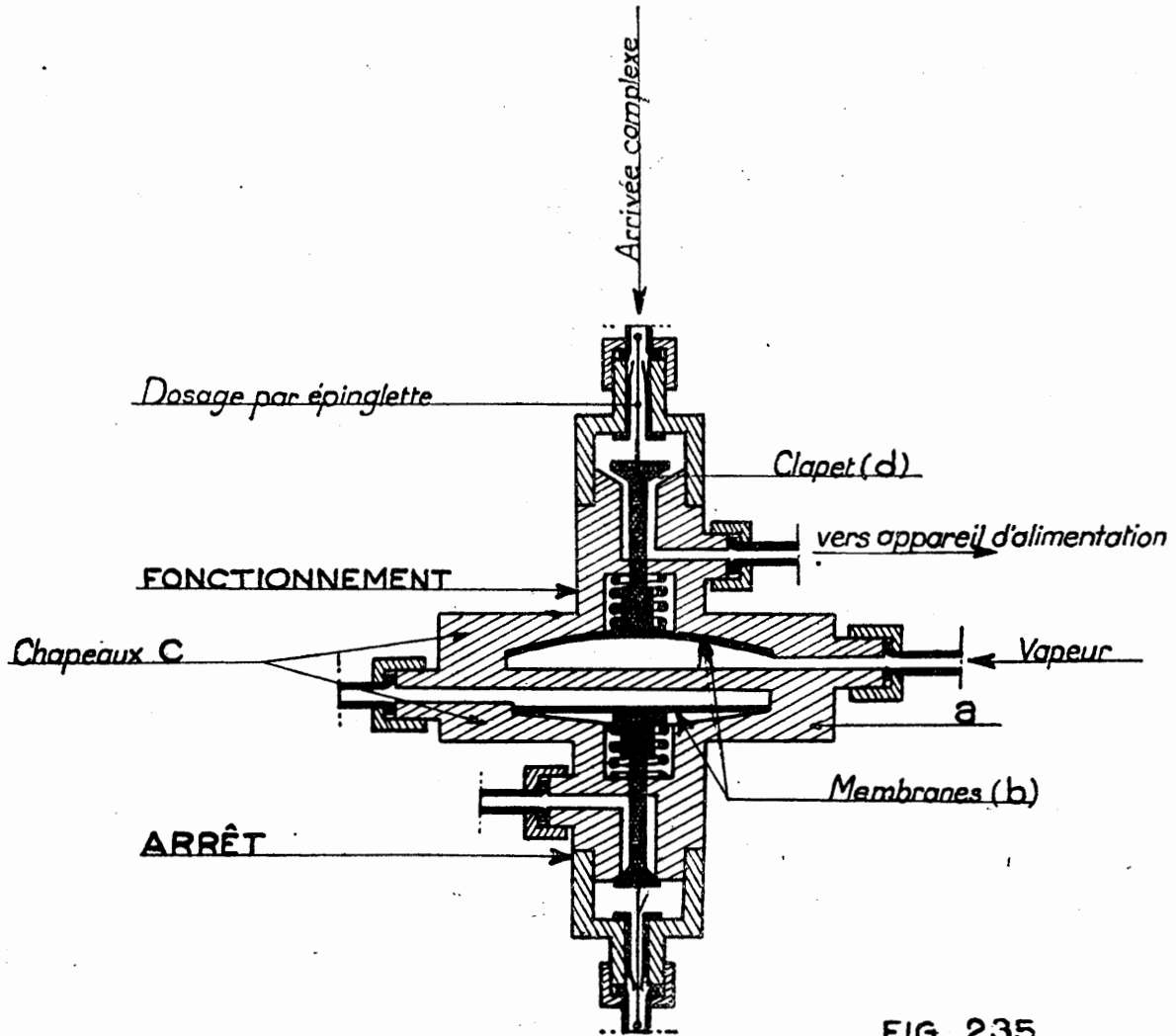


FIG. 235

a) Doseur à membrane (fig. 234 et 235).

L'installation (fig. 234) comporte : un réservoir (a) d'une capacité de 60 litres environ, placé sur le corps cylindrique ou sur la boîte à feu. En plus de cette disposition particulière destinée à éviter la cristallisation du complexe qu'il contient, le réservoir est traversé par une canalisation de vapeur dérivée de la tuyauterie d'échappement de la pompe Westinghouse.

Sur le réservoir est disposé un orifice de remplissage; à sa partie inférieure, un robinet (b) distribue, par une tuyauterie (c), le complexe à un doseur à membrane double (d) placé sur



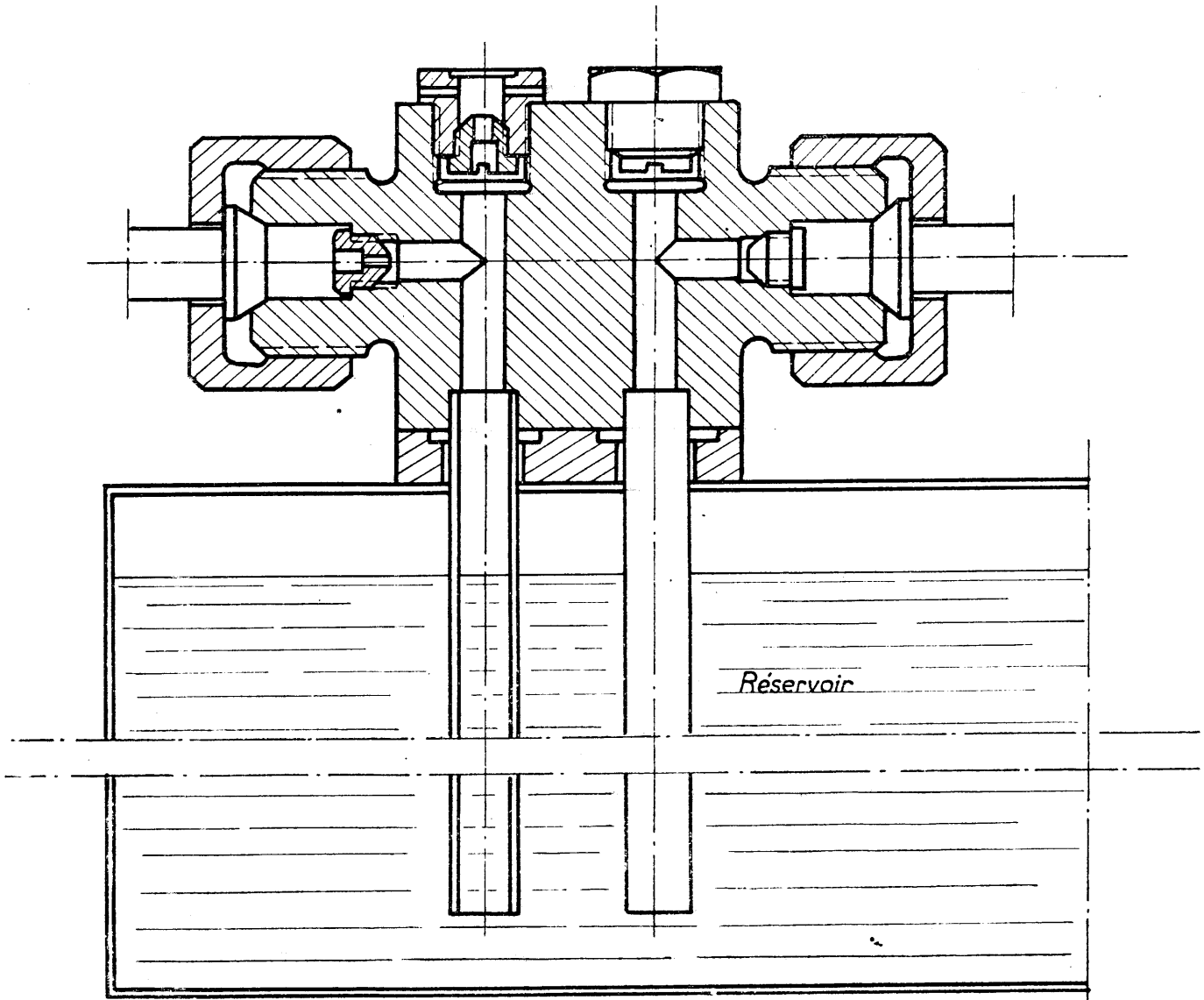
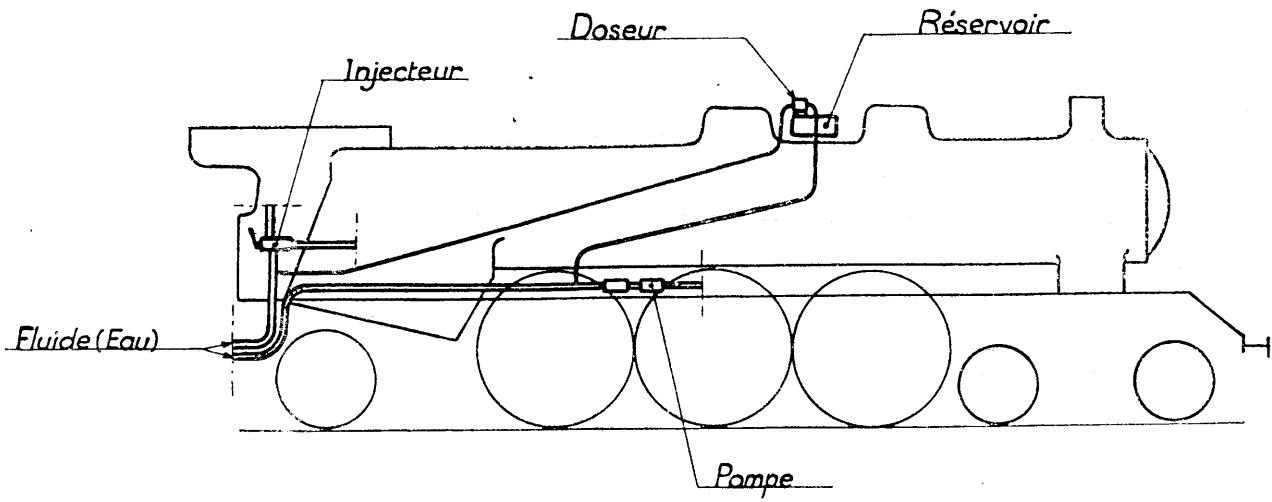


