

CATÉCHISME
DES
CHAUFFEURS ET DES CONDUCTEURS
DE MACHINES

Redigé sous les auspices de

L'ASSOCIATION DES INGÉNIEURS SORTIS DE L'ÉCOLE DE LIÈGE

PAR

MM. CH. BEER, ingénieur civil, constructeur de machines ;

AD. DE VAUX, ingénieur des mines ;

H. DECHAMPS, ingénieur mécanicien, professeur à l'Université de
Liège ;

AR. STÉVART, ingénieur en chef honoraire des chemins de fer
de l'État, professeur à l'Université de Liège.

7^e édition, revue et corrigée.

LIÈGE

CHARLES DESOER, ÉDITEUR

Rue Gérardrie

—
1897

CATÉCHISME

DES

CHAUFFEURS ET DES CONDUCTEURS

DE MACHINES

Rédigé sous les auspices de

L'ASSOCIATION DES INGÉNIEURS SORTIS DE L'ÉCOLE DE LIÈGE

PAR

MM. CH. BEER, ingénieur civil, constructeur de machines;

AD. DE VAUX, ingénieur des mines;

H. DECHAMPS, ingénieur mécanicien, professeur à l'Université de Liège;

AR. STÉVART, ingénieur en chef honoraire des chemins de fer de l'État, professeur à l'Université de Liège.

7^e édition, revue et corrigée.

LIÈGE

CHARLES DESOER, ÉDITEUR

Rue Gérardrie

—
1897

AVANT-PROPOS

DE LA CINQUIÈME ÉDITION (1)



Le succès obtenu par les quatre premières éditions du *Catéchisme des chauffeurs et des conducteurs de machines* a décidé l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège à en publier une édition nouvelle, revue et augmentée, de façon à tenir compte des progrès réalisés dans la construction des générateurs et des machines à vapeur. Elle a chargé de ce travail les membres de la Commission qui avait rédigé la première édition du *Catéchisme* et qui était composée de MM. Ch. Beer, Ad. de Vaux, L. Pérard et A. Stévert.

Toutefois, M. L. Pérard, qui a cessé de faire partie de notre Association, a été remplacé par M. H. Dechamps, professeur de construction des machines à l'Université de Liège.

Pour les modifications introduites dans les deux premières parties de ce manuel, la Commission a utilisé largement les

(1) Publiée en 1891.

précieux matériaux rassemblés dans les comptes-rendus de l'*Association pour la surveillance des chaudières à vapeur*, dirigée par notre camarade R. Vinçotte. Elle a également trouvé d'utiles renseignements dans le remarquable travail sur les *Chaudières à vapeur* de notre regretté camarade Paul Havrez.

La troisième partie a été principalement complétée au point de vue des machines compound, dont l'emploi tend à se répandre de plus en plus dans l'industrie. La Commission a cru également devoir initier les mécaniciens au fonctionnement et au réglage de quelques-uns des nouveaux systèmes de distribution qui ont reçu la sanction de la pratique.

Nous mentionnerons enfin le chapitre relatif à l'importante question du graissage des machines pour la rédaction duquel notre camarade Gomez, ingénieur à la Société Cockerill, a bien voulu fournir à la Commission des indications qui lui ont été d'une grande utilité.

Liège, 30 juin 1890.

INTRODUCTION

DE LA PREMIÈRE ÉDITION



L'expérience nous enseigne que les accidents causés par l'emploi de la vapeur comme force motrice, sont presque toujours dus à une négligence coupable ou à une ignorance que l'on peut s'étonner de constater encore chez nos chauffeurs-machinistes.

Justement émus d'un semblable état de choses, quelques industriels de la province de Liège se réunirent en Comité pour aviser aux moyens pratiques les plus propres à y porter remède.

Après mûre délibération, ils résolurent d'engager les divers propriétaires de chaudières à vapeur à former entre eux une association dans le genre de celles qui fonctionnent avec succès en Angleterre depuis quelque temps déjà.

Un projet de statuts fut élaboré, d'après lequel, moyennant une redevance annuelle proportionnée au nombre et à l'importance de leurs générateurs, les associés pourraient salarier un personnel spécial d'employés de différents grades qui auraient pour mission : d'inspecter souvent les chaudières des membres de l'Association, d'appeler l'attention des propriétaires sur les

vices qu'ils auraient constatés, de donner des conseils lors des installations nouvelles, de rechercher les meilleurs moyens d'économiser le combustible, et enfin de faire l'éducation des chauffeurs-machinistes.

Malgré les avantages évidents qui devaient résulter d'une semblable association pour la sécurité publique et pour la prospérité de l'industrie en général, malgré l'expérience acquise en Angleterre et le taux relativement minime de la redevance à payer, malgré les encouragements et le patronage assurés du gouvernement, malgré enfin la responsabilité morale qui impose à chaque industriel l'obligation de saisir avec empressement tous les moyens raisonnables qui lui sont offerts pour sauvegarder la vie de ses ouvriers, il est regrettable d'avoir à constater que le Comité ne parvint pas sans grandes peines à réunir un petit nombre d'adhérents.

L'insouciance des uns, l'ignorance de beaucoup d'autres quant à l'importance du résultat à obtenir, enfin la mauvaise volonté d'une faible minorité instinctivement ennemie de toute innovation, ont lutté contre des efforts qui avaient certes droit à un succès plus rapide.

L'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège avait suivi avec le plus vif intérêt la tentative faite par le Comité des industriels, et voulant apporter son contingent à une œuvre si utile, elle décréta la rédaction d'un traité élémentaire sur la conduite des chaudières et des machines à vapeur pour compléter et propager l'enseignement qui avait été fondé par un de ses membres à l'École industrielle de Liège.

Une Commission choisie dans le sein de la Section de Liège fut chargée de ce travail.

Les difficultés rencontrées par le Comité des industriels, loin de ralentir le zèle de cette Commission, lui imprimèrent, au contraire, plus d'activité: son travail devenait, en effet, d'autant plus utile que les chauffeurs-machinistes devaient être privés des conseils qu'auraient pu leur donner les hommes spéciaux que l'Association des Industriels se proposait d'employer.

Ce dernier motif justifiera les détails que la Commission a cru devoir admettre dans son traité. Pour lui assigner des

limites convenables, la Commission avait à considérer à quelle classe d'ouvriers elle s'adressait.

Devait-elle écrire pour ces chauffeurs-machinistes qui, complètement ignorants, n'ont jamais connu l'étude? Pour ceux auxquels manque une volonté ferme de perfectionner leur art? Pour ceux enfin qui croient tout savoir parce qu'ils possèdent une longue routine, laquelle n'a servi souvent qu'à enraciner chez eux des idées erronées, résultats d'observations mal interprétées?

En d'autres termes, devait-elle rédiger ses conseils pour les ignorants, qui ne pouvaient pas les lire; pour les indifférents, qui ne se donneraient pas la peine de les étudier; pour les incurables, qui ne les suivraient pas?

Évidemment non! La Commission n'a pu avoir en vue que l'éducation des ouvriers intelligents, qui ont reçu déjà un degré suffisant d'instruction pour pouvoir étudier avec fruit; de ceux qui, jeunes encore et pleins d'espérance dans l'avenir, veulent sincèrement acquérir les connaissances qui leur manquent et dont ils apprécient l'absence.

Tous les travailleurs intelligents comprennent aujourd'hui la nécessité de l'instruction: on en trouve assez de preuves dans la fréquentation des écoles industrielles et des écoles du soir; dans l'avidité avec laquelle beaucoup d'ouvriers écoutent les conseils, malheureusement trop rares, que leur donnent leurs chefs.

« No n'valons pu rin, » disait dernièrement à l'un de nous un vieux machiniste, « y fâ studi ouïe po fé in saquoi ».

Ces considérations ont engagé la Commission à ne pas trop abaisser le niveau des questions traitées dans ce travail; si elles ne sont pas saisies par tous les lecteurs, le *Catéchisme des Chauffeurs* partagera le sort commun à tous les ouvrages. La Commission espère néanmoins qu'il lui restera toujours l'heureux avantage d'apprendre à l'ouvrier qu'il est des choses importantes de son état qu'il ignore, qu'il doit s'efforcer de connaître et qu'il doit être prudent dans l'appréciation des faits qu'il observe.

Elle a cherché d'ailleurs à employer un style aussi simple que

possible : la forme de catéchisme a été adoptée afin de prévenir le lecteur de l'objet qu'il va lire et de concentrer ainsi spécialement son attention sur le point traité ; afin aussi d'éviter un enchaînement d'idées que l'ouvrier ne peut guère suivre en raison du temps limité que ses occupations lui permettent de consacrer à l'étude.

Enfin, il a été jugé utile, sinon nécessaire, de traiter quelques opérations importantes des montages ; il convient, en effet, que les préposés à la conduite des machines puissent, dans bien des cas, porter remède aux défauts qu'ils ont remarqués, et par conséquent qu'ils soient à même de juger si ces défauts proviennent d'un vice de construction, d'un montage défectueux ou de la mauvaise qualité de la matière. Combien de fois n'arrive-t-il pas que des machinistes, trop confiants dans leurs capacités, augmentent les défauts d'une construction en voulant remédier à un vice dont ils ont mal apprécié la cause.

L'étendue des connaissances que doivent posséder les chauffeurs-machinistes, pour être réellement à la hauteur de leur mission, est plus vaste qu'on ne pense ; l'importance d'avoir de bons travailleurs de cette catégorie n'est généralement pas assez appréciée dans notre pays.

Puisse le travail dont nous venons de nous occuper instruire l'ouvrier et répandre chez les industriels le désir d'encourager l'institution d'une surveillance privée des appareils à vapeur (1) ! L'Administration des mines, nous dira-t-on, est chargée de ce soin ; mais il faut bien le reconnaître, son personnel est beaucoup trop restreint pour le nombre des appareils soumis à son inspection. Aussi son action ne pourrait-elle être réellement

(1) Depuis que nous écrivions ces lignes dans la première édition, notre vœu s'est réalisé d'une façon complète par la création de l'*Association pour la surveillance des chaudières à vapeur*, sous la direction d'un de nos camarades, M. R. Vinçotte.

De plus, le nouveau règlement sur les chaudières à vapeur prescrit des visites régulières des générateurs par des hommes compétents et contribue ainsi à réaliser d'une manière efficace les vues que nous émettions ci-dessus.

efficace, pas plus pour prévenir les accidents qu'aux divers autres points de vue que nous avons esquissés plus haut.

Nous avons divisé notre travail en trois parties qui traitent respectivement :

- I. De la combustion et de la conduite du feu.
 - II. Des règles à suivre dans le chauffage des chaudières, au point de vue de la sécurité.
 - III. De la conduite des machines à vapeur et des opérations les plus importantes de leur montage.
-

CATÉCHISME

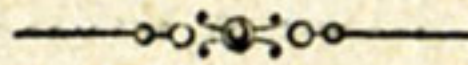
DES

CHAUFFEURS ET DES CONDUCTEURS DE MACHINES



1^{re} PARTIE.

DE LA COMBUSTION & DE LA CONDUITE DU FEU.



DE LA COMBUSTION.

On nomme combustion une action chimique que l'air exerce sur du charbon (ou toute autre matière nommée combustible), et par suite de laquelle on obtient de la chaleur.

Cette action ne se produit pas toute seule, il faut y aider. Il ne suffit pas d'exposer à l'air un morceau de charbon pour que celui-ci brûle; en d'autres termes, pour produire de la chaleur, il faut commencer par en avoir. Heureusement, il suffit d'en avoir un peu, car l'action chimique nommée combustion se charge d'en reproduire beaucoup et pendant longtemps.

Ce peu de chaleur initiale s'obtient au moyen de corps plus faciles que d'autres à faire brûler. Il y a des substances qu'il suffit de frotter contre un corps dur pour que l'air les enflamme aussitôt: c'est par de telles substances que sont constituées les allumettes chimiques.

La chaleur développée par cette première combustion n'est pas considérable, mais elle suffit pour échauffer et enflammer à l'air d'autres corps légers : paille, copeaux, étoupes grasses, etc.

Si ces corps légers sont en quantité suffisante, la chaleur dégagée par leur combustion peut communiquer à quelques fragments de houille la température nécessaire pour que ces fragments s'emparent de l'air et entrent en combustion.

Toutefois, il n'est pas inutile de savoir que, dans ce phénomène chimique appelé combustion, l'air n'agit pas tout entier. L'air est principalement composé de deux éléments : l'un, appelé oxygène, *est le seul agent de la combustion*; l'autre, appelé azote, passe dans le charbon sans s'y arrêter.

Dans un volume donné d'air, la quantité d'azote est quatre fois plus grande que celle d'oxygène : ainsi quand on fait arriver cinq mètres cubes d'air en contact avec du charbon pour le brûler, celui-ci, en réalité, ne s'empare que d'un seul mètre cube d'oxygène; quatre mètres cubes d'azote sont simplement tamisés à travers le combustible et expulsés. On conclut de cette observation que si, pour brûler un kilogramme de houille, il faut à peu près 2 mètres cubes d'oxygène pris à la température de l'air atmosphérique, *il faudra 10 mètres cubes d'air pour fournir cet oxygène*.

Une fois la combustion opérée, le charbon et l'air ne sont pas anéantis, ils ne sont que transformés en diverses substances gazeuses qui forment la fumée.

Dans la fumée se trouvent principalement les gaz suivants :

1° L'acide carbonique, résultat de la combustion parfaite du charbon;

2° L'oxyde de carbone, résultat de la combustion moins parfaite de certains fragments de charbon qui n'ont pu s'emparer d'une quantité suffisante d'oxygène;

Ensuite :

3° De la vapeur d'eau provenant de la combustion d'un autre gaz nommé hydrogène, qui entre en petite quantité dans la composition des houilles. Ce gaz prend une portion d'oxygène pour se transformer en vapeur d'eau;

4° De l'azote, dont une partie appartient à l'air qui a fourni

l'oxygène, et une autre partie provient aussi de la décomposition de la houille.

Ce mélange de gaz chauds doit être presque invisible ; mais il est trop souvent noirci par des poussières de charbon enlevées par le courant d'air ou bien par des composés, ordinairement gazeux, qu'un refroidissement a condensés et soustraits à l'action de l'oxygène.

Dans ce dernier cas, la houille, au lieu de brûler, distille comme dans les cornues à gaz.

Les houilles contiennent des substances dites *incombustibles*, parce qu'elles ne peuvent pas brûler ; ces substances incombustibles forment la cendre et le mâchefer, ou cendre fondue.

DU FOURNEAU.

La combustion s'opère dans un appareil nommé fourneau, et composé de trois parties principales : *le foyer*, *le carneau* et *la cheminée*.

Le foyer comporte lui-même deux parties ou étages : l'étage inférieur est *le cendrier* ; comme son nom l'indique, c'est le lieu où se rassemblent les cendres et le mâchefer échappés de l'étage supérieur. Celui-ci est séparé du premier par une cloison presque horizontale, à claire-voie, nommée *grille*, et sur laquelle est étalé le charbon.

Cette grille est formée de barreaux en fonte ou en fer, aussi minces que possible, posés de champ sur des traverses, de manière à ne se toucher ni sur les côtés, ni par les extrémités. Les espaces libres entre les barreaux sont égaux entre eux, et leur grandeur dépend de la qualité du combustible : ces jours laissent passer, d'un côté, de haut en bas, les parties incombustibles de la houille, cendres et mâchefer ; de l'autre côté, de bas en haut, l'air destiné à produire la combustion, et qui s'introduit par le cendrier, ouvert à cet effet sur le devant.

Le compartiment, ou étage supérieur, qui a la grille pour plancher à jours, est fermé latéralement par deux murailles qui s'élèvent depuis le sol du cendrier et se raccordent, par un arc de voûte, avec la paroi de la chaudière. Le fond de celle-ci forme le toit de cet étage.

Le devant du foyer est fermé par une plaque ou armature de fonte, encastrée dans les maçonneries et munie d'une ou deux portes servant à introduire la houille sur la grille.

L'arrière du foyer est ouvert et communique avec le carneau, dans lequel se précipitent les gaz chauds produits par la combustion.

Ces gaz, en circulant dans le carneau, sont en contact avec la paroi de la chaudière et la chauffent.

En sortant du carneau, ils pénètrent dans la cheminée, et de là ils sont jetés dans l'atmosphère.

La paroi postérieure du cendrier s'élève à quelques centimètres au-dessus de la grille et se raccorde avec le sol du carneau par un plan incliné à 45°. La portion de ce mur qui est au-dessus de la grille se nomme *autel*.

Entre la porte et la grille, sur le même plan que celle-ci, est une taque de fonte dont la longueur occupe toute la largeur du foyer.

Le foyer peut se trouver à l'intérieur de la chaudière, aussi bien qu'à l'extérieur. Alors le foyer est renfermé, avec ou sans son cendrier, dans une enveloppe en tôle; l'autel est formé d'une plaque de fer montant un peu plus haut que la grille.

Au-delà de l'autel, les gaz chauds provenant de la combustion, passent dans un ou plusieurs conduits ou carneaux qui favorisent et prolongent leur contact avec la chaudière.

La cheminée est toujours munie d'une glissière ou registre, à l'aide duquel on peut, suivant les circonstances, modifier son ouverture.

Ce registre est quelquefois en communication avec la porte du foyer, de manière qu'on ne peut ouvrir celle-ci sans fermer en grande partie celui-là.

Les cheminées des locomotives livrent aussi passage à la décharge de la vapeur; elle s'y élance par un tuyau à embouchure rendue variable au moyen d'une valve qui est à la disposition du mécanicien.

Quand on veut construire un fourneau, il est de la plus grande importance de suivre fidèlement les plans et les

instructions d'un ingénieur capable ; il faut se garder des idées que suggère la routine, trop souvent confondue avec la pratique.

Voici, au surplus, pour l'édification du chauffeur, quelques règles générales à observer dans la construction des fourneaux.