FIG. 237.

la face AR de la chaudière. Un tube décanteur interposé sur le circuit arrête les dépôts qui pourraient obstruer les ajutages de distribution du doseur.

Le doseur (*fig. 235*) comprend un corps (a), deux membranes (b), deux chapeaux identiques (c) assemblés au corps. A l'intérieur de chaque chapeau est logé un clapet (d) sur lequel est fixée une épinglette qui pénètre dans un ajutage calibré; celle-ci d'un diamètre approprié, assure le réglage du débit de complexe. Chaque clapet est maintenu en contact avec sa membrane; au repos, il est appliqué sur son siège à l'aide d'un ressort de rappel.

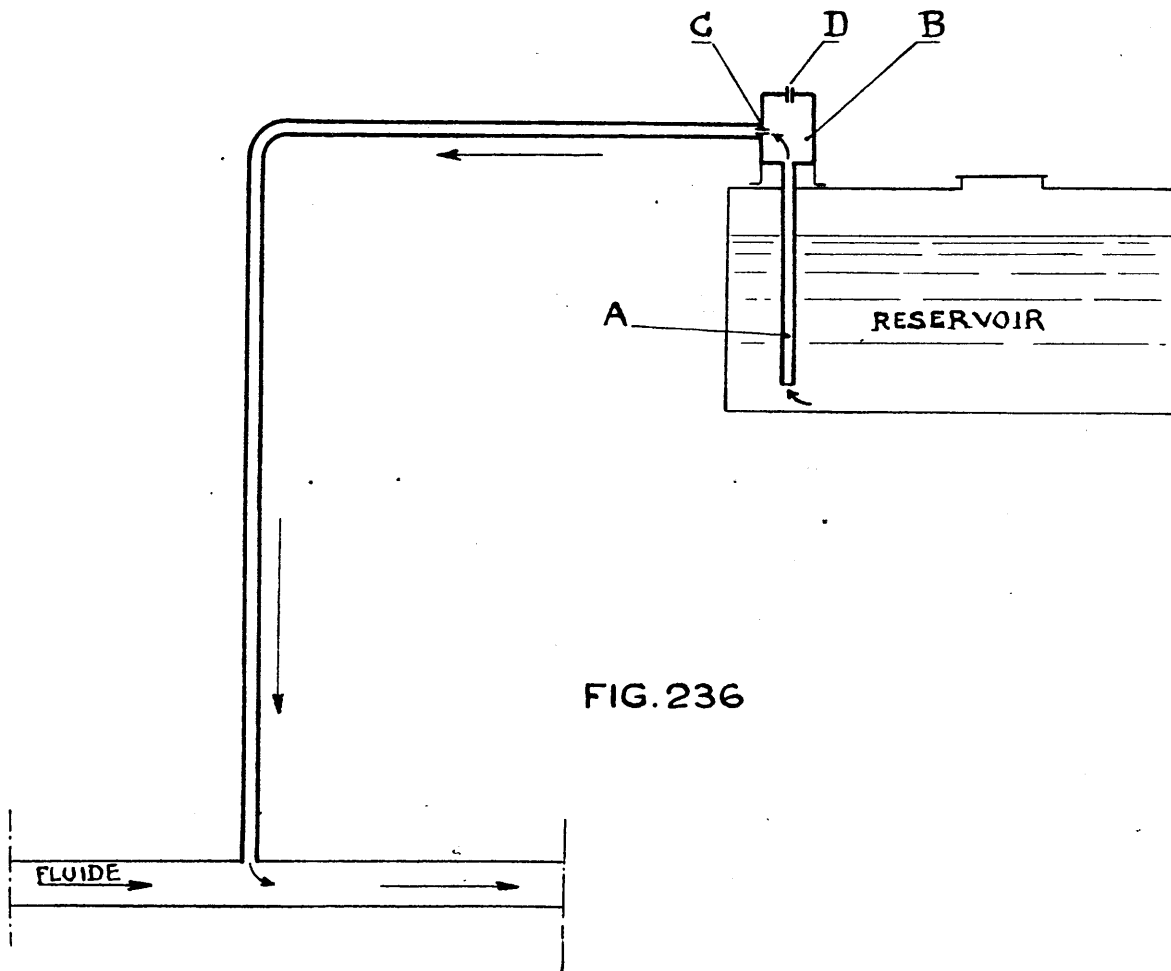


FIG. 236

Sur le corps du doseur aboutissent 2 tuyaux branchés soit sur les tuyaux de refoulement, soit sur les tuyaux de prises de vapeur des appareils d'alimentation. Les chapeaux du doseur comportent chacun deux raccords reliés par tuyauterie l'un au tube décanteur, l'autre à une conduite d'aspiration d'eau d'un appareil d'alimentation.

*Fonctionnement.*

Lorsqu'un appareil d'alimentation est mis en action (injecteur ou pompe) la pression de refoulement de l'eau ou de la vapeur agit par la tuyauterie sur la membrane correspondante du doseur; celle-ci se déforme, comprime le ressort et soulève le clapet; le complexe libéré s'écoule par gravité à travers l'ajutage et la tuyauterie reliée au tuyau d'aspiration de l'appareil d'alimentation en service pour se mélanger à l'eau.

A l'arrêt de l'alimentation, la pression cesse, la membrane et le clapet, rappelés par le ressort, reprennent leur position de repos et arrêtent l'écoulement du complexe.

b) Doseur « B » (fig. 236 à 239).

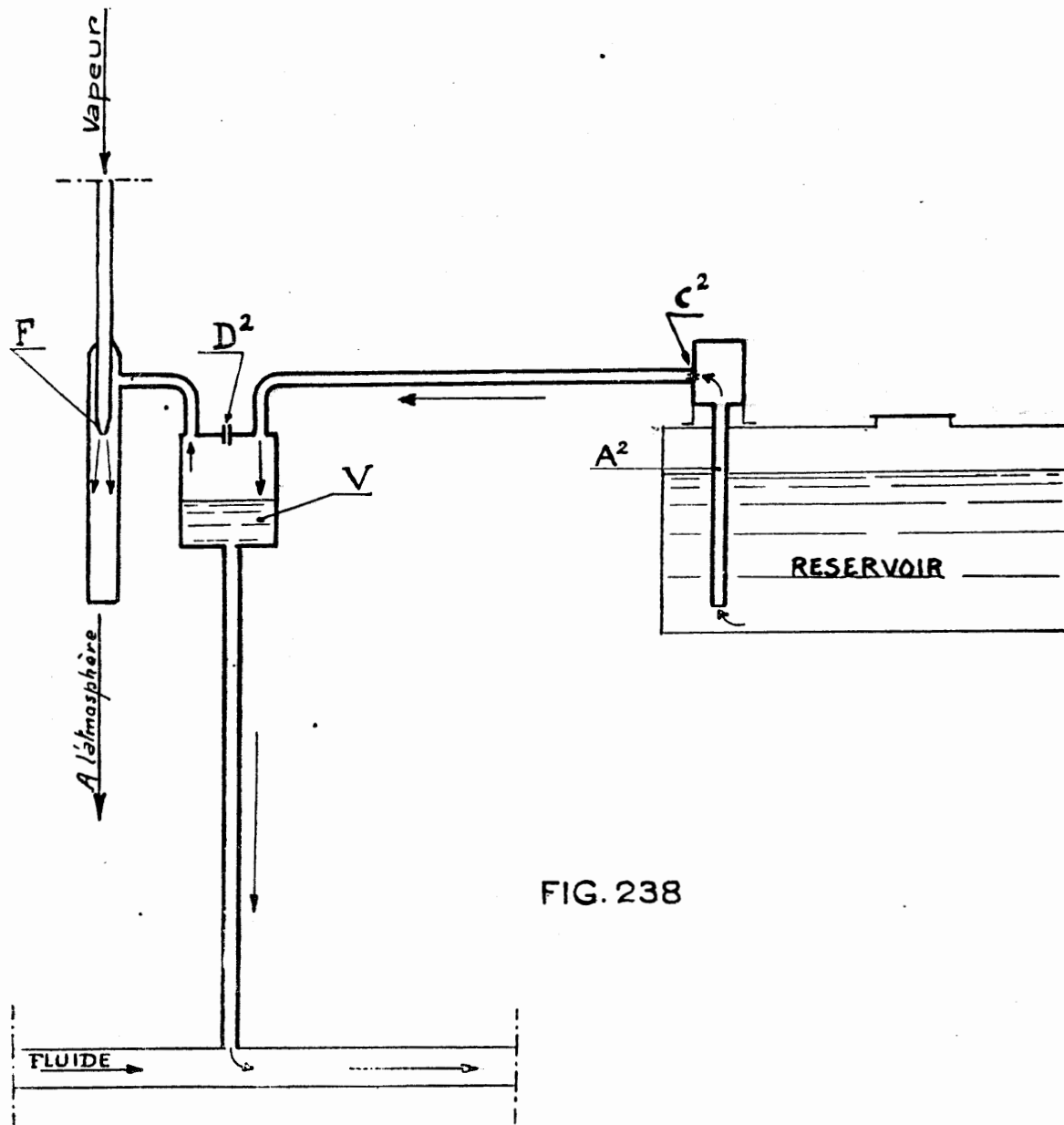


FIG. 238

L'application de ce doseur a été limitée à quelques locomotives et chaudières fixes.

L'appareil consiste à utiliser une dépression produite au moment de la mise en action d'un appareil d'alimentation pour provoquer l'écoulement du complexe, proportionnellement au débit de l'eau d'alimentation.

Deux dispositions sont prévues pour l'application du doseur « B » selon les types d'appareils d'alimentation utilisés :

*Première disposition* : avec les injecteurs aspirants (type Sellers) et les pompes.

*Deuxième disposition* : avec les injecteurs en charge (type unifié).

*Description* (première disposition *fig. 236 et 237*).

L'appareil se compose d'un tube plongeur (A) placé dans le réservoir à complexe. Il est relié au socle (B) duquel part la conduite d'aspiration et de distribution du complexe; cette conduite est raccordée, d'autre part, au tuyau d'aspiration d'eau de l'appareil d'alimentation.

Le réglage du débit est obtenu à l'aide des diagrammes (C) et (D) à section déterminée ou réglable par épinglette; de plus, le diaphragme (D) en communication avec l'atmosphère, interdit le siphonnage du réservoir après l'arrêt de l'appareil d'alimentation.

*Fonctionnement.*

Dès la mise en marche de l'appareil d'alimentation, l'eau en circulation dans la conduite produit une dépression dans la tuyauterie reliée au doseur; sous l'influence de cette dépression le complexe est aspiré, s'écoule et vient se mélanger à l'eau d'alimentation. A l'arrêt de l'appareil d'alimentation, la dépression et l'aspiration du complexe cessent.

La *figure 237* représente deux doseurs réunis en un seul pour l'application aux locomotives.

*Description* (2<sup>e</sup> disposition) (*fig. 238 et 239*).

Pour les injecteurs dits en charge, c'est-à-dire placés plus bas que les caisses à eau, la pression statique de l'eau est supérieure à sa pression dynamique. Pour permettre le fonctionnement du doseur, il a été nécessaire de réaliser un dispositif spécial créant dépression.

Ce dispositif consiste en un vase V, relié, à sa partie inférieure, à la conduite d'arrivée d'eau à l'injecteur et, à sa partie supérieure, d'une part, au doseur muni d'un tube plongeur A<sup>2</sup>, d'autre part, à un dispositif à convergent (F) composé d'un tuyau alimenté par une dérivation de vapeur prise sur la conduite de vapeur de l'injecteur.

*Fonctionnement.*

Lors de la mise en marche de l'injecteur, la vapeur dérivée vers l'atmosphère par le convergent (F) crée une dépression dans le vase (V) et dans la conduite reliée au doseur; sous l'action de la pression atmosphérique, le complexe s'élève dans le tube plongeur (A<sup>2</sup>), passe par le diaphragme (C<sup>2</sup>) et s'écoule dans le vase (V) d'où, par gravité, il atteint la conduite d'eau d'alimentation.

A la fermeture de la prise de vapeur de l'appareil d'alimentation, la dépression dans le vase (V) cesse, arrêtant l'écoulement du complexe.