Le problème qu'un bon foyer de chaudière à vapeur doit résoudre, consiste à *réaliser une combustion complète* ; à produire sans excès d'air le feu le plus ardent possible, rayonnant le maximum de chaleur, et, en même temps, à *soutirer dans la chaudière toute la chaleur rayonnante que darde le feu*.

Il convient pour cela (dans les chaudières à foyer extérieur) :

D'avoir *de vastes grilles*, disposées de manière à développer vers leur centre la température la plus haute possible, ce qui augmente le rayonnement dans une très grande proportion ; *leur largeur* dépend de celle de la chaudière elle-même et *leur longueur* est limitée par la distance à laquelle le chauffeur peut, pratiquement, bien soigner et surveiller son feu : la longueur maxima ne doit pas dépasser 2 mètres ;

Il convient *d'incliner quelque peu les grilles vers l'arrière*, surtout quand elles sont longues, afin de faciliter au chauffeur la manœuvre et le chargement du feu ;

Et enfin *de les composer de barreaux minces et hauts* : minces, afin de répartir le plus uniformément et sur le plus de points possible, l'air nécessaire à la combustion et, hauts, afin qu'ils se refroidissent par dessous et ne fondent pas.

Quant à *l'écartement* à leur donner, il dépend de la nature du combustible dont on dispose : très faible avec les charbons maigres, il peut être sensiblement plus grand avec les charbons gras.

Au point de vue de *la distance à laquelle la grille doit se trouver de la chaudière*, il est bon de rappeler que :

Rapprocher trop le charbon enflammé de parois froides, comme celles d'une chaudière, c'est arrêter, éteindre la combustion ; empêcher le feu d'être ardent et actif ; provoquer la fumée noire en empêchant l'union chimique de l'oxygène de l'air avec le carbone et l'hydrogène des flammes ;

Mais que, par contre, éloigner trop la grille, c'est perdre une

partie de la chaleur rayonnante, qui constitue à peu près la moitié de la chaleur totale de la combustion et qu'il est d'autant plus important de bien utiliser que les chaudières sont plus courtes, c'est-à-dire que les gaz chauds qui n'auraient pas cédé directement leur chaleur à la chaudière, auraient moins de parcours à faire pour gagner la cheminée.

L'expérience a prouvé que *la distance la plus convenable* mesurée entre le dessous de la chaudière et le devant de la grille, *variait entre 39 et 55 centimètres* lorsque la houille était employée comme combustible.

Pour le bois, cette distance peut atteindre 70 et même 80 centimètres.

En ce qui concerne *les carneaux* qui forment la continuation de la chambre de combustion, *il convient qu'ils soient grands*, afin que la vitesse du courant qui les traverse soit assez faible pour donner aux gaz chauds le temps d'abandonner, par contact, leur chaleur à l'eau des chaudières.

Ils doivent, en règle générale, présenter aux environs de l'autel une section trois fois égale, au moins, à celle de la cheminée; ils doivent ensuite aller en se rétrécissant mais pas assez pour faire obstacle au nettoyage: et enfin ils doivent offrir des coudes arrondis.

DE LA CONDUITE DU FEU.

1. D. *Quand la houille est allumée, que reste-t-il à faire?*

R. La chaleur se propage, il faut achever le feu et l'entretenir. Pour cela on ajoute peu à peu du charbon.

2. D. *Pourquoi dites-vous peu à peu?*

R. Parce que si l'on ajoute sur le feu, à peine commencé, une trop grande masse de charbon à la fois, la faible quantité de chaleur possédée par les premiers morceaux, se partage sur les nouveaux; chacun de ceux-ci peut alors en avoir trop peu pour aider l'action de l'air; dans ce cas, cette action ne commencera pas sur les nouveaux et ne se continuera plus sur les premiers; au lieu d'achever le feu, on l'éteindra; l'opération, à recommencer, aura coûté en pure perte une dépense de temps

et de premier combustible. C'est pour éviter cet inconvénient très fâcheux qu'on ajoute le charbon par petite quantité à la fois sur la grille.

3. D. *Parmi les produits gazeux de la combustion quels sont ceux qui vous intéressent le plus ?*

R. D'abord l'**acide carbonique**, dont la formation développe le plus de chaleur, et correspond à la combustion la plus complète et la mieux réussie.

Ensuite l'**oxyde de carbone**, dont la formation développe beaucoup moins de chaleur, et correspond à une combustion imparfaite.

4. D. *Peut-on reconnaître ces deux produits ?*

R. Oui. L'**acide carbonique**, produit par la combustion complète, est un gaz invisible; mais sa haute température rend brillantes les poussières solides qu'il entraîne. Il en résulte une flamme claire et brillante, tandis que l'**oxyde de carbone**, produit par la combustion imparfaite, donne des flammes bleues quand on ouvre la porte du foyer.

5. D. *Il faut donc éviter l'apparition de ces flammes bleues ?*

R. Oui, avec le plus grand soin; on doit, au contraire, chercher à développer des flammes claires, uniformément réparties sur toute la surface du feu, et ne pas laisser exister des taches noires.

6. D. *Que sont ces taches noires ?*

R. Ce sont des paquets de houille qui distillent et donnent de la fumée noire, parce que l'air ne les atteint pas. L'air est souvent arrêté par du mâchefer et des cendres qui ne donnent pas de chaleur, mais en absorbent, au contraire.

7. D. *Comment ferez-vous pour éviter les flammes bleues ?*

R. La combustion incomplète étant causée par l'insuffisance de la quantité d'air qui passe à travers les grilles, j'augmenterai convenablement cette quantité d'air sans refroidir le foyer.

Pour cela, je réglerai le tirage, c'est-à-dire la masse d'air appelée par la cheminée; je m'efforcerai de répartir uniformément cet air sur le foyer, en enlevant les cendres et le mâchefer.

8. D. *Et la fumée noire?*

R. La fumée noire, épaisse et abondante, est un signe que la combustion est presque arrêtée, au moins à certaines places. Le charbon enlevé ainsi par le courant d'air, ou seulement distillé, est une cause de refroidissement.

9. D. *Peut-on l'éviter?*

R. Oui, du moins en grande partie : d'abord en étalant sur le charbon rouge le charbon noir, s'il y en a qui distille et échappe à l'action de l'air, ensuite en diminuant la dose de charbon chargée à la fois sur le foyer, pour ne pas trop refroidir celui-ci; enfin, en s'efforçant de faire arriver l'air en quantité suffisante, sans qu'il produise lui-même un trop fort abaissement de température. (V. 14.)

10. D. *Cela est-il possible?*

R. Avec un fourneau bien proportionné, le chauffeur peut donner à son foyer la quantité d'air convenable pour obtenir une combustion, sinon absolument parfaite, du moins presque sans perte. C'est toujours en modifiant le tirage, c'est-à-dire en manœuvrant convenablement le registre de la cheminée, ou bien la valve de décharge de la vapeur dans les cheminées de locomotives.

11. D. *La cheminée a donc une autre fonction que celle de laisser échapper les produits de la combustion?*

R. Certainement : sa principale mission est d'appeler l'air sur le foyer.

12. D. *De quoi dépend l'accomplissement de cette mission?*

R. De la section donnée à la cheminée et de la vitesse que les gaz y possèdent. Cette vitesse dépend principalement à son tour de la hauteur de la cheminée et de la température du gaz.

Toutefois, dans les cheminées des locomotives et des locomobiles en général, le tirage dépend aussi de la pression avec laquelle la vapeur s'échappe.

13. D. *Quelle est l'influence de chacun de ces éléments?*

R. Comme nous venons de le dire, c'est de la hauteur de la cheminée et de la température qui y règne que dépend la vitesse avec laquelle les gaz s'élèvent. Or, l'expérience a démontré que,

pour bien utiliser la chaleur de la combustion, cette température ne doit pas dépasser sensiblement 300° : il s'en suit que la hauteur doit être d'autant plus grande qu'on veut avoir un appel plus énergique. On mesure celui-ci par la dépression qu'accuse un manomètre placé au pied de la cheminée.

Pour une hauteur donnée et à égalité de température, la quantité de gaz qui s'écoule dans l'unité de temps dépend directement de la section de la cheminée. On peut donc toujours arriver à appeler à travers le fourneau la quantité d'air nécessaire avec une cheminée de hauteur donnée, pourvu qu'on proportionne la section en conséquence — et inversement.

Il n'y a pas d'inconvénient à donner à une cheminée une section plus grande qu'il n'est strictement nécessaire. Le registre permet, en effet, de régler à volonté le tirage suivant les besoins et l'excès de puissance qu'on se sera réservé pourra venir très à point plus tard.

14. D. *Pourquoi ne pas laisser la cheminée entièrement libre ?*

R. Parce que s'il est nécessaire d'appeler une quantité d'air suffisante pour obtenir une combustion complète, il est nuisible d'en admettre une quantité trop grande.

Un excès d'air ne peut que refroidir le foyer et occasionner ainsi une perte de chaleur.

15. D. *La quantité d'air nécessaire à la combustion est donc variable ?*

R. Elle ne devrait jamais l'être, c'est-à-dire que le chauffeur devrait toujours alimenter son feu assez régulièrement et assez souvent pour qu'il y ait en tout temps, *sur la grille, une couche uniforme de charbon rouge recouverte partout d'une couche uniforme de charbon frais.* C'est le meilleur moyen de bien brûler le combustible en mettant en contact aussi immédiat et aussi divisé que possible, l'air non brûlé ou imparfaitement brûlé et chaud qui a traversé la couche inférieure, avec les gaz trop riches en matières combustibles (brûlables) qui s'échappent de la couche supérieure.

C'est à cette pratique que sont dus, pour la plus grande part, les succès économiques remportés dans les concours par les

chauffeurs intelligents et actifs qui avaient bien compris et exécutaient, sans regarder à leurs peines, l'alimentation rationnelle de leur feu.

16. D. *Si l'on se trouvait néanmoins dans le cas, à un moment donné, de devoir faire passer un surcroît d'air dans le foyer, que faudrait-il faire ?*

R. Il faudrait y amener cet air à la plus haute température possible. Faute d'avoir prévu, lors de la construction du fourneau, certaines dispositions spéciales pour y parvenir, le chauffeur pourrait atteindre ce but dans une certaine mesure en opérant de la manière suivante :

Il repousserait vers le fond du foyer la plus grande partie du charbon incandescent, qui reste après le nettoyage de la grille, et il recouvrirait de charbon frais le feu qu'il aurait laissé sur le devant : la fumée produite par ce charbon irait se brûler vers le fond en passant au dessus du charbon rouge à travers lequel s'élèverait en s'échauffant, un excès d'air non brûlé, ayant encore plus ou moins d'oxygène libre à abandonner.

Mais cette manœuvre demandant beaucoup de temps et, par conséquent, une ouverture trop prolongée de la porte de chargement, il ne faut évidemment y avoir recours qu'à la dernière extrémité et seulement alors, par exemple, que le chauffeur a négligé de nettoyer sa grille en temps voulu et y a laissé accumuler intempestivement des mâchefers en trop grande abondance.

17. D. *La quantité de charbon que l'on jette à la fois sur la grille pour l'alimenter, a-t-elle une importance ?*

R. Une très grande. Il ne faut alimenter la grille que par faibles quantités à la fois, car, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer (n° 2), une grande quantité de charbon frais, étendue à la fois sur toute la surface de la grille, en abaisse la température, provoque la distillation de la fumée, l'extinction des flammes et la transformation en oxyde de carbone de l'acide carbonique formé auprès de la grille ou à la base de la couche de charbon.

18. D. *Quelle épaisseur convient-il de donner au combustible sur la grille ?*

R. Six centimètres tout au plus : afin de ne pas opposer au passage de l'air une résistance que la puissance d'appel de la cheminée, puissance qui est limitée, ne pourrait vaincre.

On obtient alors une combustion régulière.

19. D. *Quelles sont les causes qui, en général, entravent le tirage ?*

R. La malpropreté de la grille, due aux cendres et au mâchefer qui empâte les barreaux, les soude ensemble et supprime les jours ; l'encombrement exagéré du cendrier et celui des carneaux.

20. D. *Que faut-il faire pour éviter ces entraves ?*

R. S'astreindre à procéder au nettoyage aussi souvent qu'il est nécessaire. Une pratique recommandable au point de vue de l'empatement des grilles par le mâchefer, consiste à mettre de l'eau dans les cendriers, surtout quand ils ne sont pas très spacieux. La vapeur qui se dégage refroidit les barreaux et, en les empêchant de rougir, empêche aussi les cendres de s'y coller. Cette pratique peut cependant offrir des inconvénients avec certains systèmes de chaudières. La vapeur, en pénétrant par les joints de la maçonnerie, dans des carneaux contenant des tubes dits *réchauffeurs* peut occasionner la corrosion des tôles de ces derniers.

21. D. *Peut-on, sans inconvénient, faire de fréquents nettoyages ?*

R. Non, sans doute ; mais on atténue ces inconvénients en ayant soin de fermer, autant que possible, le registre pendant qu'on procède à l'opération ; en s'exerçant à nettoyer *rapidement* pour que la porte reste ouverte le moins longtemps possible ; et à le faire *complètement* pour ne pas avoir à recommencer trop souvent.

22. D. *Que faut-il faire pour éviter, dans la mesure du possible, de fréquents nettoyages ?*

R. Le chauffeur doit se donner la peine de retirer soigneusement les pierres et les pyrites qui salissent le charbon. Il doit aussi observer le charbon qu'on lui donne au point de vue de la fusibilité des cendres qu'il produit, et tâcher d'en avoir d'autre quand celles-ci sont trop fusibles.

C'est là, en effet, une des causes principales de la nécessité de nettoyer fréquemment : elles occasionnent à l'ouvrier un surcroît de besogne et une perte de travail pour la machine.

Il faut remarquer d'ailleurs que plus la combustion est active, plus les cendres sont exposées à fondre. Une combustion de 60 kil. environ par mètre carré de grille et par heure représente une moyenne convenable. Quand on ne dispose que de charbons à cendre fusible, il convient donc, si possible, d'augmenter la surface de la grille, tandis qu'avec certains charbons on peut aller au besoin jusqu'à 80 kil.

23. D. *A quoi reconnaît-on les pyrites?*

R. A leur couleur, qui les fait prendre souvent pour du cuivre.

24. D. *Quelle est la meilleure méthode à suivre pour alimenter la grille en marche ordinaire ?*

R. Nous l'avons déjà dit au § 15, mais nous le répéterons ici, vu l'importance capitale de cette prescription. Il faut alimenter souvent, par petites quantités à la fois, et distribuer uniformément le charbon frais sur toute la surface de la grille.

25. D. *N'y a-t-il pas d'autre observation à faire ?*

R. Comme l'alimentation du foyer est une cause de refroidissement, il faut éviter de la faire coïncider avec d'autres causes du même genre ; par exemple, avec l'alimentation de la chaudière.

26. D. *Qu'entend-on par combustion régulière dont vous avez parlé (n° 18) ?*

R. C'est celle qui a lieu lorsque le charbon est distribué sur une grille vaste et en couche mince, de telle façon que l'air appelé passe par tous les points de la couche, avec une vitesse uniforme et modérée, afin que le phénomène de la combustion ait le temps de s'accomplir.

C'est la marche la plus économique, et il est désirable que la construction du foyer mette le chauffeur à même de la suivre; il est coupable du préjugé d'ignorance, au contraire, lorsque se trouvant en présence d'un foyer bien construit, il s'entête à vouloir en restreindre les dimensions. Et il est bon d'ajouter,

dans son intérêt, que le métier de chauffeur est ordinairement très pénible, quand le foyer a des dimensions écourtées.

27. D. *N'y a-t-il pas encore d'autres soins à donner au combustible en dehors de ce que nous avons dit au § 22?*

R. Il faut le mettre à l'abri de la pluie. Lorsque cela n'est pas possible pour une provision de plusieurs jours, il faut au moins que la provision du jour soit amenée près du foyer et mise à couvert.

Il est bien entendu que le chauffeur doit avoir à sa disposition les moyens de suivre cette règle économique.

28. D. *Quels sont les soins à donner au feu un peu avant les arrêts et à la fin de la journée?*

R. C'est un des moments où il convient de procéder à toutes les opérations qui ont pour conséquence de refroidir, telles que le nettoyage de la grille, l'alimentation du feu et celle de la chaudière.

Pendant l'arrêt, on a le temps de laisser remonter la pression de la vapeur, puisqu'on n'en use pas.

A la fin de la journée, un peu avant l'arrêt, on nettoie soigneusement la grille; on recharge toute la surface de combustible mouillé; cela s'appelle couvrir le feu; on ferme le registre pour rendre le tirage presque nul pendant la nuit: le feu ainsi préparé est *dormant*.

Si l'on doit chômer le lendemain, on retire le feu et on ferme soigneusement le registre.

2^e PARTIE

DES RÈGLES A SUIVRE DANS LE CHAUFFAGE DES CHAUDIÈRES AU POINT DE VUE DE LA SÉCURITÉ.



Dans tout établissement où l'on emploie la vapeur d'eau comme force motrice ou à tout autre usage, c'est de l'homme qui est préposé à la production de cette vapeur, *du chauffeur* en un mot, que dépend principalement la sécurité des personnes et des choses qui se trouvent dans le voisinage immédiat de la chaudière.

Quelles sont les règles que doit observer le chauffeur, quels sont les moyens dont il dispose pour prévoir et empêcher les accidents? Notre but est de l'indiquer dans les lignes qui vont suivre, sous une forme purement pratique et à la portée de tous les travailleurs de cette catégorie.

1. D. *A quoi peuvent se résumer les précautions que le chauffeur ne doit jamais négliger s'il veut, autant que possible, éviter les accidents?*

R. Pour le chauffeur, ces précautions se bornent, en termes généraux, à la stricte observation des quatre prescriptions suivantes :

1^o Maintenir constamment à une hauteur convenable le niveau de l'eau dans la chaudière. Éviter, comme inutile ou même plus ou moins nuisible, qu'il y ait trop d'eau, mais *veiller surtout à ce qu'il n'y en ait jamais trop peu.*

2° Ne jamais laisser la pression de la vapeur s'élever au-dessus des limites qui lui ont été assignées.

3° Nettoyer la chaudière assez souvent et assez soigneusement pour que des dépôts boueux et surtout des incrustations de quelque épaisseur ne puissent jamais y exister.

4° S'assurer enfin fréquemment que toutes les parties de l'appareil confié à sa garde n'ont rien perdu des conditions de solidité et de bon fonctionnement dans lesquelles il avait été construit.

Toutes ces précautions sont extrêmement importantes.

2. D. *A quelle hauteur l'eau doit-elle être maintenue dans une chaudière ?*

R. A une hauteur telle que son niveau soit toujours de 10 à 12 centimètres plus élevé que le sommet des carneaux de chauffe ou que le ciel du foyer dans les chaudières à foyer intérieur, de façon que jamais aucune partie de la chaudière en contact avec la flamme ou avec l'air chaud ne puisse se trouver hors de l'eau.

Le point correspondant à cette hauteur doit être indiqué d'une manière bien visible sur le devant de la chaudière.

3. D. *Donnez la raison de cette prescription ?*

R. C'est parce que les tôles qui se trouveraient d'un côté en contact avec les produits du foyer, sans être refroidies de l'autre par le contact de l'eau, seraient exposées à se brûler et pourraient même devenir *rouges de feu*; — il faut donc laisser au niveau de l'eau une certaine marge dans laquelle il puisse jouer sans inconvénient, afin de donner au chauffeur le temps de prendre les mesures nécessitées par les circonstances.

4. D. *Quels sont les inconvénients ou les dangers que présente le fait d'une tôle brûlée ou devenue rouge de feu ?*

R. Ils sont faciles à comprendre. Chacun sait, en effet, que le fer ou le cuivre échauffés ou brûlés par l'action répétée de chauffés et de refroidissements successifs, perd une notable *partie* de sa résistance. Cet effet pourrait atteindre le point où la tôle se romprait, même sous la pression ordinaire à laquelle travaille la chaudière. Il y aurait donc danger imminent d'explosion.

Abstraction faite de ce danger, il se produit d'ailleurs dans les parties rougies des dilatations exagérées qui dégradent le matage et donnent lieu à des fuites.

5. D. *Comment constate-t-on le niveau de l'eau dans une chaudière?*

R. A l'aide du tube indicateur en verre, des robinets de jauge ou du flotteur (avec ou sans sifflet d'alarme).

6. D. *Quel est le meilleur de ces appareils, celui qui mérite le plus de confiance?*

R. C'est le tube indicateur en verre. Une disposition recommandable est celle qui évite les projections d'eau chaude et de vapeur qui se produisent avec les tubes indicateurs ordinaires quand le verre vient à casser.

7. D. *Comment s'assure-t-on que cet appareil fonctionne régulièrement? Quelles sont les précautions à prendre pour le tenir en bon état?*

R. Il faut observer d'abord si l'eau monte et descend librement dans le tube de verre et ensuite, à l'aide du petit robinet d'épreuve qui y est adapté, s'il n'existe aucune obstruction dans les divers passages. Lorsque les robinets à vapeur et à eau sont fermés et que le petit robinet d'épreuve est ouvert, il doit donner alternativement issue à la vapeur et à l'eau selon qu'on ouvre l'un ou l'autre des deux premiers.

S'il n'en est pas ainsi, c'est un signe d'obstruction dans l'un des conduits et il faut immédiatement y porter remède à l'aide d'un morceau de fil de fer convenablement recourbé.

Le chauffeur doit, en outre, entretenir la translucidité du tube de verre qui s'encrasse plus ou moins vite.

8. D. *Comment reconnaît-on à l'aide des robinets de jauge que le niveau de l'eau est convenable?*

R. Quand celui-ci se trouve entre les deux, c'est-à-dire quand, en les ouvrant alternativement, celui d'en haut donne passage à de la vapeur, tandis que celui d'en bas laisse échapper de l'eau.

9. D. *De quelle façon le chauffeur doit-il procéder à cette dérevue?*

R. Il doit la renouveler à plusieurs reprises, après de courtes

pauses, et comme il est souvent difficile de constater que c'est de l'eau et non de la vapeur qui s'échappe par le robinet inférieur (surtout quand la chaudière travaille sous une forte pression), il faut diriger le jet qui s'en échappe contre un obstacle quelconque. La distinction est alors facile à faire.

10. D. *Comment maintient-on les robinets de jauge en bon état?*

R. En les faisant fonctionner souvent pour éviter les obstructions et en veillant à ce qu'ils restent parfaitement étanches. S'ils se bouchent, on y remédie aussitôt en y passant un fil de fer.

11. D. *Comment reconnaît-on que le flotteur fonctionne bien? Comment le tient-on en bon état?*

R. Le flotteur devant suivre exactement les mouvements de l'eau dans la chaudière, sa mobilité est un des signes les plus sûrs de son bon fonctionnement. — Quand il reste trop immobile c'est, en général, que le bourrage est trop serré. — Il est alors plus nuisible qu'utile, car il pourrait induire en erreur le chauffeur qui se fierait à ses indications.

Pour le tenir en bon état, il importe donc surtout de soigner convenablement le bourrage pour qu'il ne soit ni trop ni trop peu serré et de remplacer la tige qui traverse celui-ci chaque fois que l'usage en a altéré le calibre ou qu'elle n'est plus bien droite.

12. *Comment le chauffeur entretient-il le niveau de l'eau à la hauteur voulue?*

R. En ayant soin d'alimenter aussitôt qu'il s'aperçoit que le niveau approche de la limite inférieure qui lui a été tracée. Il doit aussi s'assurer chaque fois que l'appareil d'alimentation (pompe, bassin supérieur, injecteur, etc.) donne non-seulement de l'eau, mais qu'il en donne assez pour remplacer celle qui s'en va par la vaporisation.

La manière d'alimenter étant une cause fréquente de dilata-tions inégales dans une chaudière, il ne faut pas que l'alimen-tation se fasse de façon que l'eau froide et l'eau chaude (dont les densités sont différentes) puissent se trouver superposées

pendant un temps plus ou moins long. Il faut au contraire qu'elles se mêlent aussi rapidement que possible et, en outre, que l'introduction de l'eau froide ne fasse pas baisser trop sensiblement la température de la masse.

Il est donc nécessaire *d'alimenter souvent, peu à la fois, et, comme pour le chargement du feu, aussi régulièrement que possible.*

13. D. *Comment voit-on que la pompe alimentaire donne de l'eau et qu'elle en donne assez?*

R. Sur la tubulure de refoulement de cette pompe se trouve placé un robinet d'essai; si l'eau sort par ce robinet, ouvert par intermittence en suivant les coups du piston plongeur, c'est que la pompe donne de l'eau.

Pour savoir ensuite si elle en donne assez, il faut que le chauffeur observe attentivement pendant quelque temps la hauteur de l'eau par le tube indicateur, le flotteur, etc. : si cette hauteur continue à diminuer malgré l'alimentation, c'est évidemment la preuve que celle-ci est insuffisante et il faudra rechercher, sans perdre de temps, quelle en est la cause : si elle réside dans un défaut de l'appareil alimentaire ou dans une fuite cachée qui se serait subitement déclarée à la chaudière.

14. D. *Que doit faire le chauffeur dans le cas où le niveau dans la chaudière serait descendu en dessous de la limite inférieure qu'il ne devait pas dépasser?*

R. Si le mal n'a pas pris encore trop de développement, c'est-à-dire si la différence de niveau n'est que de 5 à 6 centimètres au plus, le chauffeur devra immédiatement modérer l'activité de son feu et de sa dépense de vapeur en fermant le registre de la cheminée et en jetant sur la grille du combustible frais : il se hâtera en même temps de faire fonctionner l'appareil alimentaire.

Mais dans le cas où le niveau est tombé déjà à 10 ou 12 centimètres au-dessous de cette limite, où par conséquent il y aurait lieu de supposer que certaines parties de la surface de chauffe se trouveraient hors de l'eau, *le chauffeur devra bien se garder d'alimenter la chaudière* et il faudra, sans perdre un instant,

qu'il fasse tomber le feu de la grille et qu'il laisse refroidir tout l'appareil le moins brusquement possible. On ne recommencera pas à chauffer avant d'avoir rétabli ensuite le niveau de l'eau à la hauteur convenable et de s'être assuré que le manque d'eau n'a donné lieu à aucune fuite dans la chaudière.

Beaucoup d'ingénieurs recommandent, en outre, d'éviter l'ouverture trop brusque des soupapes de sûreté et de prise de vapeur.

15. D. *Quelles sont les précautions que le chauffeur doit observer relativement aux soupapes de sûreté ?*

R. Ces appareils doivent fermer hermétiquement, sans toutefois coller sur leurs sièges, ce dont le chauffeur doit s'assurer au moins une ou deux fois par jour en les soulevant légèrement. Si les soupapes laissent fuir de la vapeur, il devra y remédier en les rôdant à l'émeril sur leurs sièges. Il va sans dire, d'ailleurs, que, dans aucune circonstance et sous aucun prétexte, il ne doit les surcharger ou les empêcher de fonctionner librement.

La levée des soupapes, pour s'assurer qu'elles ne collent pas sur leurs sièges, peut toujours se faire sans danger *si elles sont petites*; mais il ne faut y procéder qu'avec précaution si elles sont *grandes et se trouvent dans un espace clos de peu d'étendue*.

Souvent des chauffeurs ont été brûlés en agissant, dans ce dernier cas, trop précipitamment et sans réflexion.

16. D. *Comment s'assure-t-on que le manomètre fonctionne bien ?*

R. Cet appareil doit pour cela satisfaire aux trois conditions suivantes :

1° Marquer zéro quand la chaudière est sans vapeur ;

2° Marquer le maximum de pression permise, en même temps que les soupapes, dont la charge a été calculée proportionnellement à cette pression, commencent à se lever ;

3° Enfin les mouvements de l'aiguille dans les manomètres métalliques et les mouvements du mercure dans les manomètres à air libre ou à air comprimé doivent être bien réguliers et bien visibles, c'est-à-dire que si le manomètre est à flotteur, celui-ci

doit jouer librement dans le tube, ce dont le chauffeur s'assure en soulevant fréquemment le flotteur attaché à l'extrémité de la ficelle qui porte l'aiguille indicatrice et en le laissant retomber,

Les manomètres métalliques doivent être, de temps à autre, contrôlés avec un manomètre-étalon.

Si le manomètre est à tube de verre, celui-ci doit être tenu bien propre, bien translucide. Quand il est difficile à dégraisser par les moyens ordinaires, un peu de vinaigre pour humecter le goupillon de la baguette à nettoyer est d'un très bon emploi.

17. D. *Comment le chauffeur prévient-il une trop forte élévation de la pression?*

R. En ayant soin de modérer son feu quelque temps déjà avant que le manomètre n'indique le maximum autorisé.

18. D. *Que doit-il faire quand la pression menace de devenir ou est déjà devenue trop forte?*

R. Il doit modérer le tirage et charger son feu de charbon frais.

Si ces mesures sont insuffisantes, il peut amener un excès d'air froid dans le foyer en ouvrant les portes de chargement ou même tirer son feu en tout ou en partie.

De plus, si le niveau de l'eau le permet (voir 13-14), il faut alimenter avec de l'eau froide.

Mais si le niveau était, en même temps que la pression s'élève, descendu en dessous des limites où il commence à y avoir danger, le chauffeur devrait bien se garder, comme nous l'avons déjà dit en répondant aux questions nos 14, 15 et 16, d'envoyer la moindre quantité d'eau dans la chaudière.

19. D. *Quand le chauffeur doit-il procéder au nettoyage intérieur de la chaudière?*

R. On ne peut rien préciser, *a priori*, relativement au temps qui doit s'écouler entre deux nettoyages; il peut être plus ou moins long, suivant le genre de chaudière auquel on a affaire et suivant la nature des eaux qui servent à l'alimentation; l'expérience seule sert de règle en cette matière. Le nettoyage étant, par lui-même, une cause de dépense, il ne faut pas en abuser; mais il ne faut pas oublier non plus que la vaporisation est

moins active et plus coûteuse dans une chaudière sale que dans une chaudière dont les parois sont bien propres et que, de plus, avec *des eaux incrustantes*, il y aurait danger à nettoyer trop rarement.

20. D. *Qu'est-ce que les eaux incrustantes? En quoi sont-elles une cause de danger?*

R. Les eaux incrustantes sont celles qui contiennent certaines substances que l'ébullition en sépare et qui forment sur les parois de la chaudière des croûtes plus ou moins adhérentes et dures.

Elles sont une cause de danger en ce sens que, si on leur laisse prendre trop d'épaisseur, les portions de tôle ou les tubes (dans les chaudières tubulaires) qu'elles recouvrent, exposées d'un côté à l'action directe de la chaleur et préservées de l'autre contre l'action réfrigérante de l'eau, s'altèrent plus ou moins vite, de la même façon que les parties de la surface de chauffe qui se trouveraient au-dessus du niveau de l'eau. Ces portions de tôle peuvent même être portées au rouge et l'on conçoit que si, dans ce dernier cas surtout, l'incrustation venait à se détacher (ce qui arrive quelquefois), les phénomènes que nous avons décrits au n° 4 se produiraient avec toutes leurs conséquences.

21. D. *De quelle façon le chauffeur doit-il procéder au nettoyage de la chaudière?*

R. Il doit veiller soigneusement à ce que les eaux boueuses et les boues soient enlevées.

Faire battre (adroitement) au marteau les incrustations partout où il s'en trouve, de manière à bien les détacher sans altérer cependant la tôle par le choc trop violent des outils, et balayer au-dehors les dernières parcelles de croûtes; une pratique recommandée par l'expérience consiste, après chaque nettoyage, à enduire intérieurement la chaudière de goudron de houille ou de plombagine délayée dans de l'eau. D'autres moyens analogues peuvent être employés avec succès dans le même but: il existe enfin contre les incrustations une foule de préservatifs plus ou moins efficaces qui, agissant par voie de double décomposition chimique, sont du ressort de l'ingénieur.

22. D. *Le nettoyage intérieur suffit-il ?*

R. Non. Les faces extérieures du corps principal et, s'il y a lieu, des tubes bouilleurs ou réchauffeurs doivent être débarrassées de la suie qui s'y dépose et qui, sous l'influence de l'humidité, peut occasionner la corrosion des tôles. (Voir les nos 27 à 29.)

DE LA VISITE DES CHAUDIÈRES.

La visite doit être intérieure et extérieure. C'est le seul moyen de s'assurer de l'état des chaudières. Une visite bien faite permet presque toujours de reconnaître s'il y a sécurité ou non. Toutes les parties d'une chaudière doivent être visitées, parce que toutes peuvent renfermer des défauts dangereux.

23. D. *Comment doit-on procéder à la visite ?*

R. Il faut visiter attentivement les petits conduits qui communiquent au manomètre, au tube indicateur du niveau, aux robinets de jauge, etc.

Il faut s'assurer soigneusement qu'il n'y a pas de *corrosions* ni *intérieures* ni *extérieures*; pas de *fentes* plus ou moins prolongées; pas de *pailles*, ni de tôles ayant reçu un *coup de feu*.

Corrosion intérieure.

24. D. *Comment se manifeste la corrosion intérieure ?*

R. Généralement, par cavités isolées qui se remplissent d'une substance noire et s'approfondissent sans cesse.

Elles sont quelquefois rares et profondes pendant que tout le reste est épargné.

D'autres fois, elles sont d'un diamètre fort grand relativement à leur profondeur, et sont tellement multipliées que le phénomène passe insensiblement à une corrosion générale de la tôle.

25. D. *Quelles sont les parties les plus sujettes à être corrodées ?*

R. 1° Ces cavités ne se trouvent que par exception sur des tôles où il y a ébullition ;

2° Elles creusent, de préférence, les tôles les plus froides et particulièrement celles qui sont engagées dans les maçonneries ou qui en sortent à l'extérieur. Le plus souvent les tubes

réchauffeurs sont seuls attaqués et surtout la partie de ces tubes qui sort des maçonneries ;

3° Elles s'accumulent dans les environs du niveau où l'eau s'est arrêtée, lorsqu'on a négligé de vider des chaudières qui restent longtemps inactives. Il faut donc avoir toujours soin de vider les chaudières quand on les met hors feu pour un certain temps.

26. D. *Quelle est la cause de la corrosion intérieure ?*

R. Elle n'est pas encore nettement connue ; on peut dire cependant qu'elle est due à la nature des eaux d'alimentation et, exceptionnellement, de la vapeur même.

Il n'est donc pas au pouvoir du chauffeur de faire disparaître cette cause ; son rôle doit se borner ici à constater les dégâts produits et à prévenir ses chefs avant qu'ils n'aient atteint un degré compromettant pour la sécurité de l'appareil confié à ses soins.

Une corrosion intérieure beaucoup plus rare mais très grave est celle que produisent les acides proprement dits. Elle se manifeste par des trous sans rien dedans et souvent elle marche très vite ; deux à trois mois peuvent suffire pour mettre une chaudière hors de service.

La présence d'eaux acides se décèle par *la couleur rouge de l'eau et des boues* qu'on retire lors du nettoyage.

Quand on remarque ce changement de couleur, il convient de faire procéder à un examen analytique de l'eau d'alimentation.

Celle-ci peut avoir été contaminée par des infiltrations venant de la surface — le remède est alors tout indiqué — ou par la rencontre, dans l'approfondissement d'un puits, d'une nappe aquifère contenant des sels nuisibles.

Corrosion extérieure.

De tous les défauts des chaudières, la corrosion extérieure est le plus fréquent et, en même temps, le plus nuisible. C'est elle qui occasionne les plus grandes et les plus nombreuses réparations ; elle amène aussi d'assez fréquentes explosions.