Le diaphragme (D<sup>2</sup>), placé sur le vase (V) empêche tout siphonnage du complexe.

La *figure 239 A* représente schématiquement l'ensemble de l'installation sur une machine équipée d'un injecteur en charge, la *figure 239 B* le base V et la *figure 239-C* le convergent F.

*Description des doseurs de la deuxième catégorie.*

Ces doseurs sont placés, soit sur la caisse à eau des tenders, soit sur l'une des soutes à eau des machines tenders.

### c) **Doseur hydrostatique ordinaire** (*fig. 240*).

L'appareil comprend :

- un réservoir à complexe (a) dans lequel est monté une tubulure de déversement (b),
- un couvercle étanche (c),
- un filtre (d).

Une cloche à air (e) disposée verticalement dans la caisse à eau est en communication avec l'eau par un orifice (f) et avec le réservoir à complexe par le tube (g).

Un serpentín de vapeur assure, en période froide, le réchauffage du complexe.

*Fonctionnement.*

Au remplissage de la caisse à eau, le niveau de l'eau montant dans le tender, s'élève également dans la cloche et comprime l'air qu'elle contient. La pression de l'air s'exerce alors dans le réservoir et déplace un volume de complexe sensiblement égal au volume d'eau entré

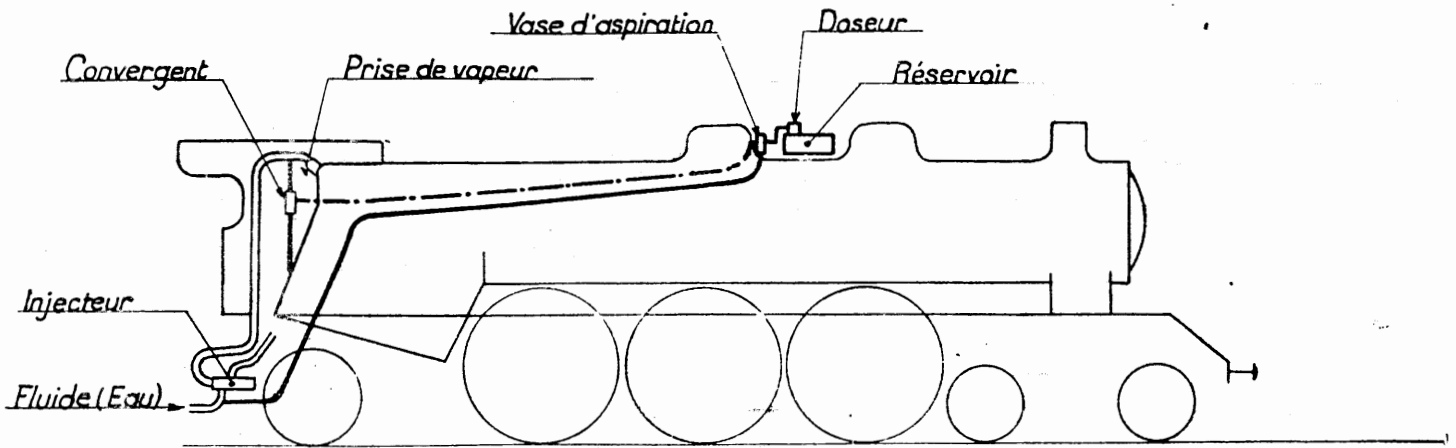


FIG. 239 A

FIG. 239 B

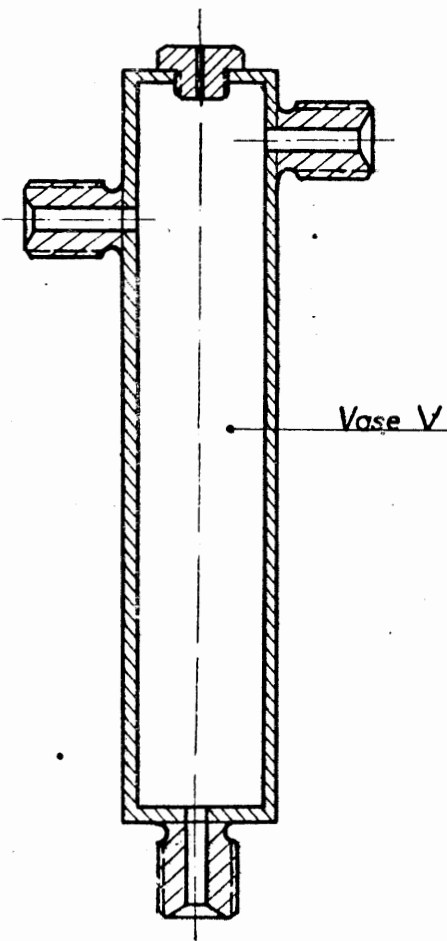
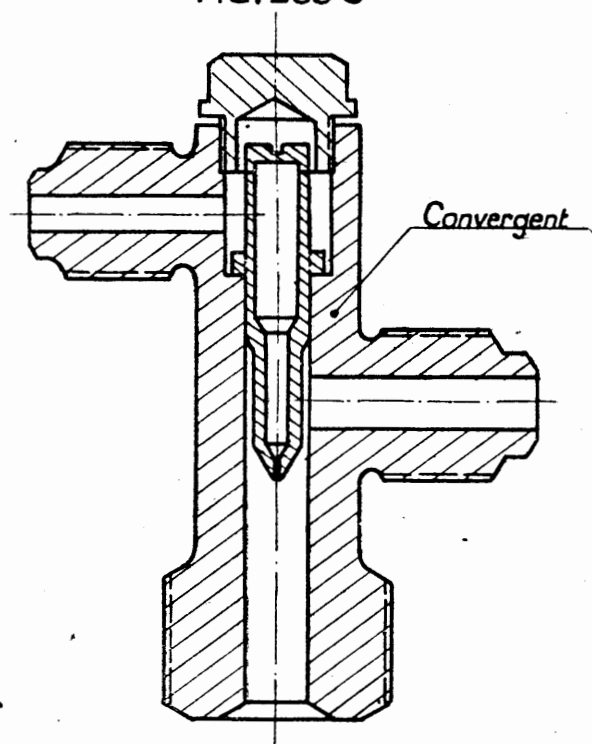


FIG. 239 C



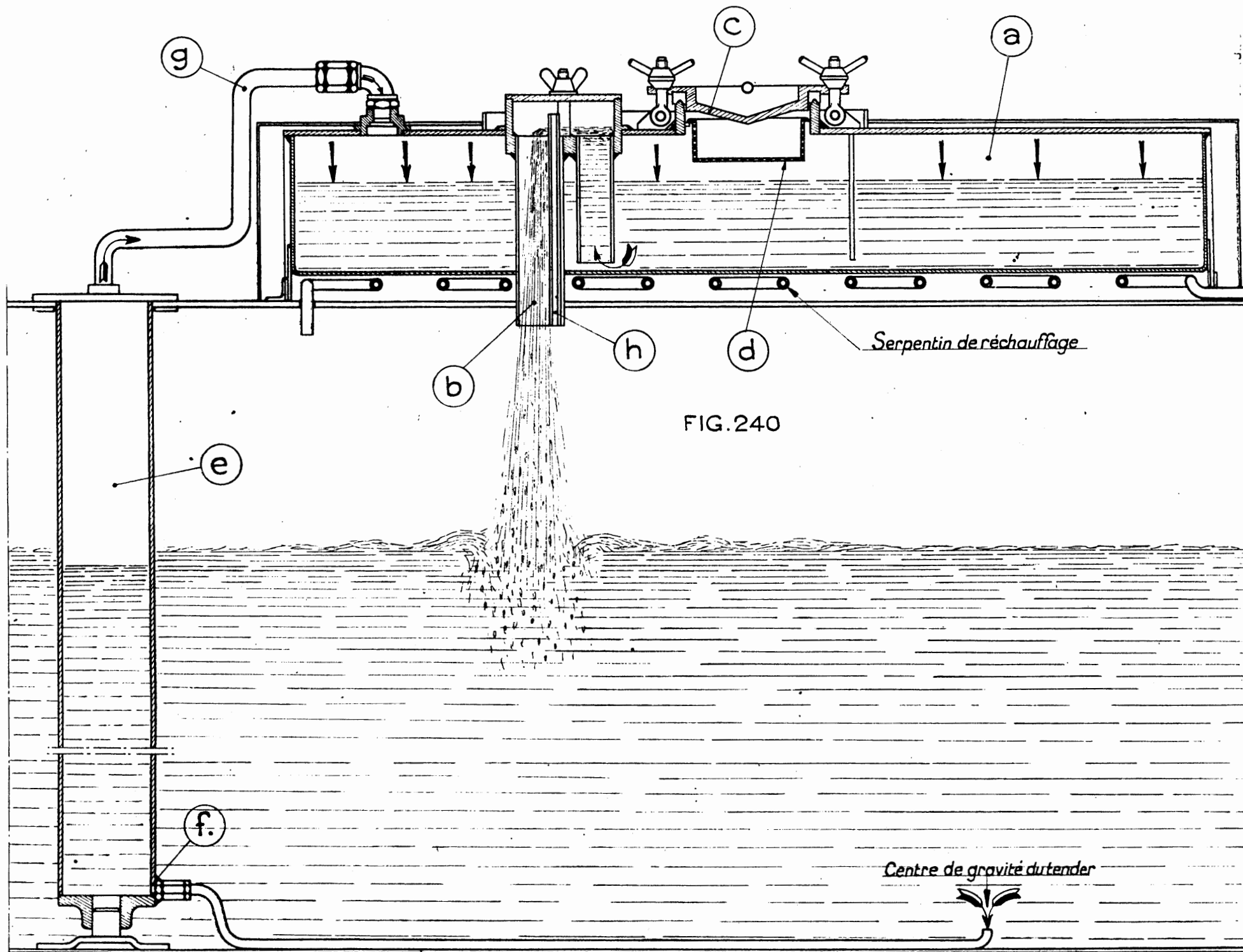


FIG. 240

*Centre de gravité du tender*



dans la cloche; le complexe s'écoule par la tubulure de déversement (b) et se déverse dans l'eau.

Lorsque le tender se vide, le niveau d'eau baisse également dans la cloche (e) créant un vide relatif dans le réservoir à complexe et provoquant une montée d'air par le trou évent (h) et par une des branches de la tubulure de déversement.

L'appareil se trouve ainsi prêt à débiter à nouveau au prochain remplissage du tender.

Pour que ce doseur fonctionne correctement, il est nécessaire qu'il soit étanche et qu'il n'existe aucune fuite à la cloche à air ainsi qu'à la tuyauterie de liaison.

Pour éviter que les mouvements de l'eau dans le tender ne provoquent des débits intempestifs, l'orifice (f) de la cloche à air est d'un faible diamètre (de l'ordre de 6 mm.) et la cloche à air est placée dans la mesure du possible près de l'axe vertical passant par le centre de gravité de la masse d'eau. En cas d'impossibilité, l'orifice (f) est prolongé par un tuyau jusqu'à la position qu'il devrait occuper.

#### d) Doseur hydrostatique à billes (fig. 241).

L'appareil comprend 2 compartiments qui communiquent entre eux par l'intermédiaire d'une boîte à clapet (a).

Le compartiment distributeur (b) relié à la cloche à air contient la tubulure de déversement (c).

Le compartiment (d) ou réservoir nourrice comporte :

- un orifice de remplissage avec couvercle non étanche;
- une crépine de remplissage,
- un filtre de protection de la boîte à clapet.

Un serpentin de vapeur assure le réchauffage du complexe en période froide.

##### *Fonctionnement.*

Au remplissage du réservoir (d) le compartiment distributeur se remplit également par l'intermédiaire de la boîte à clapet (a).

Ces deux compartiments étant remplis de complexe, le fonctionnement du compartiment distributeur est identique à celui du doseur hydrostatique ordinaire, la pression de l'air, isolant les deux compartiments par la fermeture de l'orifice de la boîte à clapet en appliquant la bille sur son siège.

Par suite d'alimentations successives de la chaudière, l'eau baisse dans le tender et également dans la cloche, provoquant une légère dépression dans le compartiment distributeur; cette dépression a pour effet de remettre en communication le compartiment réservoir avec le compartiment distributeur et de permettre ainsi le remplissage de ce dernier.

L'appareil se trouve prêt à fonctionner de nouveau.

#### e) Doseur hydrostatique à bille (fig. 242).

Cet appareil ne diffère du précédent que par l'amélioration de sa construction.

Le fonctionnement en est identique mais il a l'avantage d'être constitué par deux compartiments indépendants qui rendent son entretien et, éventuellement, sa réparation plus faciles.

Le serpentin de réchauffage a été remplacé par un tube traversant le compartiment réservoir.

## C - ORGANISATION DU T.I.A.

### 1° Rôle des divers services dans l'application du T.I.A.

Nous allons examiner successivement quel est le rôle, dans l'application du T. I. A., de la Section d'Etudes et de Contrôle du Traitement des Eaux (S. T. E.), des Services Régionaux et des services locaux.