27. D. *Où se manifeste de préférence la corrosion extérieure ?*

R. Dans les carneaux, au contact des maçonneries et autour des joints.

28. D. *Quelle en est la cause ?*

R. Une fuite à la chaudière ou l'humidité de l'air combinées avec la suie ou des poussières contenant des matières corrosives.

C'est donc dans les parties les plus froides des carneaux, ou après l'arrêt plus ou moins long d'une chaudière, dont on n'a pas nettoyé parfaitement la face externe, que ce défaut prend de l'importance. Il faut ordinairement plus de huit jours de repos avant que la corrosion produite par l'humidité qui règne dans le massif de la chaudière devienne forte.

29. D. *Quelles sont les précautions à prendre contre la corrosion extérieure ?*

R. 1° Dans les cas de chômages prolongés, faire balayer, avant le délai d'un mois, l'extérieur des tôles d'une chaudière inactive ;

2° Ne tolérer aucune fuite dans les carneaux d'une chaudière ni ailleurs ;

3° Éviter avec soin l'humidité permanente qui imprègne les maçonneries des massifs ;

4° Faire consciencieusement les rematages par l'extérieur dans les carneaux. Attendre donc que ceux-ci soient suffisamment froids et débarrassés des poussières, sinon les ouvriers qu'on y envoie ne peuvent résister et le travail ne se fait pas.

Le rematage par l'intérieur des chaudières est absolument inutile, à moins qu'il ne soit général.

Fentes.

Les tôles des chaudières sont sujettes à se fendre de diverses façons.

30. D. *Où se produisent ces fentes ?*

R. *a.* Sur les bords des tôles exposées au feu ;

b. dans les lignes de rivets ;

c. à la courbure.

a. FENTES SUR LES BORDS.

Elles vont ordinairement jusqu'à des rivets ; quelquefois elles passent entre deux rivets et se prolongent petit à petit.

Les premières sont peu dangereuses.

Les secondes doivent être arrêtées en faisant à leur extrémité un trou que l'on bouche au moyen d'un rivet. Sans cette pratique les fentes peuvent s'allonger jusqu'à occasionner une explosion.

31. D. *Quelle précaution doit prendre le chauffeur au point de vue de ces fentes ?*

R. Tenir les chaudières convenablement propres, ne pas faire de trop gros feux et ne pas trop les rapprocher des chaudières.

b. FENTES DANS LES LIGNES DE RIVETS.

32. D. *A quoi sont-elles dues ?*

R. Généralement à des dilatations brusques et inégales dans les diverses parties des chaudières.

Il faut donc éviter les occasions de pareilles dilatations ; par exemple : ne pas vider les chaudières sous pression, *immédiatement* après avoir tiré les feux ; ne pas les remplir alors d'eau froide pour hâter leur accès par les hommes chargés de la visite et du nettoyage.

33. D. *Les fentes de ce genre sont elles dangereuses ?*

R. Incontestablement ; car, peu graves au moment de la visite, elles grandissent quelquefois très rapidement pendant le travail sans qu'on puisse s'en apercevoir.

Il est probable que c'est à cette cause que l'on doit un grand nombre des explosions qui se produisent à basse pression et dans les moments où les feux sont tombés.

c. FENTES A LA COURBURE.

34. D. *Où les observe-t-on ?*

R 1^o Aux fonds des bouilleurs ;

2^o Aux fers d'angle qui attachent les fonds dans les chaudières à foyers intérieurs, ou à l'assemblage des tubes-foyers avec ces fonds ;

3^o Aux couvercles des dômes, etc., etc.

Ce défaut est un des plus dangereux, car il est souvent impossible d'en apprécier la gravité lors de la visite, et bien

qu'il soit dû la plupart du temps à un vice de construction, le chauffeur doit y avoir l'œil pour le signaler à ses chefs aussitôt qu'il se montre.

Pailles.

35. D. *Qu'entendez-vous par une paille? A quoi est-elle due?*

R. C'est une séparation qui se produit entre les divers lits de fer dont une tôle est formée. Elle est due à un défaut de soudure pendant la fabrication.

36. D. *Comment constate-t-on ce défaut? Que faut-il faire pour y porter remède?*

R. L'aspect de la tôle, le son qu'elle rend sous le choc du marteau font immédiatement reconnaître une paille. Il faut, pour qu'elle cesse de s'étendre, la couper et en chanfreiner les bords. Si la tôle qui reste a conservé une épaisseur suffisante, on peut alors continuer à se servir de la chaudière sans la faire réparer.

Coup de feu.

37. B. *Qu'est-ce qu'un coup de feu? Comment s'en aperçoit-on?*

R. C'est une tôle à laquelle des circonstances particulières ont permis de rougir.

On s'en aperçoit à la *bosse* qui se forme souvent alors, sous la pression de la vapeur, du dedans vers le dehors.

38. D. *A quoi est dû ce défaut? Que faut-il faire pour l'éviter?*

R. Il est dû à l'accumulation, au dessus des tôles du foyer, de matières sableuses ou d'écaillés provenant des incrustations détachées des parois.

Cette accumulation, sous forme de tas nettement délimité, et se reproduisant toujours à la même place dans une chaudière donnée, doit être produite par les courants et les remous qui existent dans l'appareil en marche.

Il y a deux remèdes à employer.

Le premier consiste à ne pas permettre aux incrustations d'arriver à l'épaisseur où elles commencent à se détacher, c'est-à-dire qu'il faut les enlever assez souvent et bien soigneusement.

Le second consiste, lorsqu'on ne peut pas empêcher le tas de se former, à le faire disparaître au moyen d'un purgeur

aboutissant à une dizaine de centimètres de la tôle, au dessus de la place où l'amas se forme. Ce purgeur doit avoir une assez grande section et être manœuvré après chaque arrêt.

39. D. *Des bosses ne peuvent-elles pas se produire dans des tôles bien propres intérieurement ?*

R. Le cas peut se présenter si la grille est trop rapprochée de la chaudière, le charbon trop vif et le feu irrégulièrement conduit.

40. D. *Dites-nous enfin quelles sont les principales précautions à prendre à chaque mise à feu d'une chaudière ?*

R. 1° Il faut d'abord s'assurer que le curage a été bien fait et qu'aucun objet ne reste oublié dans la chaudière ;

2° Procéder au remplissage, en ayant soin de donner issue à l'air en ouvrant les soupapes ou le trou d'homme, et constater soigneusement, avant de mettre à feu, que la quantité d'eau introduite est plus que suffisante; le niveau doit dépasser de 10 à 15 centimètres la hauteur à laquelle on le maintiendra quand la chaudière sera en marche ;

3° On allume ensuite le feu ; pendant que l'eau s'échauffe, on visite tous les joints pour voir s'ils ferment convenablement, et les soupapes restent ouvertes jusqu'à ce que tout soit en ordre ;

4° On doit, aussitôt que possible, s'assurer que les moyens d'alimentation sont en état de fonctionner régulièrement ;

5° On constate enfin l'efficacité de tous les appareils destinés à marquer la hauteur de l'eau ; on observe la marche du manomètre et on fait jouer le registre de la cheminée pour voir si la chaleur ne l'a pas fait serrer dans son cadre.

41. D. *Relativement au niveau de l'eau, que remarque-t-on quand la chaleur commence à se faire sentir ?*

R. Le tube indicateur en verre, le flotteur, etc., semblent accuser une élévation du niveau, bien qu'on n'ait pas encore commencé à alimenter.

Ce phénomène est dû au gonflement de l'eau, qui occupe plus de place quand elle est chaude que quand elle est froide. Si le niveau ne montait pas dans cette circonstance, c'est qu'il y aurait une fuite à la chaudière.

Nous noterons ici , pour mémoire , qu'on observe également un gonflement de l'eau chaque fois qu'on ouvre les issues par où la vapeur sort de la chaudière pour se rendre au point où elle doit travailler.

42. D. *Quand une chaudière est munie de réchauffeurs, quelle précaution faut-il observer?*

R. Il ne doit y avoir, sur la conduite qui réunit le ou les réchauffeurs à la chaudière proprement dite, *aucun robinet ni appareil permettant d'iso'ler*, pour une raison quelconque, les réchauffeurs de la chaudière; à moins toutefois que les dits réchauffeurs ne soient munis d'une soupape de sûreté.

3^e PARTIE.

CONDUITE DES MACHINES A VAPEUR.



Nous examinerons la mise en train des machines à vapeur en général et leur conduite pendant la marche, les conditions dans lesquelles doivent se trouver les principaux organes, l'arrêt des machines, et enfin les particularités que présentent quelques machines spéciales.

Avant d'aborder cette étude, nous donnerons quelques notions sur les différents genres de moteurs à vapeur.

PRINCIPAUX GENRES DE MOTEURS A VAPEUR.

Ceux-ci se classent en :

- 1^o Machines à pleine pression avec ou sans condensation ;
- 2^o Machines à détente ou à expansion, avec ou sans condensation.

Classification
des moteurs
à vapeur.

Ces dernières peuvent n'avoir qu'un seul cylindre ou bien être à deux cylindres et, dans ce dernier cas, il faut distinguer les machines Woolf et les machines Compound.

1. D. *Qu'entend-on par machine à pleine pression ?*

R. C'est une variété de machine où la vapeur est admise dans le cylindre pendant toute la durée de la course du piston.

Machine
à pleine
pression.

Il y a ainsi une pression uniforme de la vapeur sur le piston et c'est pour cette raison que ce genre de machine est nommé machine à pleine pression. On observera qu'après une course

du piston, la vapeur perdue par la décharge est encore susceptible d'un grand travail.

Machine
à détente
à un cylindre.

2. D. *Qu'entend-on par machines à détente ou expansion ?*

R. Dans ces machines, la vapeur n'entre pas dans le cylindre pendant tout le temps de la durée de la course du piston, comme dans les machines à pleine pression. La vapeur entre seulement pendant une partie de la durée de cette course : la quantité de vapeur admise est limitée par un distributeur, qui ferme à un moment donné l'orifice d'arrivée de vapeur au cylindre.

Lorsque la fermeture a lieu, la vapeur qui est renfermée dans le cylindre continue à presser sur le piston par sa force expansive; le piston avance, la vapeur occupe à chaque instant dans le cylindre un plus grand volume et sa pression décroît constamment.

Lorsque le piston est arrivé à la fin de sa course, la pression de la vapeur dans le cylindre est inférieure à celle qu'elle possédait à son arrivée, et cette pression est d'autant plus faible que la détente aura été plus grande ou que l'admission de vapeur aura été plus petite eu égard à la longueur de la course.

La vapeur qui se dégagera par la décharge, après chaque coup de piston, aura donc, dans les machines à détente, une faible pression; on lui aura retiré une grande partie de sa force, et, par conséquent, on aura mieux utilisé le travail qu'elle peut céder.

Ce qui précède suppose que la machine n'a qu'un seul cylindre.

Machine
Woolf.

3. D. *Que faut-il entendre par machine Woolf ?*

R. On donne ce nom à des machines ayant deux cylindres de volumes différents. La vapeur venant directement de la chaudière est d'abord admise dans le *petit cylindre* ou *cylindre à haute pression*, parfois pendant la course entière mais plus généralement pendant une partie seulement de la course du piston. Dans ce dernier cas, la vapeur éprouve une première détente dans ce cylindre. Elle passe ensuite, pendant la course suivante, dans le *grand cylindre* ou *cylindre à basse pression*.

Quand les deux cylindres sont en communication, la vapeur occupe tout l'espace compris entre les faces correspondantes des deux pistons. Cet espace augmente à mesure que les pistons avancent; le volume occupé par la vapeur va donc en augmentant et la pression s'abaisse. La vapeur continue conséquemment à se détendre jusqu'au moment où elle commence à être évacuée. L'évacuation est achevée à la fin de la course suivante.

4. D. *Quelles sont les raisons qui conduisent à admettre la complication d'un petit cylindre, adjoint au cylindre principal?*

R. L'expérience a démontré qu'il est avantageux, au point de vue de l'économie de vapeur, de répartir la détente dans deux cylindres de volumes différents et de réduire ainsi la différence des pressions et, conséquemment, des températures extrêmes qui se produisent dans un même cylindre. D'ailleurs, la différence entre les pressions qui s'exercent à un moment donné sur les deux faces d'un même piston est inférieure à ce qu'elle serait dans une machine à cylindre unique employant la vapeur dans les mêmes conditions de pression et de détente. Les fuites par les pistons et les distributeurs sont donc moins considérables dans les machines Woolf que dans les machines à un seul cylindre. Enfin, les machines Woolf ont encore sur ces dernières l'avantage d'avoir une marche plus régulière et plus douce résultant d'une variation moindre de l'effort total transmis aux organes du mouvement par les pistons.

5. D. *En quoi les machines Compound diffèrent-elles des machines Woolf?*

Machine
Compound.

R. Dans les machines Woolf, la vapeur provenant du petit cylindre se rend le plus directement possible dans le grand cylindre.

Dans les machines Compound, au contraire, il y a entre les deux cylindres un *réservoir intermédiaire* qui reçoit la vapeur évacuée par le cylindre à haute pression et qui fournit au grand cylindre la vapeur nécessaire à chaque course. Si ce réservoir a un volume suffisant, la pression y variera peu; la contre-pression sous le petit piston et la pression sur le grand piston pendant la durée de l'admission seront donc sensiblement constantes.

6. D. *Dans quel but interpose-t-on un réservoir intermédiaire entre les deux cylindres ?*

R. Le but principal est de rendre possible le calage des deux manivelles à angle droit, disposition toujours avantageuse au point de vue de la régularité de la marche et, dans certains cas, indispensable quand, par exemple, la machine est à marche intermittente et qu'il faut pouvoir démarrer instantanément, quelle que soit la position occupée par les manivelles.

La présence du réservoir intermédiaire permet, en effet, à la vapeur provenant du petit cylindre d'attendre, pour être admise dans le grand, que le piston soit arrivé à l'extrémité de sa course, sans éprouver de variations considérables de pression.

Le réservoir procure encore un avantage important : il permet de régler la pression moyenne qui y règne, en modifiant la durée de l'admission dans le grand cylindre. Le poids de vapeur dépensé par course pénètre dans ce cylindre sous un volume d'autant plus petit et, par conséquent, avec une pression d'autant plus élevée, que la durée de l'admission y est plus réduite, et l'on peut, sans modifier notablement le travail développé par la machine, régler et, notamment, égaliser les efforts totaux auxquels les pistons sont soumis au commencement de chaque course. C'est un avantage important, surtout quand les tiges des pistons, au lieu de commander deux manivelles, attaquent une même traverse guidée, comme c'est le cas dans les machines à bielles en retour.

Le réglage de la distribution du grand cylindre demande à être fait avec précaution par l'ingénieur. Le machiniste ne doit jamais le modifier sans l'assentiment de ce dernier. Un réglage défectueux pourrait, en effet, déterminer sur les organes du mécanisme, une distribution dangereuse des efforts, laquelle pourrait occasionner la rupture de certaines pièces, tout au moins l'échauffement des guides et des tourillons.

7. D. *Quels sont les organes accessoires dont est pourvu le réservoir intermédiaire ?*

R. Outre une enveloppe calorifuge, indispensable pour protéger la vapeur contre le refroidissement extérieur, il y a généralement un petit distributeur spécial établi sur un embranche-

ment du tuyau qui amène la vapeur à la chapelle du petit cylindre; ce distributeur se manœuvre à la main. Il sert à l'introduction directe dans le réservoir d'une quantité de vapeur suffisante pour y établir la pression nécessaire à la mise en train.

Toutefois cette introduction directe peut s'obtenir sans organe spécial quand la distribution de la vapeur dans le petit cylindre se fait au moyen de soupapes faciles à manœuvrer à la main. Il suffit alors de lever simultanément l'une des soupapes d'admission et la soupape de décharge correspondante.

Dans certaines machines, le réservoir est muni d'une petite soupape de sûreté dont la charge est réglée de façon à ce que la vapeur ne puisse atteindre dans le réservoir une pression dangereuse pour les organes du grand cylindre.

Enfin, le réservoir intermédiaire contient quelquefois un faisceau formé de tubes en fer ou en laiton et constamment traversé par un courant de vapeur venant de la chaudière. Ce faisceau a pour but de maintenir la pression moyenne dans le réservoir intermédiaire à une valeur convenable, en réchauffant la vapeur. Il faut, dans ce cas, nettoyer fréquemment les surfaces des tubes qui sont en contact avec la vapeur venant du petit cylindre. Celle-ci dépose, en effet, sur les tubes, des matières grasses qui nuisent au passage de la chaleur et rendent ainsi le faisceau réchauffeur peu efficace.

S. D. *Qu'entend-on par machine à condensation ?*

De la
condensation.

R. La machine à condensation est munie d'un condenseur; elle peut être à pleine pression ou à détente, à un ou à deux cylindres.

Le condenseur est un appareil qui condense la vapeur de décharge au moyen d'eau froide, au lieu de la laisser se dégager à l'air.

9. D. *Décrivez un condenseur et la manière dont il fonctionne ?*

R. Le condenseur le plus généralement employé est un appareil composé de deux parties spéciales : un réservoir, appelé condenseur; une pompe à simple ou à double effet, appelée pompe à air.

L'appareil complet fonctionne de la manière suivante :

La vapeur de décharge arrive dans le condenseur, où une

pluie d'eau la condense ; il se forme de l'eau chaude qui est continuellement enlevée par la pompe à air. La quantité d'eau qui arrive dans le condenseur est réglée par un robinet nommé robinet d'injection.

10. D. *Pourquoi la pompe qui aspire l'eau chaude est-elle nommée pompe à air ?*

R. Parce que cette pompe est destinée non-seulement à enlever l'eau du condenseur, mais aussi l'air, les gaz; elle a pour effet de maintenir un vide aussi parfait que possible dans le condenseur.

11. D. *Quel est l'effet de la condensation ?*

R. La condensation de la vapeur de décharge par de l'eau froide détermine le vide dans le condenseur; la pompe à air maintient ce vide.

Le condenseur étant toujours en communication avec la partie du cylindre où la décharge a lieu, le vide du condenseur se propage dans le tuyau de décharge et dans le cylindre.

La contre-pression se trouve donc diminuée lors de la décharge de la vapeur, puisque cette décharge a lieu dans le vide, et non dans l'atmosphère, comme dans les machines sans condensation. En diminuant la contre-pression, on diminue les résistances nuisibles au mouvement de la machine; on augmente le travail qu'elle peut développer, sans augmenter la consommation de vapeur proportionnellement au travail gagné. Il y a donc économie de combustible en employant la condensation.

12. D. *Quelle est la machine qui exige la plus faible consommation de charbon ? Donnez les motifs à l'appui de votre choix ?*

R. La machine la plus économique, sous le rapport de la consommation de combustible, est la machine à grande détente et condensation, parce que la grande détente permet de retirer de la vapeur presque toute sa force expansive et parce que la condensation, en produisant le vide du côté du piston opposé à celui qui reçoit la pression de la vapeur, détruit en grande partie la contre-pression et supprime ainsi une résistance. L'expérience montre, de plus, que l'avantage des grandes détentes est plus considérable dans les machines à deux cylindres, Woolf ou Compound, que dans les machines à

Comparaison
des différents
genres
de moteurs
à vapeur.

cylindre unique. La machine à détente sans condensation n'est pas aussi économique que celle à détente et condensation, mais elle est encore infiniment préférable, surtout quand la pression de la vapeur est élevée, à la machine à pleine pression, qui perd dans l'atmosphère de la vapeur douée d'une grande force et capable de produire encore un grand travail.

13. D. *Pourquoi les machines à grande détente et condensation ne sont-elles pas toujours employées ?*

R. Parce qu'il faut beaucoup d'eau pour la condensation et qu'on est quelquefois obligé d'installer des machines dans des localités où il y a peu d'eau; parce qu'elles coûtent plus cher que les autres machines; parce qu'on doit quelquefois employer la décharge pour produire un tirage ou pour tout autre usage; parce qu'enfin on ne rencontre pas toujours des machinistes capables de les conduire parfaitement. Les raisons tirées du prix élevé de la machine et du manque de mécanicien capable de la conduire, acquièrent plus de force encore quand la détente se fait dans deux cylindres successivement. L'argument basé sur la quantité d'eau nécessaire à la condensation est, au contraire, une objection d'un caractère moins général pour les machines Woolf ou Compound, car elles consomment moins de vapeur que les machines à un cylindre et demandent, par conséquent, une quantité moindre d'eau pour réaliser une bonne condensation.

14. D. *Quel degré de détente le machiniste doit-il donner à la machine qu'il conduit ?*

R. Le plus grand degré de détente possible, pour autant qu'il continue à constater une économie de combustible.

15. D. *Comment reconnaîtra-t-on que le degré de détente donné à une machine à vapeur ne sera pas assez grand ?*

R. C'est lorsque, la machine accélérant son mouvement, on sera obligé de fermer en partie le modérateur en marche régulière; cela montre qu'il vient trop de vapeur au cylindre; alors, il est souvent plus économique de diminuer la quantité de vapeur admise, au moyen du tiroir ou de la soupape de détente qu'au moyen du modérateur.

Variation de la puissance des machines.

16. D. *On peut donc faire varier la puissance d'une machine de deux manières?*

R. Oui. En réglant convenablement l'ouverture du modérateur sans changer la détente, ou bien en faisant varier la détente tout en laissant le modérateur complètement ouvert.

Le premier moyen est le seul possible quand le système de distribution ne peut produire qu'une détente toujours la même. On dit alors que la machine est à détente fixe.

Le second moyen est souvent préférable quand l'expansion peut être changée, c'est-à-dire lorsque la machine est à détente variable.

17. D. *Le soin de faire varier la puissance par l'un de ces moyens est-il toujours confié au machiniste?*

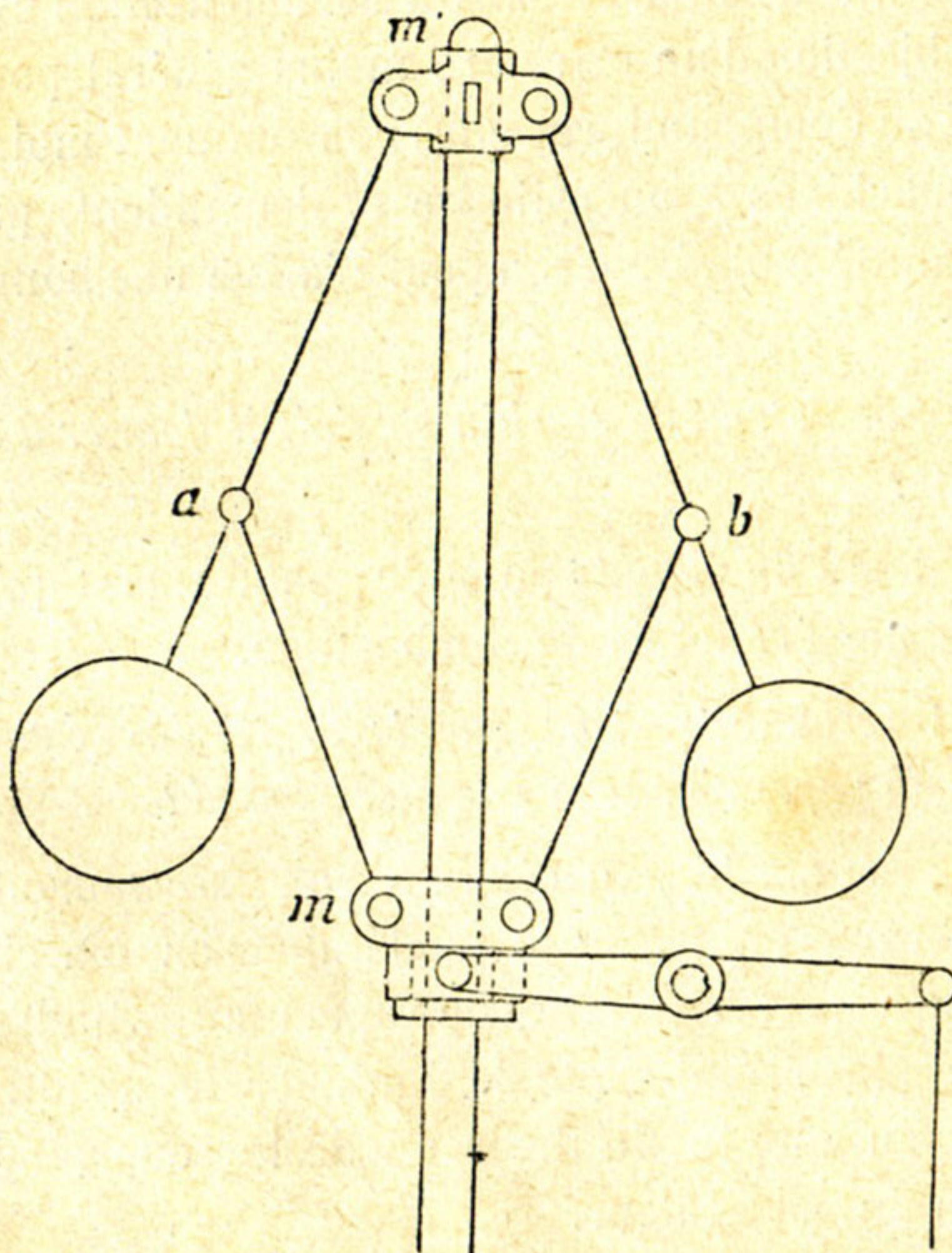
R. Non. Quand les variations doivent être fréquentes et qu'une marche très régulière est nécessaire, elles s'opèrent automatiquement par l'action d'un régulateur de vitesse.

Régulateur de vitesse.

18. D. *Décrivez un régulateur de vitesse?*

R. Les régulateurs les plus employés sont les régulateurs à

Fig. 1.



force centrifuge, appelés aussi régulateurs à boules.

Le type le plus ancien est le *régulateur de Watt* (fig. 1).

Il est composé essentiellement de quatre bras articulés entre eux aux points *a* et *b* et à deux manchons *m* et *m'*. Aux extrémités des bras les plus longs, sont attachées les boules.

Le manchon supérieur est fixé au

moyen d'une clavette à un arbre vertical qui reçoit un mouvement de rotation de l'arbre principal de la machine, au moyen d'une transmission convenable.

Le manchon inférieur est simplement suspendu aux tiges les plus courtes. Il est entraîné dans le mouvement de rotation du système. Il peut de plus s'élever ou s'abaisser suivant que les boules s'écartent ou se rapprochent de l'arbre vertical. Les boules s'écartent quand la vitesse augmente ; elles se rapprochent quand la vitesse diminue.

Le manchon est relié par un système de leviers et de tringles au modérateur ou au mécanisme d'expansion à commander, de telle façon que la venue de vapeur soit la plus grande possible quand le manchon se trouve au bas de sa course et la plus petite, quand le manchon a atteint la position la plus élevée qu'il peut occuper.

Il existe un grand nombre d'autres régulateurs, mais ils ne diffèrent pas, en principe, du système qui vient d'être décrit.

Certains régulateurs sont cependant complétés par un organe spécial appelé *cataracte* dont le rôle demande à être expliqué.

Une cataracte est composée essentiellement d'un petit cylindre fixe dans lequel peut se mouvoir un piston. Le piston est relié directement au manchon, ou bien, par une tige et une articulation, à un ou à plusieurs autres pièces par l'intermédiaire desquelles se fait la transmission du mouvement du manchon mobile à l'organe à commander. Ce piston se meut donc en même temps que le manchon.

Les deux extrémités du cylindre communiquent entre elles par un conduit dont on peut régler l'ouverture. L'appareil étant rempli d'huile, tout déplacement du piston a pour effet de faire passer une certaine quantité d'huile de l'un des compartiments du cylindre dans l'autre. Cet écoulement de l'huile donne lieu à une résistance qui est d'autant plus grande que l'ouverture du conduit de passage est plus faible. On dispose donc ainsi d'un moyen simple de régler la résistance qui s'oppose aux déplacements du manchon, et de l'amener à la valeur la plus propre au bon fonctionnement du régulateur.

19. D. *Quels sont les différents systèmes de détente les plus généralement employés ?*

Des différents systèmes de détente.

R. Nous citerons :

a) Parmi les distributions à détente fixe :

1° La détente par recouvrement au tiroir de distribution ;

2° La détente produite par deux tiroirs superposés, conduits chacun par un excentrique ;

3° La détente par cames.

b) Parmi les distributions à détente variable :

1° La détente obtenue en variant la course du tiroir au moyen d'une coulisse de Stephenson, de Gooch, de Waelschaerts ou de Pius Finck ;

2° La détente Meyer et les systèmes qui en dérivent, parmi lesquels nous distinguerons la détente Racher ou Maroquin et la détente Rider ;

3° La détente Farcot ;

4° La détente par cames ;

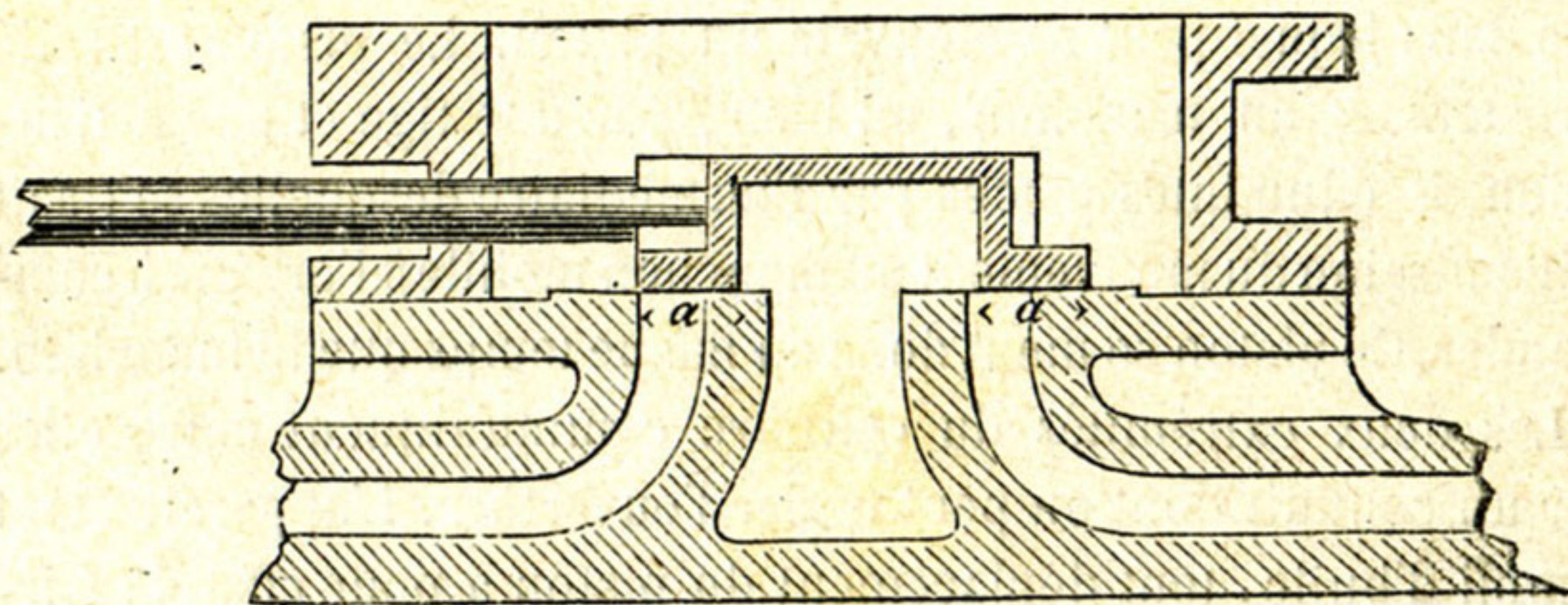
5° La détente par déclic.

Distributions
à détente fixe.

20. D. Décrivez la détente produite par un recouvrement au tiroir de distribution ?

R. (Fig. 2.) Pour obtenir la détente par recouvrement, le tiroir

Fig. 2.



est construit de telle façon que les parties a, a , soient plus larges que les lumières. La différence qui existe entre la largeur a et la largeur d'une lumière se nomme le *recouvrement*.

Lors de la manœuvre du tiroir, il existe une certaine position, pour chaque course du tiroir, où la lumière qui admettait la vapeur au cylindre se trouve masquée entièrement par le bord du distributeur. A ce moment, la vapeur qui vient de la chaudière ne peut plus être admise dans le cylindre et la vapeur qui se trouve renfermée dans le cylindre agit par sa force expansive en produisant la détente jusqu'à la fin de la course du piston.

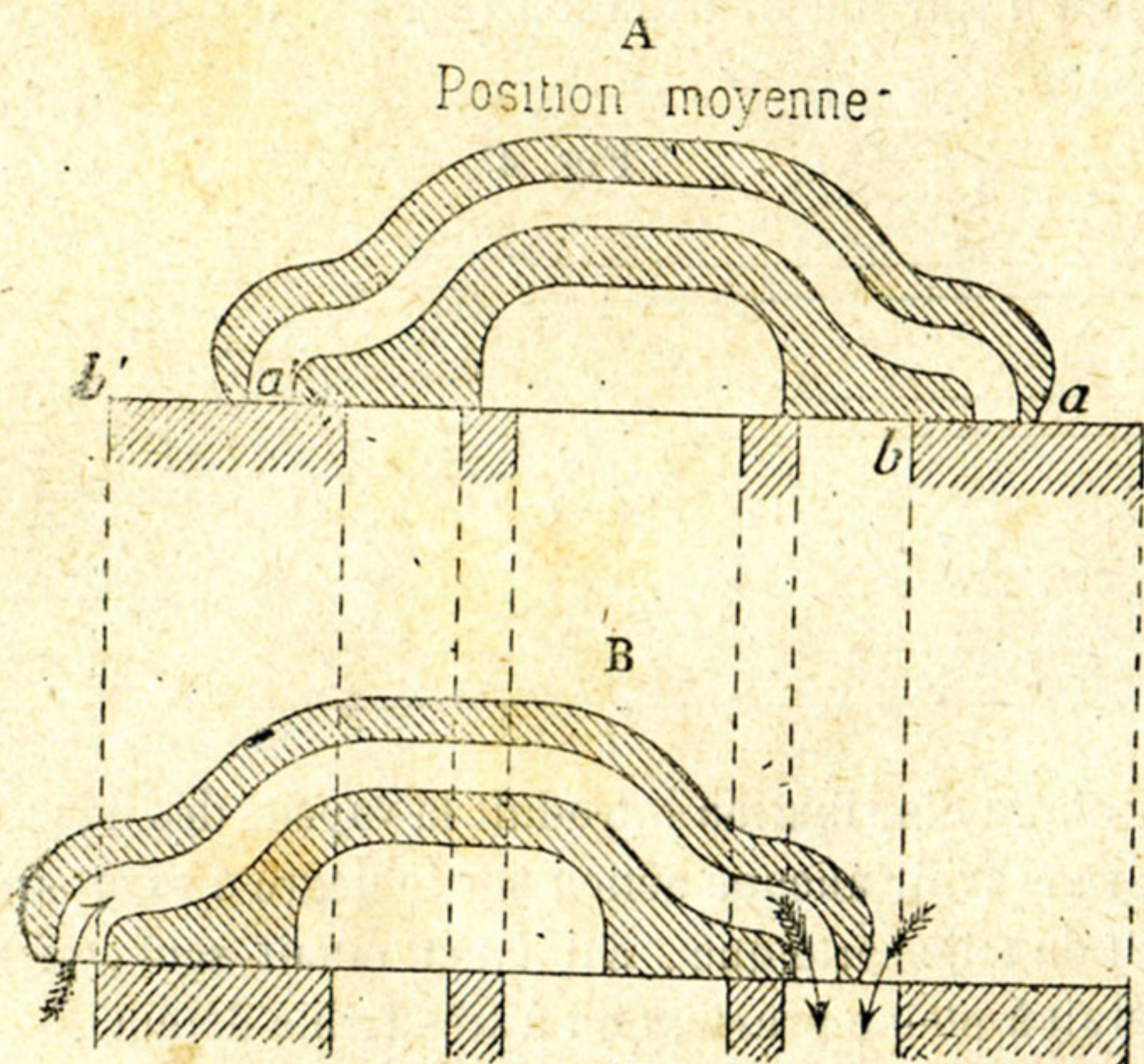
La détente a lieu pendant tout le temps du passage du bord a du tiroir sur la lumière jusqu'au moment où la lumière communique avec la décharge; plus ce bord sera large, ou, en d'autres termes, plus le recouvrement sera grand, plus la détente sera prolongée.