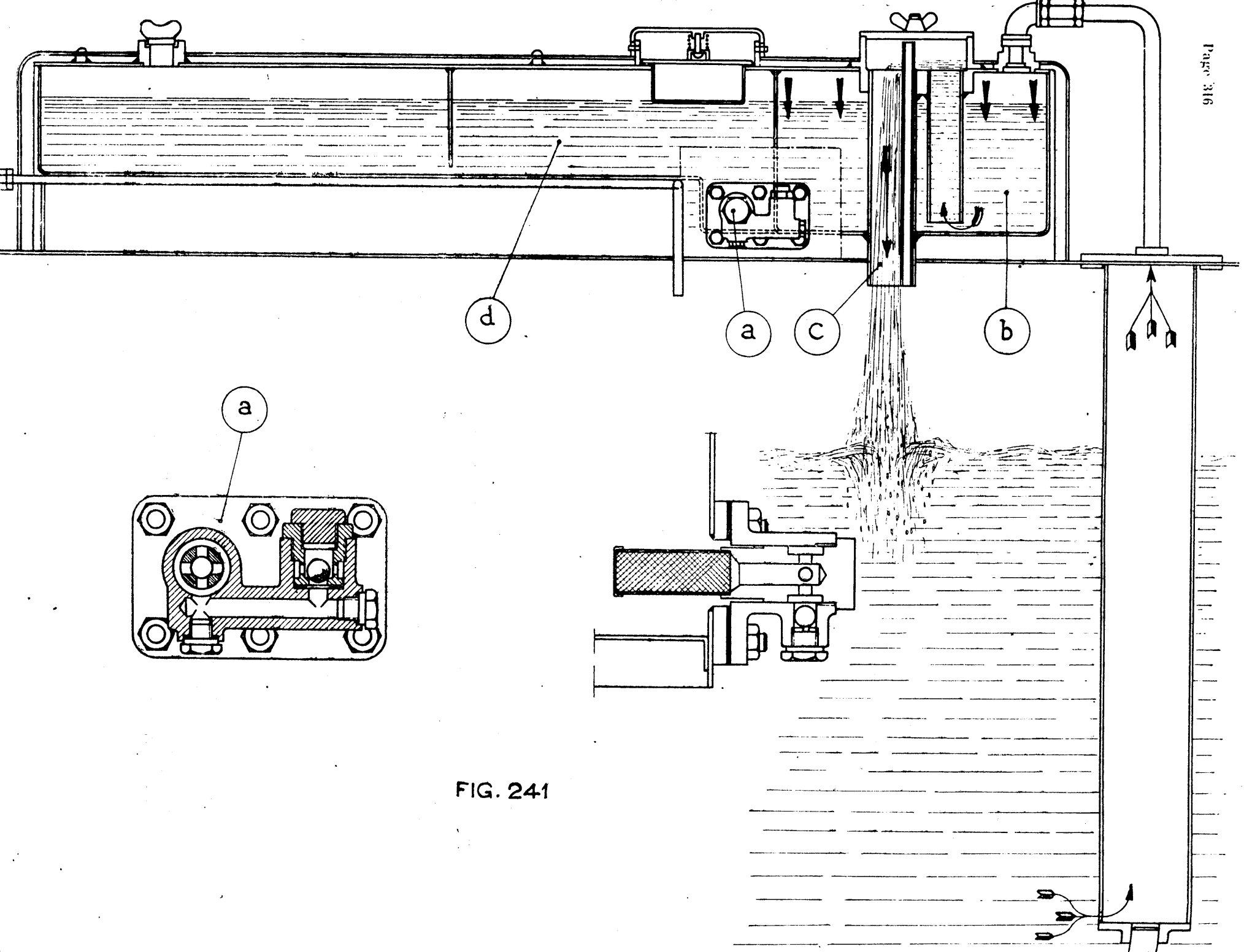


FIG. 241



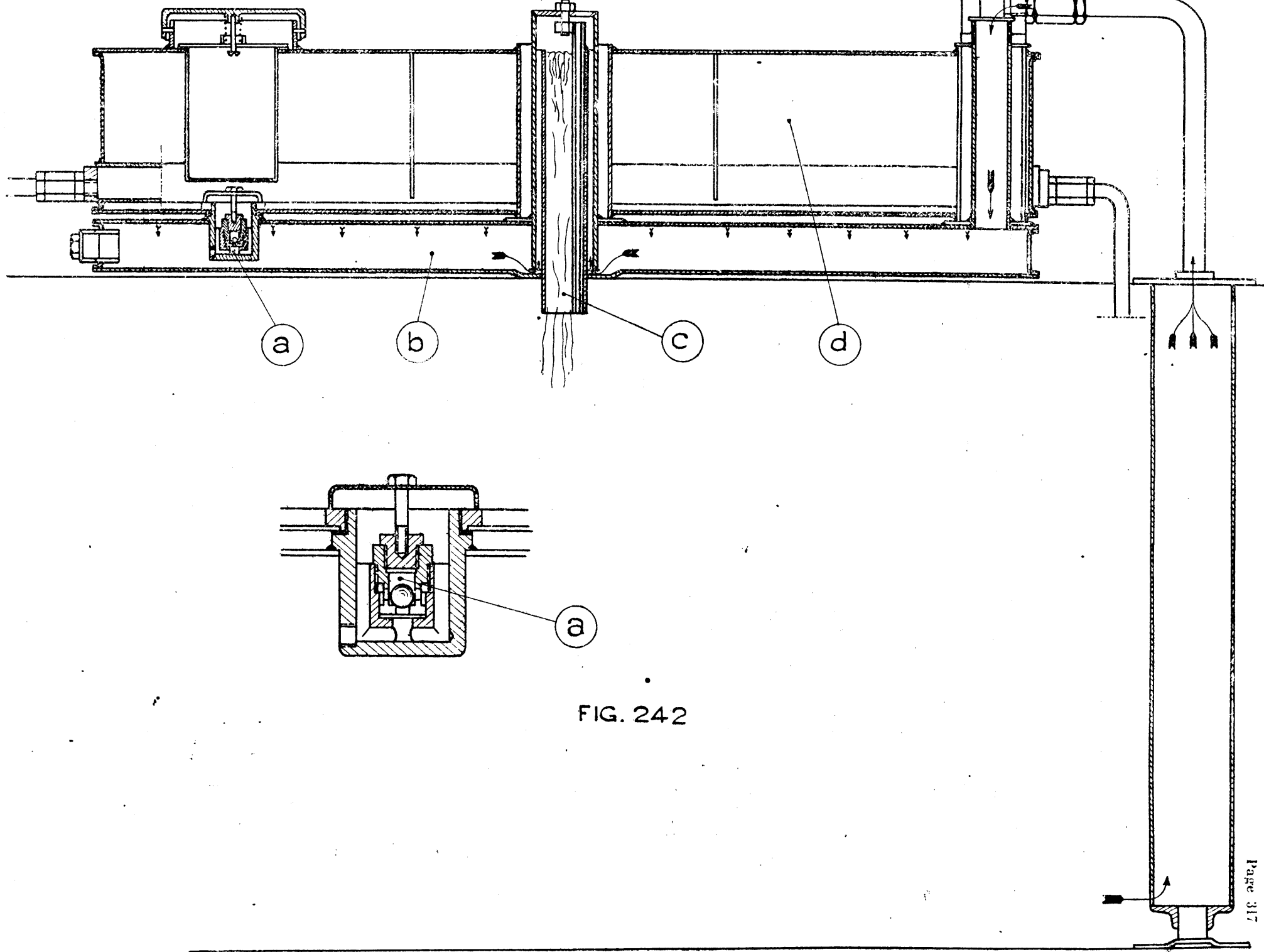


FIG. 242

a) **La S. T. E.**

Rattachée au Service Technique du Matériel et de la Traction, la Section d'Etudes et de Contrôle du Traitement des Eaux, qui est chargée de toutes les questions techniques relatives aux traitements des eaux, est l'organisme d'où émanent les directives concernant l'application du T. I. A. En cette matière, ses principales attributions sont les suivantes :

- fixer, pour chaque établissement, les conditions techniques de l'application du T. I. A.,
- contrôler, par des visites dans les établissements, l'application de ces directives,
- étudier et résoudre toutes les questions qui découlent des anomalies qui peuvent se présenter,
- rechercher les incidences que peut avoir sur la conception et l'exploitation de la machine à vapeur, le traitement intégral des eaux,
- étudier et mettre au point les appareils et installations utilisés pour le traitement des Eaux.

b) **Les Divisions Régionales.**

Les Divisions Régionales Traction ont la responsabilité de l'application du T. I. A. dans leur établissements. Elles contrôlent, à l'aide d'agents placés directement sous leurs ordres, l'application des directives énoncées par la S. T. E. Elles prennent toutes dispositions utiles pour remédier aux anomalies de traitement dues à une inobservation de ces directives.

L'application du T. I. A. est également suivie par le Chef d'arrondissement et ses subordonnés.

c) **Les Services locaux.**

Le Chef d'établissement est responsable, dans son dépôt, de l'application du T. I. A. qui doit être également suivie par les dirigeants d'atelier.

*Contrôle du T. I. A.*

**Un traitement intégral tel que le T. I. A. ne peut se concevoir sans un contrôle efficace.**

Il faut, en effet, pouvoir déceler immédiatement toutes les anomalies qui peuvent se présenter, soit dans les conditions d'application du traitement, soit dans le fonctionnement de l'appareillage et être à même d'y apporter immédiatement les remèdes utiles.

Il est également nécessaire de s'assurer à chaque instant que les prescriptions relatives au traitement sont scrupuleusement appliquées à tous les échelons.