Cette disposition ne convient que pour de très petites détentes.

Pour obtenir une détente assez prolongée, il faut, en effet, donner au recouvrement une longueur considérable et alors, comme pour découvrir entièrement la lumière d'admission, le tiroir doit s'écarter de sa position moyenne, alternativement vers la droite et vers la gauche, d'une quantité égale à la largeur de la lumière augmentée de la valeur du recouvrement, il parcourt un chemin d'une longueur exagérée.

Un recouvrement trop grand entraîne d'ailleurs à certaines modifications dans le réglage de la distribution, qui rendent celle-ci défectueuse pendant la période de l'échappement de vapeur.

Fig. 3.



On peut réduire de moitié la course du tiroir en munissant celui-ci d'un conduit intérieur. Le tiroir ainsi modifié est dit du système *Trick*.

Ce tiroir (fig. 3A) se meut sur une glace dont la longueur est

exactement déterminée de telle façon que, le tiroir se déplaçant vers la gauche, par exemple, l'arête extérieure a de droite et l'arête intérieure a' de gauche atteignent simultanément, la première l'arête b de la lumière d'admission de droite, la seconde l'arête b' de la glace.

C'est la longueur ab , égale à $a'b'$, qui constitue le recouvrement.

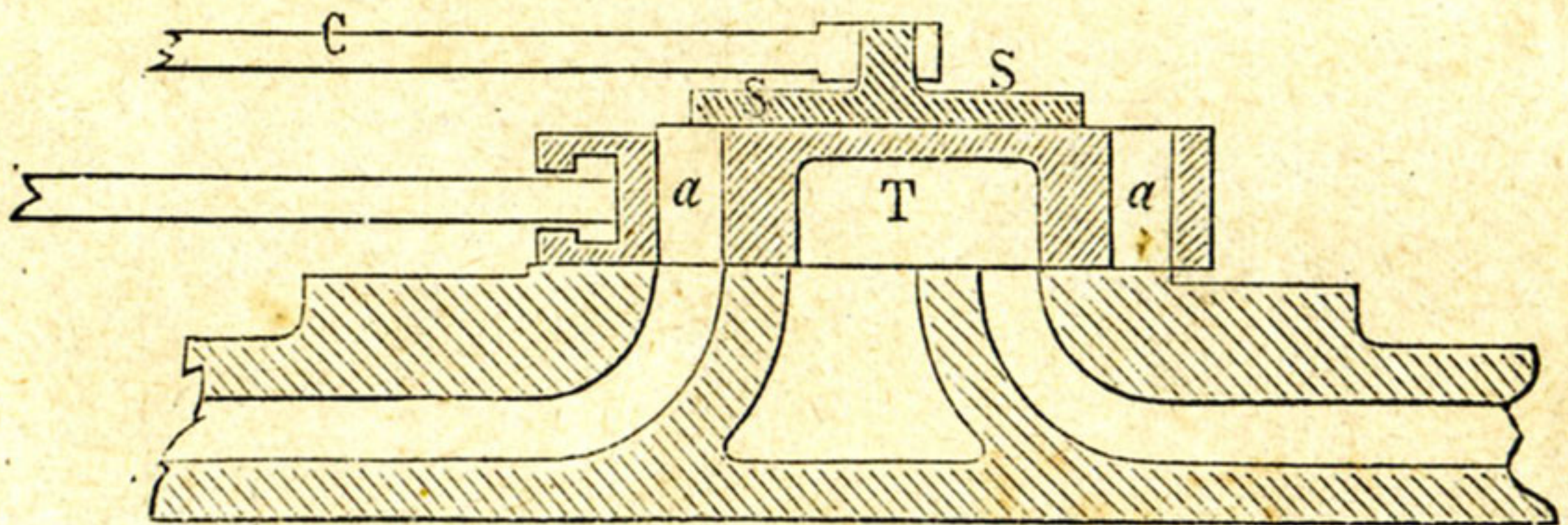
Si le tiroir continue à se déplacer vers la gauche, la vapeur parvient à la lumière d'admission de droite, à la fois directement et par le conduit intérieur (fig. 3 B).

Le tiroir est donc à double entrée pour l'admission et, conséquemment, il suffit que l'arête a parvienne au milieu de la lumière pour que celle-ci soit effectivement découverte complètement.

21. D. Expliquez comment s'obtient la détente au moyen de deux tiroirs superposés, conduits chacun par un excentrique ?

R. Les deux tiroirs ont des fonctions spéciales ; le premier T se nomme tiroir de distribution (fig. 4), le second S, tiroir d'expansion.

Fig. 4.



Le tiroir de distribution introduit la vapeur des deux côtés du piston, sans avoir aucune action sur le degré d'expansion.

Il agit de telle sorte que, s'il fonctionnait seul, la machine marcherait à pleine pression ou à très faible détente.

La construction du tiroir de distribution, dans le cas de l'application du tiroir d'expansion, n'est pas tout à fait la même que celle qu'il affecterait s'il était destiné à une machine à pleine pression.

Le tiroir de distribution représenté (fig. 4) est pourvu de deux conduits *a, a*.

Le tiroir de détente *S* est une simple plaque munie d'un bouton ; ce bouton sert à la relier à la tige d'excentrique *c*.

Examinons comment la détente peut se produire au moyen des deux tiroirs décrits.

Supposons que l'on fixe les estomacs des excentriques au moyen d'un calage sur l'arbre de la machine, de telle façon qu'en amenant le tiroir de distribution à la fin d'une course, le tiroir de détente ait déjà parcouru un certain chemin dans le sens du mouvement que va commencer le tiroir de distribution ; dans ces conditions, le tiroir de détente aura une avance dans son mouvement sur le tiroir de distribution et il recouvrira conséquemment le conduit que traverse la vapeur pour se rendre au cylindre, avant que la lumière de la glace soit fermée par le tiroir de distribution.

Ces conduits seront masqués plus ou moins rapidement suivant l'avance plus ou moins grande donnée au mouvement du tiroir d'expansion.

Lorsque les conduits seront fermés, l'expansion de la vapeur commencera dans le cylindre.

Il faut se garder de donner trop d'avance au tiroir de détente parce que les lumières *a, a* pourraient s'ouvrir après avoir été un instant fermées, et avant que le piston ne soit parvenu à la fin de sa course ; alors, la vapeur rentrerait dans le cylindre, elle viendrait s'y mélanger avec la vapeur qui s'y détend et détruire l'effet de l'expansion.

La limite de l'avance à donner au tiroir d'expansion se déterminera par tâtonnement.

22. D. *En quoi consiste la détente par cames ?*

R. On emploie les cames principalement pour commander des soupapes équilibrées, que certains constructeurs préfèrent aux tiroirs, surtout pour des machines puissantes, parce qu'elles offrent relativement peu de résistance au mouvement et qu'elles présentent un grand passage à la vapeur pour un petit déplacement.

Pour une distribution de ce genre, il faut quatre soupapes ;

deux d'entre elles servent respectivement à admettre la vapeur de chaque côté du piston ; les deux autres, à permettre la décharge de la vapeur qui a produit son effet. Les soupapes se divisent donc en soupapes d'admission et en soupapes de décharge.

Chacune d'elles est manœuvrée par une came qui la soulève par l'intermédiaire d'organes de transmission de mouvement et la laisse retomber sur ses sièges au moment opportun.

Les diverses comes sont fixées sur un arbre qui est commandé, au moyen de roues d'engrenages ou d'excentriques avec barres et manivelles, par l'arbre moteur de la machine.

Suivant le tracé qu'elle a reçu, chaque came tient levée la soupape qu'elle actionne pendant une partie plus ou moins grande de la course du piston. On peut donc par un tracé convenable des comes d'admission réaliser telle détente que l'on désire.

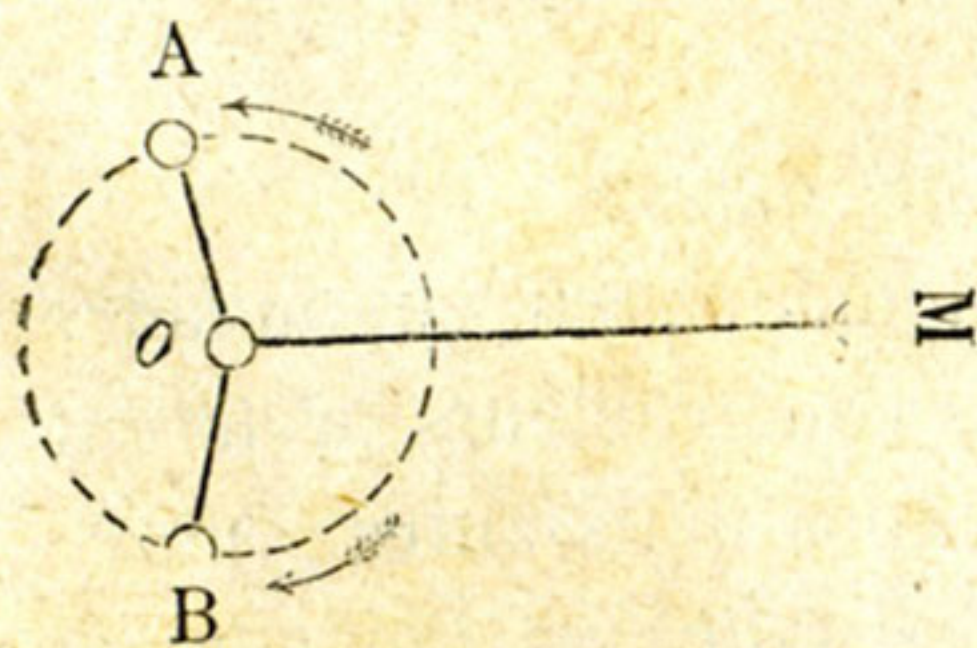
Distributions
à détente
variable.

23. D. *Faites connaître les mécanismes au moyen desquels on peut faire varier l'expansion en variant la course du tiroir ?*

R. Ces mécanismes se rencontrent presque exclusivement dans les machines à changement de marche. On sait que la distribution de vapeur d'une machine est souvent réglée par un tiroir ou glissière conduite par un excentrique calé sur l'arbre de la manivelle et à peu près d'équerre avec celle-ci.

Le centre de la poulie excentrique est de $1/4$ de tour environ *en avant* du centre du bouton de la manivelle dans le sens de la marche.

Fig. V.

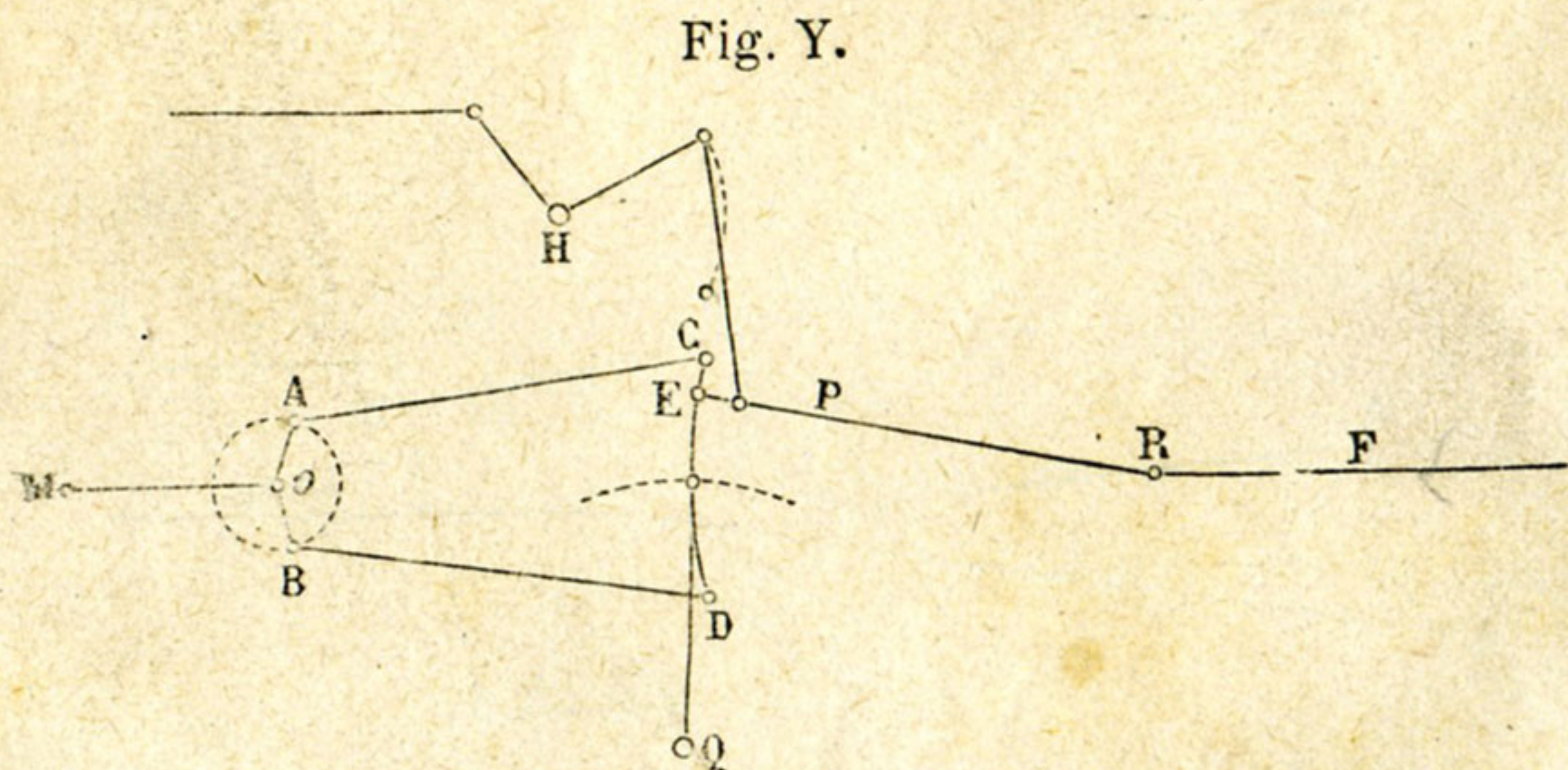
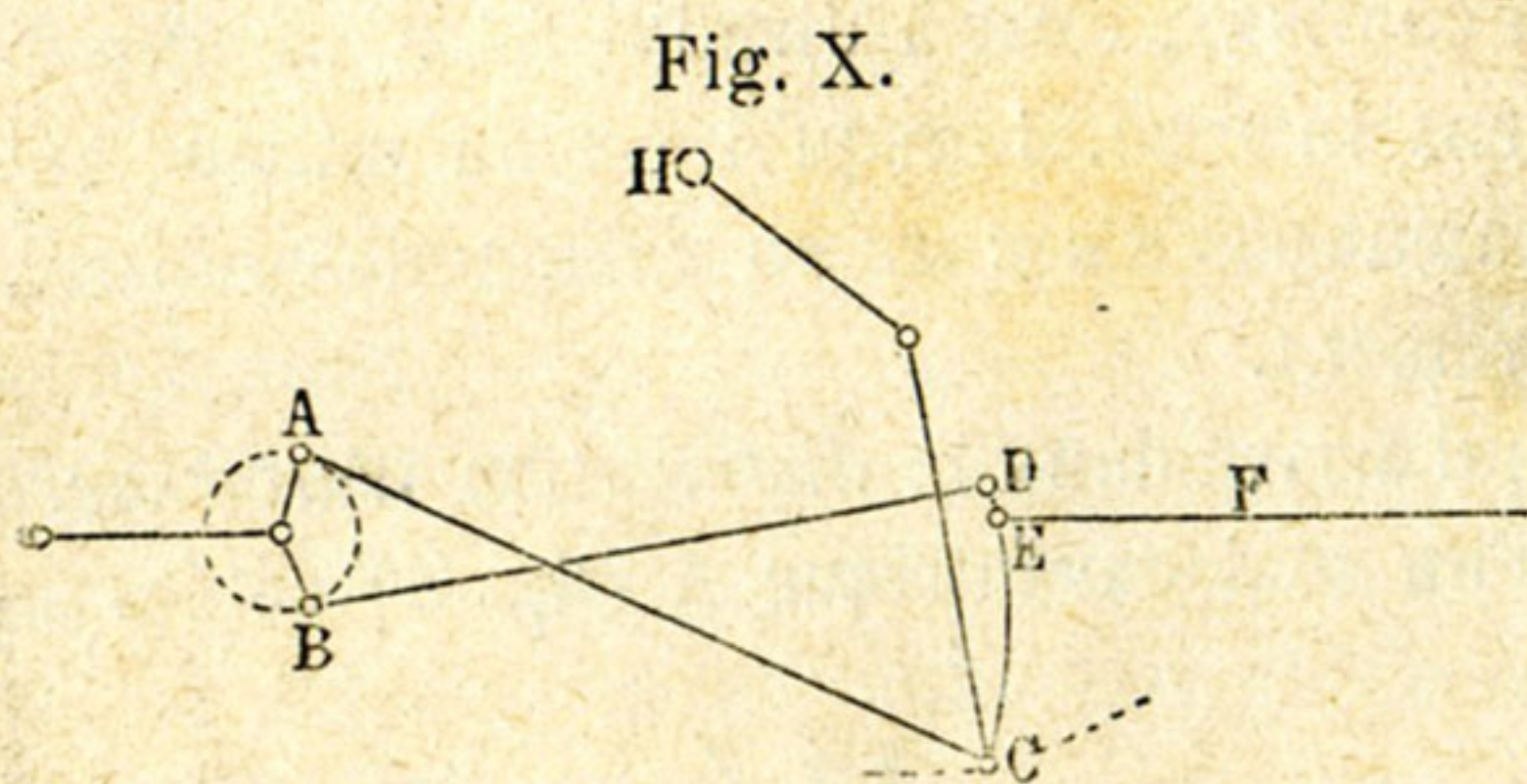
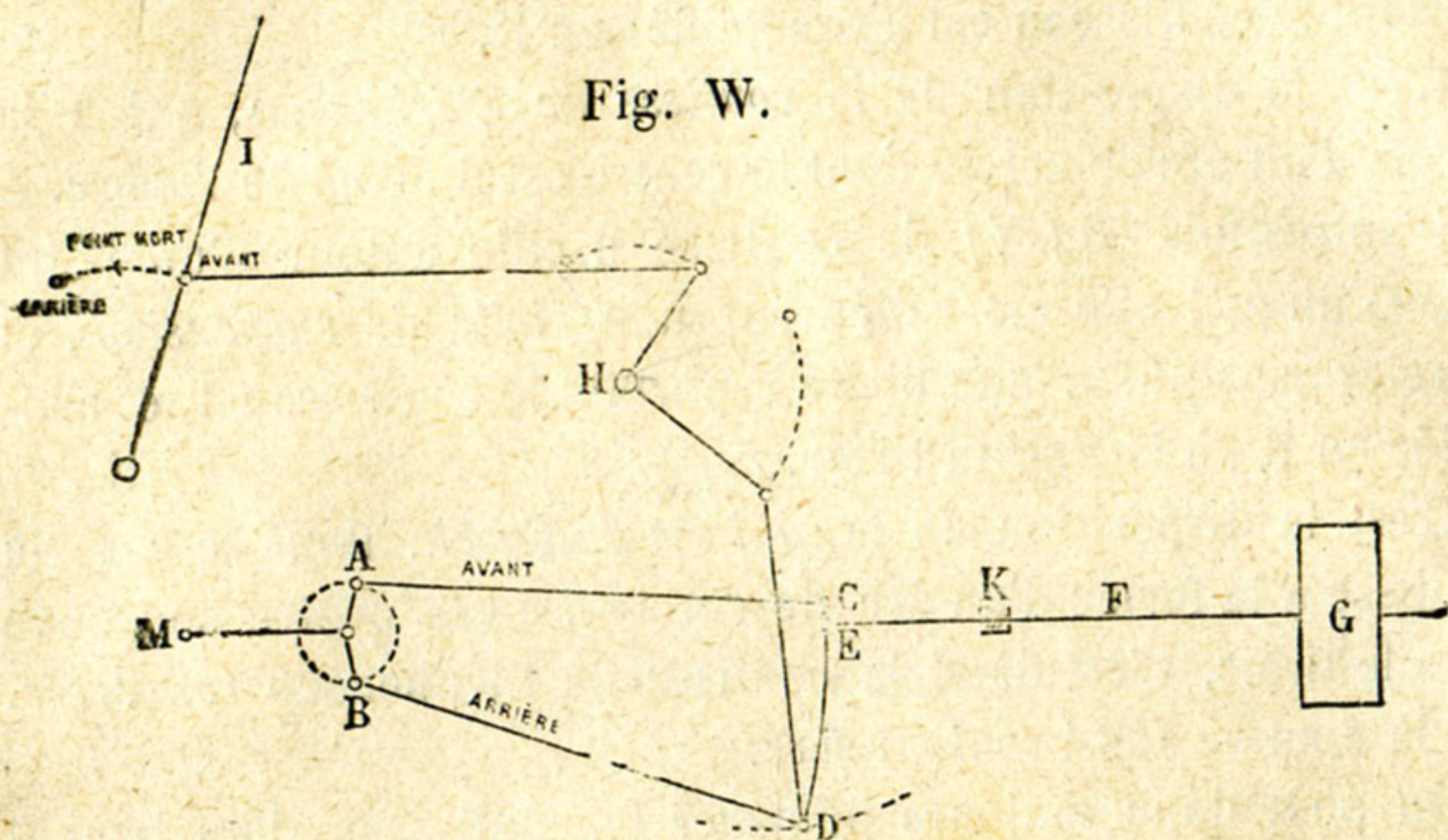