Ces considérations ont amené à confier ce contrôle dans chaque dépôt traité, à un agent spécialiste : « **le contrôleur du T. I. A.** » placé sous la direction du chef d'établissement.

Le contrôleur du T. I. A. doit se tenir en liaison avec tous les services du dépôt; il assiste à la situation journalière chez le chef d'établissement.

Il a sous ses ordres les agents qui, dans son dépôt, sont occupés à l'application du T. I. A. ou à l'épuration préalable des eaux. De même, il dirige techniquement ceux de mêmes emplois, des annexes et centres satellites rattachés à son dépôt.

Ses principales attributions sont les suivantes :

- Effectuer, sur des échantillons d'eau prélevés aux chaudières, le contrôle du traitement, au moyen d'analyses chimiques et d'appareils spéciaux, afin, le cas échéant, de déceler les anomalies qui peuvent survenir dans l'application du traitement et de discerner les mesures qu'il doit prendre ou provoquer pour remédier à celles-ci.
- Consigner les résultats obtenus sur un registre spécial.
- Faire confectionner, par des manœuvres spécialisés, et analyser le complexe destiné à son propre dépôt et, éventuellement, celui nécessaire aux annexes et à d'autres dépôts.
- Visiter les chaudières au moment de l'application du T. I. A. et en cours de traitement, avant et après chaque lavage; établir les procès-verbaux de ces visites sur le registre spécial cité plus haut.

- Rechercher, de concert avec le Service intéressé du dépôt, les causes des incidents de chaudronnerie (il est responsable de ceux-ci lorsqu'ils sont dus à une application incorrecte du T. I. A.).
  - Vérifier le montage de l'équipement T. I. A. après première application ou après réparation importante des locomotives et des chaudières fixes (R. I., R. A., levage, G. R.).
  - Accompagner les machines en vue de vérifier le fonctionnement de cet appareillage et s'assurer de la parfaite exécution par le personnel de conduite des consignes relatives notamment aux extractions et aux purges des niveaux d'eau.
  - Diriger les opérations d'épuration préalable des eaux lorsqu'une usine d'adoucissement est rattachée à son centre.
  - Provoquer l'approvisionnement de son centre en réactifs et matériel de laboratoire et en matières premières nécessaires à l'application du traitement ou à l'épuration préalable des eaux.
  - Etablir les documents et les rapports permettant aux services intéressés de suivre l'activité du centre et l'application du traitement.
- Cet agent peut être assisté d'un ou deux adjoints suivant l'importance du dépôt et les difficultés de service ou de traitement qu'on y rencontre.

## 2<sup>o</sup> Constitution des centres de T.I.A.

Dans les établissements équipés pour le T. I. A., on dispose des installations suivantes :

### a) Laboratoire.

Pour effectuer correctement le contrôle du traitement, il est nécessaire de mettre à la disposition du contrôleur du T. I. A., un petit laboratoire bien clair dans lequel sont installés :

- une paillasse destinée à recevoir la verrerie nécessaire pour l'exécution des analyses ( fioles, burettes, etc...),
- un évier,
- une armoire pour mettre à l'abri les réactifs et la verrerie de réserve,
- un bureau et un classeur.

### b) Salle de fabrication.

Il est également indispensable de doter les centres de T. I. A. des dépôts importants des moyens nécessaires à la fabrication du complexe;

L'appareillage utile a été rassemblé dans une « salle de fabrication » qui comporte :

- une cuve chauffée par four et bain-marie ou par vapeur, dans laquelle le complexe est fabriqué. Cette cuve possède, en outre, un dispositif mécanique de brassage entraîné par un moteur électrique avec démultiplicateur,
- un broyeur à tanin,
- des cuves de stockage destinées à recevoir le complexe après fabrication.

La distribution du complexe aux machines se fait généralement sur les voies de rentrée au dépôt, voisines du centre T. I. A.

En général, une canalisation partant de la cuve de stockage et assurant la répartition du complexe sur chaque voie est alimentée en complexe par un petit groupe motopompe, actionné électriquement par l'agent chargé du remplissage des doseurs sur les machines. Cette canalisation a une pente suffisante pour permettre, lorsque l'opération de remplissage est terminée, le retour à la cuve de stockage, du complexe restant dans la canalisation.

### c) Magasin.

Cette installation est complétée par un petit magasin permettant de stocker toutes les matières premières destinées à la fabrication des complexes.

## D - ECONOMIES RÉSULTANT DE L'APPLICATION DU T.I.A.

Lorsque furent entreprises les études en vue de doter la S. N. C. F. d'un traitement intégral des eaux d'alimentation des chaudières, nous avons pu nous rendre compte, en consultant les statistiques publiées aux Etats-Unis où est appliqué un traitement efficace des eaux et en comparant, en France, les dépenses d'entretien sur des locomotives de même série circulant dans les Régions où la qualité des eaux est très différente, que les avantages que nous étions en droit d'attendre d'un tel traitement étaient extrêmement intéressants.

Ainsi nous savions qu'aux Etats-Unis l'application du traitement des eaux exploité par une firme spécialisée permettait de réaliser une économie de charbon de 5 à 6 % et un bénéfice total de 2.000 dollars par machine et par an, ce qui, dans la situation économique d'avant-guerre, représentait environ 1f par km.

Par ailleurs, en comparant les machines d'une même série (240-A) faisant des services analogues, les unes avec des eaux dures (Nîmes), les autres avec des eaux non incrustantes (Langeac) nous trouvions :

- que les réparations courantes de chaudronnerie sont, pour 10.000 km. de 10 heures à Langeac pour 90 heures à Nîmes,
- que les tubulures font 300.000 km. à Langeac contre 140.000 km. à Nîmes,
- que les chaudières ne passent en grande réparation qu'au bout de 450.000 km. à Langeac contre 280.000 km. à Nîmes.

Après deux ans d'exploitation du T. I. A., les résultats que nous avons obtenus et qui ont été par la suite largement confirmés par l'expérience, dépassaient de beaucoup nos premières estimations.

A l'aide des renseignements qui nous ont été fournis par les Régions, nous avons pu évaluer les avantages suivants que procure à la S. N. C. F. l'application du T. I. A.

### 1<sup>o</sup> Économie de charbon

Du fait du traitement intégral, l'entartrement étant supprimé, les tôles sont propres et la chaleur se transmet mieux entre les gaz et l'eau. Il résulte de cela que, toutes choses égales d'ailleurs, les gaz s'échappent à une température moins élevée, d'où une économie de combustible. Cette économie est très variable suivant les catégories et l'épaisseur du tartre et surtout suivant le type et l'allure de combustion de la chaudière des machines prises en comparaison.

A cette économie, il convient d'ajouter celle provenant de la réduction très sensible du nombre d'allumages des machines, qui résulte, comme nous le verrons plus loin, d'immobilisations beaucoup moins fréquentes pour travaux de chaudronnerie et de l'espacement des lavages.

Les résultats pratiques déduits directement des relevés de consommation donnés par la mécanographie et basés sur des parcours relativement élevés, plus de 9.000.000 de km. montrent que l'économie réalisée varie de 3 à 15 %. **Nous adopterons le chiffre de 5 % qui nous a été signalé le plus souvent.**

De ce chiffre est déduite la dépense de combustible correspondante aux extractions qui, ainsi que nous l'avons vu au cours de l'exposé, varie de 1 à 1,7 %.

### 2<sup>o</sup> Réduction des travaux de foyer à l'entretien courant et à la R. I.

Au point de vue de l'entretien des chaudières, la suppression du tartre et des corrosions se traduit, pour les raisons que nous avons exposées précédemment, par une réduction très sensible des interventions à la chaudronnerie dans ce qui constitue l'entretien courant et la R. I.

Ainsi, le nombre d'heures consacrées à l'entretien des chaudières (entretien courant et R. I.) rapporté aux 10 000 km. est passé en moyenne de 64,15 heures à 12,07 heures, soit une réduction d'environ 80 %. C'est, comme il fallait s'y attendre, dans les Régions où les locomotives reçoivent de l'eau de plus mauvaise qualité que nous avons relevé les plus grandes économies en cette matière.

Des relevés faits par la Région Nord entre le 1-1- et le 1-7-1946 montrent que les travaux de chaudronnerie (R. I. comprise) aux 10.000 km. sont passés :

- à *Bobigny* de 111 h. 10 (sans traitement) à 1 h. 50 (avec T. I. A. sur les locomotives 031. 130-TA et 151-TA.
- à *La Chapelle* de 72 h. 40 (sans traitement) à 6 h. 8 (avec T. I. A.) sur les locomotives 231-E.

Des renseignements datant de la même époque, établis par la Région Sud-Est, montrent également qu'au dépôt de *Lyon-Mouche*, sur les 231-K les mêmes travaux qui étaient, aux 10.000 km. de 190 heures pour des machines non traitées, sont tombés à 15 heures depuis l'application du T. I. A.

L'économie de main-d'œuvre permet, dans de nombreux dépôts, de diminuer le nombre des agents occupés à l'entretien. Elle est complétée par une économie de matières qui est encore plus sensible.

Aux économies de l'entretien courant sur les travaux de foyer, s'ajoutent également celles relatives à l'entretien des routes (matières et main-d'œuvre). On peut estimer que dans les centres d'application du T. I. A. la dépense (main-d'œuvre et matières) a été réduite d'environ 40 % sur les locomotives soumises au T. I. A.

### 3<sup>o</sup> Travaux de foyer au levage

Les travaux de foyer au levage sont également réduits d'une façon très sensible.

D'après les renseignements qui nous ont été donnés en 1943 par les Régions, nous voyons par exemple que les temps moyens nécessités par cette opération sont passés :

- sur les locomotives 141-TC du dépôt de La Villette de 460 h. avant T. I. A. à 100 h. après T. I. A.
- sur les locomotives 141-TC du dépôt des Joncherolles de 1.500 h. avant T. I. A. à 150 h. après T. I. A.
- sur les locomotives 231-F du dépôt de La Rochelle de 470 h. avant T. I. A. à 140 h. après T. I. A.
- sur les locomotives 231-C du dépôt d'Avignon, de 705 h. avant T. I. A. à 265 h. après T. I. A.

Un des résultats les plus marqués est l'effet du T. I. A. sur la bonne tenue des tubulures ; dans certains dépôts de la Région Nord (Les Joncherolles par exemple) et de la Région Sud-Est (Avignon), il était admis qu'on devait à chaque levage, changer complètement la tubulure. Sur de nombreuses machines traitées, seuls quelques petits tubes sont remplacés à la partie inférieure de la chaudière pour sondages.

On est ainsi arrivé à envisager la possibilité d'augmenter les parcours entre levages.

### 4<sup>o</sup> Espacement des G.R.

Le fait de maintenir les chaudières en parfait état de propreté **peut permettre d'augmenter les parcours entre grandes réparations** en portant, dans certains cas, jusqu'à 6 le nombre de levage compris entre ces grandes réparations.

Pour donner une idée des économies qui découleraient d'un tel avantage, nous citerons le cas des locomotives 141-TC du dépôt des Joncherolles.

On pense qu'entre 2 G. R. ces machines pourront effectuer avec le T. I. A. 6 parcours de levages de 70.000 km. soit en tout 420.000 km.

Pour effectuer ce même parcours avant T. I. A., il y aurait eu 4 lavages et une G. R. (2 lavages entre G. R.) ceci représentait :

1.500 h.  $\times$  4 = 6.000 h. de travaux de chaudronnerie aux lavages  
plus : 300 h.  $\times$  4 = 1.200 h. pour enlèvement de la chaudière  
et : 2.500 h. pour travaux en G. R.  
soit au total : ~ 9.700 h. de travaux.

Avec le T. I. A., il y aura au cours des 420.000 km. entre G. R., 4 opérations de lavages de 150 h. en moyenne soit 600 h. et un lavage (le 5<sup>e</sup>) avec essai à la presse de 450 h., ce qui donne en tout une dépense de 1.050 h. de travail.

Le bénéfice réalisé au cours des lavages sera donc de :

9.700 h. — 1.050 h. = 8.650 h. de travaux.

Ce chiffre qui ne pourra pas, évidemment, être aussi éloquent dans toutes les Régions, permet, néanmoins, d'apprécier l'importance d'économies qui n'apparaissent pas à priori.

### 5<sup>o</sup> Lavages

Lorsqu'une locomotive est prise en traitement à sa sortie de grande réparation ou après un détartrage soigné à sa chaudière, **les parcours entre lavages s'établissent progressivement entre 9.000 et 12.000 km.** au lieu de 2.500 km. en moyenne pour les locomotives non traitées.

D'une manière générale, le lavage est amené à coïncider avec la VPF, c'est-à-dire le 1/8<sup>e</sup> de parcours de lavage. On supprime donc 3 lavages sur 4 d'où une économie sensible de main-d'œuvre et de charbon. Ainsi, il nous a été signalé que l'augmentation du parcours des cycles de lavage, due au T. I. A., permet, dans certains dépôts, de n'occuper l'équipe des laveurs que 3 ou 4 jours par semaine.

### 6<sup>o</sup> Réduction des immobilisations

La réduction des travaux de chaudronnerie et des opérations de lavages ne peut manquer d'entraîner une diminution des immobilisations des locomotives.

C'est ce que confirme l'expérience : les locomotives traitées effectuant mensuellement des parcours plus élevés que les locomotives non traitées.

D'après les renseignements qui nous ont été fournis par la mécanographie, **cette différence est de l'ordre de 20 %**, ce qui entraîne une diminution du nombre de machines à mettre en service et une économie appréciable résultant de la réduction des charges de capital.

En 1945, après la Libération, de nombreux chefs d'établissement nous ont dit avoir pu, malgré la réduction de notre parc, faire face au trafic intense qui était demandé au chemin de fer, grâce à l'application du T. I. A.

### 7<sup>o</sup> Utilisation du foyer acier

Enfin, et ce n'est pas l'aspect le moins intéressant de la question, **le traitement de l'eau est indispensable avec les foyers en acier.** Ceux-ci en effet, n'ont donné des résultats satisfaisants en service qu'avec des eaux non incrustantes (cas du réseau P. O. en France) ou des eaux convenablement traitées (cas des Etats-Unis).

Dans de telles conditions, le foyer en acier, qui est moins cher d'achat que le foyer en cuivre, se révèle d'entretien plus facile et comme, par ailleurs, il se prête à l'utilisation de pressions élevées il est nettement supérieur au foyer en cuivre, mais à condition de traiter les eaux incrustantes car le foyer acier est beaucoup plus sensible aux effets du tartre.

Disposant d'un procédé efficace de traitement des eaux, la S. N. C. F. a pu généraliser l'utilisation du foyer acier.

Tels sont les principaux avantages qui découlent de l'application du T. I. A. Un bilan fait en 1942, fait ressortir que toutes dépenses d'exploitation déduites, ces avantages se traduisent par une économie de un franc au km., dans les conditions économiques de cette époque.