Si oM (fig. V) est la position de la manivelle et qu'on ait calé un excentrique dans la direction oA , il commandera la marche dans le sens de la flèche A.

Si l'excentrique a la direction oB , la machine marchera en sens inverse (flèche B).

Dans la plupart des machines à changement de marche, on a deux excentriques (fig. W, X, Y). L'un en A, l'autre en B.

L'un sert pour la marche en avant, l'autre pour la marche en arrière. En réunissant les extrémités C et D des deux barres d'excentrique par une coulisse CD dans laquelle on pourra



faire glisser d'un bout à l'autre un coulisseau E relié à la tige du tiroir F, on pourra à volonté faire agir sur le tiroir G l'un ou l'autre excentrique et par conséquent faire marcher la machine dans un sens ou dans l'autre.

Quelquefois (fig. W et X) un *arbre de relevage* H, manœuvré au moyen d'un *levier de changement de marche* I, permet de soulever ou d'abaisser la coulisse tout entière. La tige du tiroir portant le coulisseau est alors guidée en K.

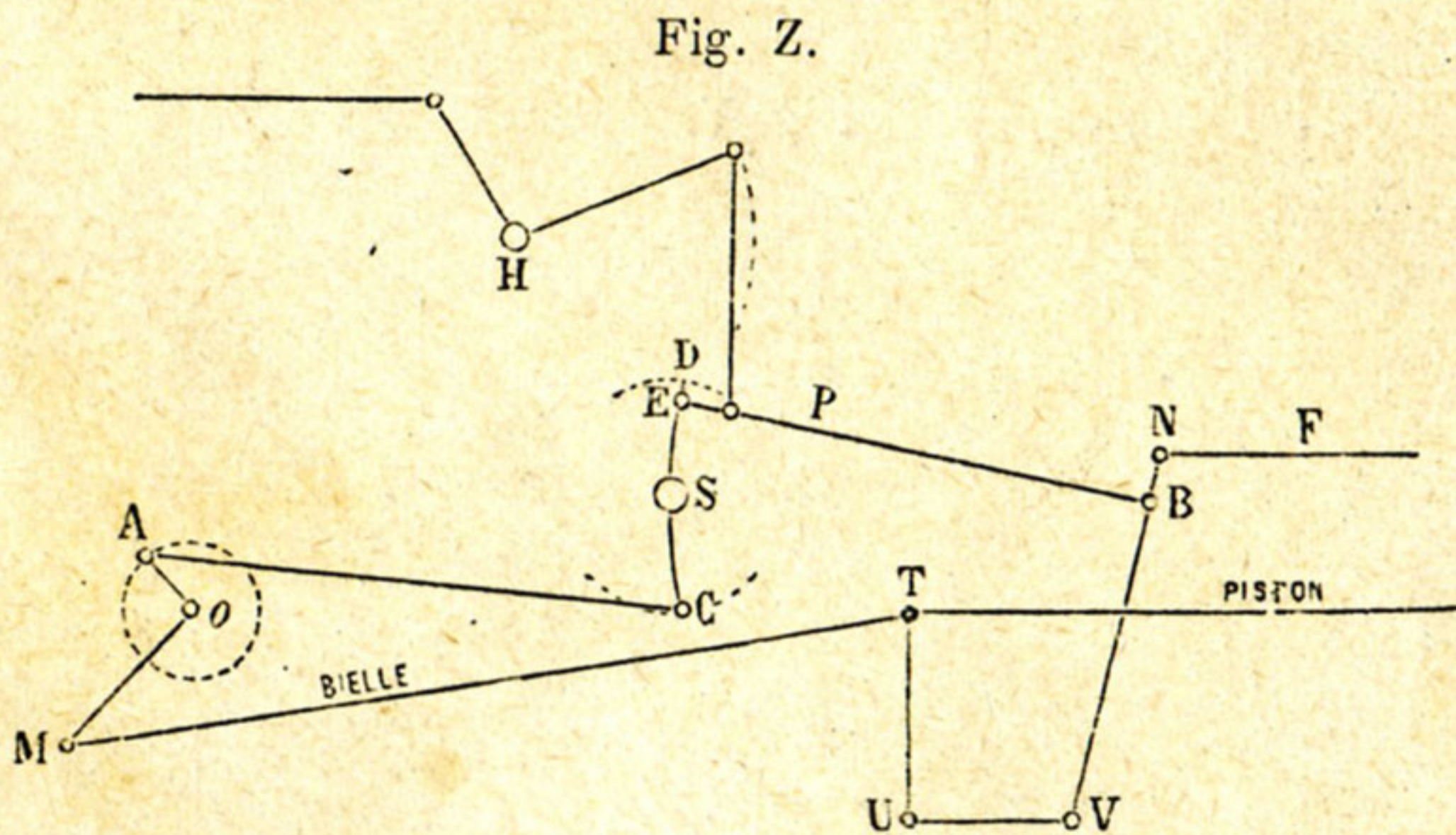
C'est la disposition de la *coulisse de Stephenson*, qui a la forme d'un arc de cercle dont le centre est du côté de l'arbre.

D'autres fois (fig. Y), la coulisse oscille autour d'un point fixe Q auquel elle est reliée par une *bielle de suspension*, et le relevage agit sur une bielle F portant le coulisseau E et articulée en R, à la tige du tiroir.

C'est la disposition de la *coulisse de Gooch*. Dans ce cas, la coulisse a la forme d'un arc de cercle dont le centre se trouve vers le tiroir. C'est donc la coulisse de Stephenson *renversée*. On la nomme aussi *coulisse fixe*.

On peut donc toujours déplacer le coulisseau d'un bout à l'autre de la coulisse, c'est-à-dire lui faire prendre des mouvements en sens inverse. Lorsqu'il est au milieu, si les excentriques n'avaient pas d'*avance* au calage, le coulisseau n'aurait aucun mouvement.

C'est ce qui arrive dans la *distribution Waelschaerts*, où l'on n'a plus qu'un seul excentrique A (fig. Z) calé sans avance,



c'est-à-dire à angle droit avec la manivelle M, et attaquant l'extrémité C de la coulisse.

Celle-ci oscillant autour de son centre fixe S aura évidemment un mouvement inverse à son extrémité D et l'on pourra par

conséquent, en relevant la bielle P du tiroir, renverser le mouvement de la machine.

L'avance est ici donnée par le piston lui-même dont la crosse T porte une pièce fixe TU reliée par une petite bielle UV au levier d'avance VBN.

Le point V se meut comme le piston, le point B comme le coulisseau, et le point N commande la tige du tiroir F.

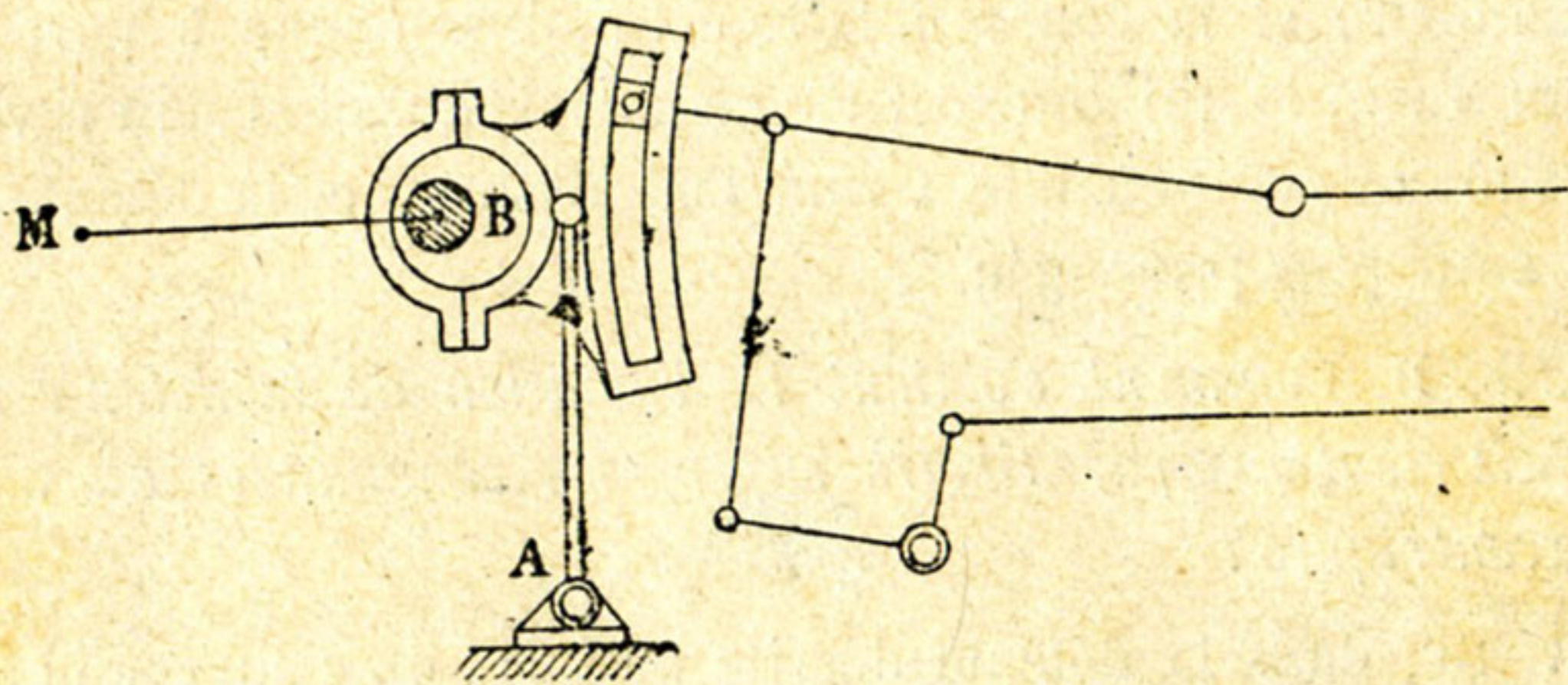
Si le coulisseau était au point mort S, le point B serait fixe et le point N décrirait une course égale à celle du piston réduite dans le rapport des leviers BN et BV. Cette course doit être égale à deux fois le recouvrement plus deux fois l'avance.

L'avance dans cette distribution étant indépendante de la coulisse, sera constante pour toutes les positions du coulisseau et du levier de changement de marche.

C'est à quoi l'on arrive encore dans la coulisse de Gooch (fig. Y) au moyen d'un mécanisme plus compliqué et ce à quoi l'on n'arrive jamais avec la coulisse de Stephenson (fig. W, X) où la courbure de celle-ci modifie l'avance lorsqu'on change la position du coulisseau.

L'avance est également constante dans la coulisse de *Pius Finck* (fig. ZZ) qui est remarquable par la simplicité de sa construction. Ce mécanisme ne comprend qu'un seul excentrique.

Fig. ZZ.



La coulisse est venue de fonte avec le collier de l'excentrique, calé à l'opposé de la manivelle. Elle oscille autour d'un point fixe A auquel elle est reliée par une bielle de suspension A B. Le relevage agit comme dans la coulisse de Gooch.

Dans les machines tournant toujours dans le même sens, on emploie quelquefois la coulisse de Pius Finck uniquement comme mécanisme de détente variable. Il n'y a alors que la demi-coulisse qui correspond au sens de rotation de la machine.

24. D. *Comment obtient-on la détente par les coulisses?*

R. Dans les quatre cas que nous venons d'examiner, la course du tiroir est pour la position milieu du coulisseau (ou lorsque le levier est au point mort), égale à deux fois l'avance plus deux fois le recouvrement : elle augmente donc depuis ce point jusqu'aux extrémités de la coulisse, où elle est généralement assez grande pour découvrir complètement les lumières.

Ainsi, lorsqu'on déplace le coulisseau en agissant sur le levier de changement de marche de façon à le rapprocher du point mort, on diminue simplement la course du tiroir. Cette diminution de course suffit, comme nous allons le voir, pour augmenter la détente.

On sait que le piston étant à fond de course, la lumière du même côté est ouverte d'une quantité égale à l'avance.

A mesure que le piston recule, la glissière marche dans le même sens, ouvre plus ou moins la lumière, puis revient sur elle-même et la referme avant que le piston soit au bout de sa course, ce qui limite l'admission et laisse achever la course par l'expansion.

Eh bien, si la course à faire est moins longue à partir du point d'avance qui doit rester constant, la glissière sera revenue plus tôt au point où elle ferme l'admission, et la détente sera par suite plus prolongée.

25. D. *Comment s'obtient la variation de la détente dans les distributions par tiroirs superposés commandés au moyen d'excentriques?*

R. Si, dans la détente décrite au § 24, on compose le tiroir de détente de deux pièces que l'on peut écarter ou rapprocher l'une de l'autre, dans le sens du mouvement des tiroirs, on disposera d'un moyen d'allonger ou de raccourcir le tiroir d'expansion.

Si l'on allonge ce tiroir, il fermera plus tôt les lumières du

tiroir de distribution et la détente sera augmentée. En le raccourcissant, on obtiendra l'effet inverse.

Dans le *système Meyer*, l'allongement et le raccourcissement du tiroir s'obtiennent au moyen d'une vis qui présente deux systèmes de filetage, c'est-à-dire un *pas à droite* et un *pas à gauche*.

Chacune des parties filetées commande un écrou fixé à chacune des deux parties du tiroir d'expansion.

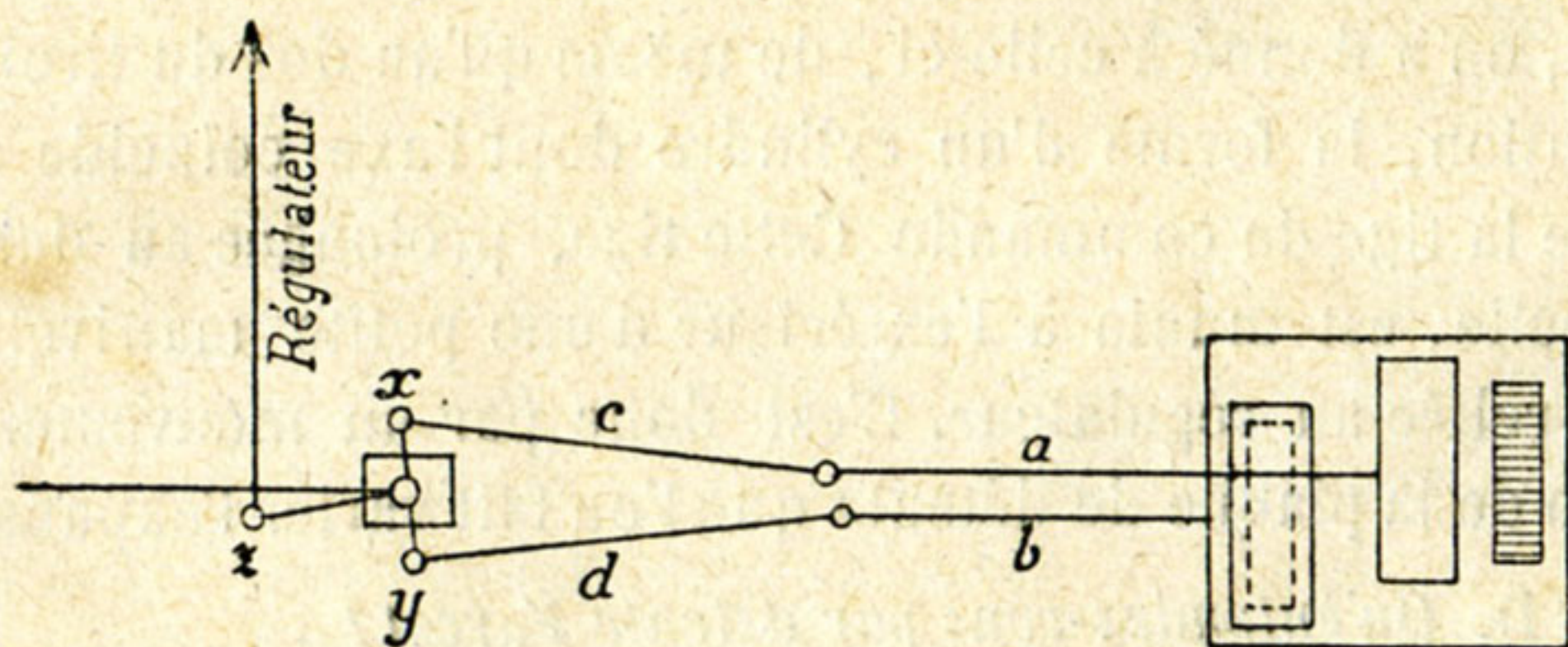
En tournant la vis dans un sens ou dans l'autre, le tiroir s'allongera ou se raccourcira.

Pour la facilité et la simplicité de la construction, c'est la tige même qui commande le tiroir, qui est filetée; cette tige passe au travers de la chapelle par la boîte à bourrage.

En agissant donc sur cette tige, en la faisant tourner dans un sens ou dans l'autre, on peut, pendant la marche de la machine, sans rien démonter ni arrêter, faire varier les dimensions du tiroir supérieur et obtenir ainsi différents degrés de détente.

Dans le *système Racher* ou *Maroquin*, les deux moitiés du tiroir de détente sont commandées, chacune, par une tige distincte (fig. 5). Ces tiges *a* et *b* sont réunies par de petites

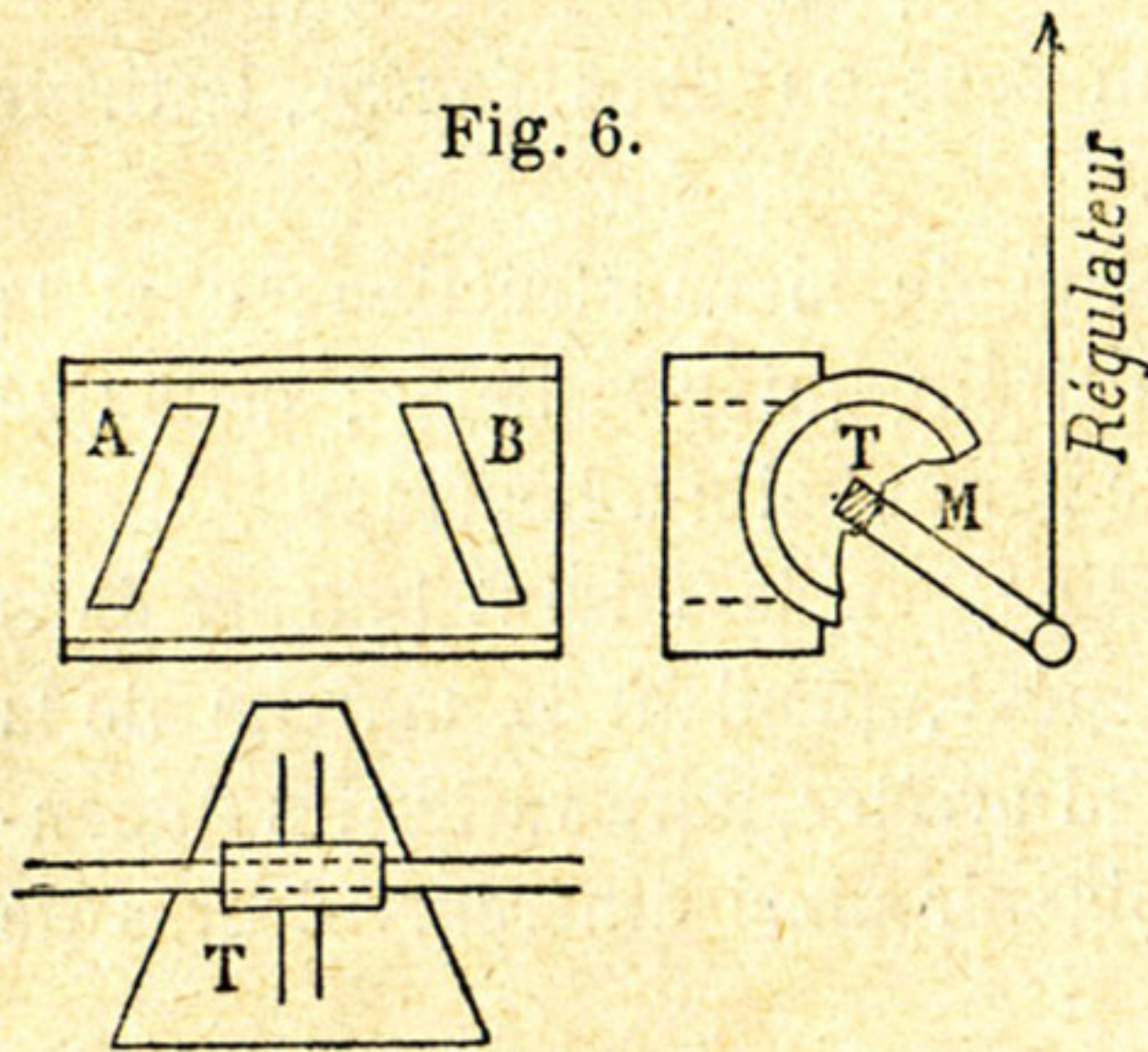
Fig. 5.



bielles *c* et *d* à un levier à trois branches *x*, *y*, *z*, lequel peut osciller autour d'un pivot fixé à un glisseau en fonte, qui est commandé par la barre de l'excentrique de détente et guidé en ligne droite. Deux des branches du levier sont articulées aux petites bielles *c* et *d*; la troisième branche est reliée au manchon du régulateur ou au levier qui commande les changements de détente. En inclinant cette dernière branche dans un sens ou

dans l'autre, on rapproche ou l'on écarte les deux moitiés du tiroir l'une de l'autre.

Le système *Rider* ne comporte qu'une plaque de détente et il présente cette particularité que les canaux de passage qui traversent l'épaisseur du tiroir de distribution apparaissent sur le dos de ce dernier sous forme de deux lumières A et B inclinées l'une vers l'autre (fig. 6). La plaque de détente T a également



deux de ses côtés inclinés de la même manière. Ces côtés ont une longueur plus grande que celle des lumières : si l'on suppose que la plaque de détente, outre le mouvement de va et vient qu'elle reçoit de l'excentrique d'expansion, puisse être déplacée perpendiculairement à la di-

rection de la tige qui l'attaque, elle jouera le même rôle qu'un tiroir de détente de longueur variable, c'est-à-dire qu'elle fermera plus ou moins tôt les canaux de passage.

Pour obtenir simplement le mouvement transversal de la plaque, on a donné à celle-ci, de même qu'au dos du tiroir de distribution, la forme d'un cylindre dont l'axe coïncide avec celui de la tige de commande. Cette tige, prolongée au delà de la chapelle, est munie à l'extérieur d'une petite manivelle M qui est reliée au régulateur. C'est donc par un mouvement de rotation de la plaque de détente que l'on fait varier l'expansion.

26. D. Qu'entendez-vous par détente Farcot ?

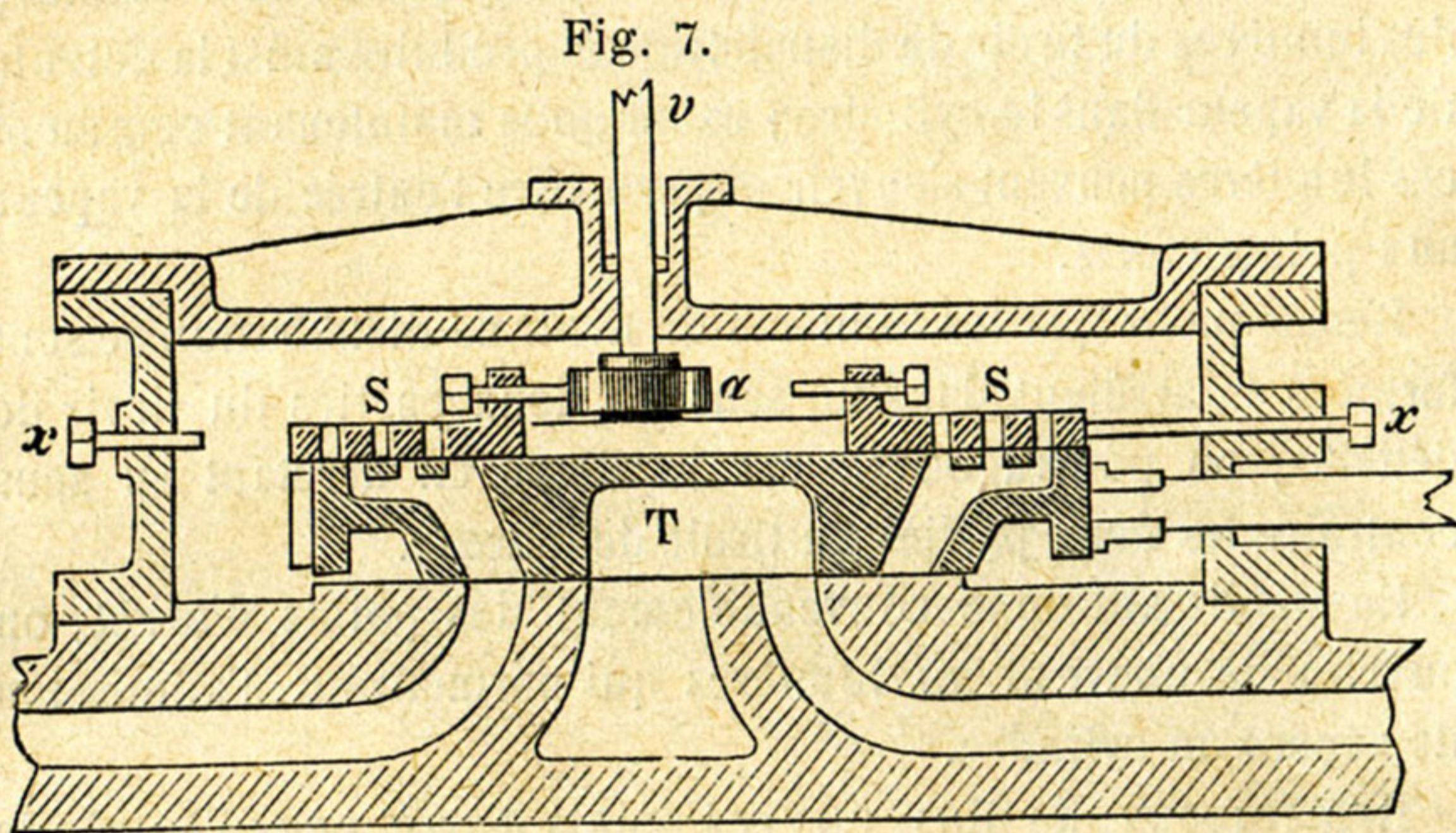
R. La détente dans le système Farcot est produite par deux tiroirs superposés (fig. 7).

Le tiroir de distribution T est commandé par un excentrique ; il est pourvu de lumières comme celui de l'expansion Meyer.

Le tiroir d'expansion est aussi en deux parties S, S, mais ces deux parties ne sont pas reliées entre elles ; elles sont libres.

De plus, elles ne sont pas activées par un excentrique et leur mouvement se produit simplement par entraînement. Je m'explique :

Les deux parties du tiroir d'expansion sont en contact avec le tiroir de distribution; la pression de la vapeur ou l'action de ressorts, détermine une adhérence des deux tiroirs, adhérence qui suffit pour que le tiroir de distribution entraîne avec lui dans son mouvement les deux parties du tiroir de détente. Cela posé, expliquons comment les deux parties du tiroir de détente, qui sont libres, peuvent fermer en un point donné les lumières du tiroir de distribution.



Pour obtenir ce résultat, il suffit d'arrêter au moment convenable la marche des tiroirs d'expansion. En effet, le tiroir de distribution, continuant sa course, viendra nécessairement fermer ses lumières en les masquant sous les parties pleines du tiroir de détente. A ce moment, la vapeur n'entrant plus dans le cylindre, l'expansion commencera.

En variant la position du point d'arrêt, on comprend qu'on variera le degré d'expansion.

Fig. 8. Pour arriver à varier la position du point d'arrêt, pendant la marche de la machine, on a imaginé de placer une came *a* (fig. 8) entre les deux tiroirs d'expansion *s, s* (fig. 7); si l'on incline plus ou moins fortement la came, elle arrêtera plus ou moins vite les deux parties du tiroir d'expansion.



Cette came est fixée sur une tige *v* qui traverse une

boîte à bourrage venue de fonte avec le couvercle de la chapelle. En manœuvrant la tige, on varie les positions de la came et on modifie le degré de détente pendant la marche de la machine. En général, le régulateur agit sur la tige v au lieu de commander une valve; cette disposition a l'avantage de donner toujours à la machine la plus grande détente possible, eu égard au travail qu'elle doit effectuer.

Des vis taraudées dans les douilles fixées aux deux parties des tiroirs d'expansion, servent à régler convenablement la détente des deux côtés du piston.

Nous avons vu comment on pouvait produire la fermeture des lumières du tiroir de distribution et produire ainsi la détente de la vapeur dans le cylindre; examinons maintenant comment ces lumières peuvent s'ouvrir et permettre l'entrée de la vapeur aux points morts.

Remarquons que les lumières du tiroir de distribution se sont fermées en arrêtant dans un sens les deux parties du tiroir de détente; on pourra ouvrir ces lumières en arrêtant en sens contraire les deux parties du tiroir de détente.

En établissant donc convenablement des points d'arrêt, on ouvrira de nouveau les lumières qui permettront l'admission de vapeur au cylindre.

Remarquons, de plus, que ces points d'arrêt pour l'entrée de la vapeur au cylindre, ne doivent pas être mobiles. Cette entrée de vapeur doit toujours se produire au même moment, c'est-à-dire au commencement de chaque pulsation du piston. Nous en concluons donc que les points d'arrêt, qui doivent provoquer l'ouverture des lumières du tiroir de distribution au commencement de chaque course du piston, doivent être des points fixes et non variables comme ceux qui déterminent les différents degrés d'expansion.

Ces points d'arrêt sont représentés dans la figure 7 par les vis x taraudées dans les parois de la chapelle. Ces vis pourraient être taraudées dans des douilles fixées à l'intérieur de la chapelle. On observera que les lumières du tiroir de distribution se bifurquent en trois branches et forment chacune trois ouvertures correspondantes à trois ouvertures pratiquées dans les

deux parties du tiroir d'expansion. Cette disposition a pour but d'ouvrir et de fermer plus rapidement les lumières du tiroir de distribution.

Les lumières s'ouvrent plus vite, attendu qu'on ouvre trois lumières à la fois et, pour un déplacement d'un millimètre du tiroir de distribution, on a trois ouvertures d'un millimètre ou, en somme, trois millimètres découverts. Les lumières se ferment aussi plus vite, parce que, chaque petite lumière ayant le tiers de la largeur de la lumière correspondante à celle du cylindre, il faudra un petit déplacement du tiroir de distribution pour amener la fermeture de chacune des petites lumières.

Plus les lumières seront petites et en grand nombre, plus leur fermeture pourra être opérée rapidement.

27. D. *De quelle manière peut-on faire varier la détente dans les distributions par cames ?*

R. On a vu (N° 22) que les cames servent à commander les soupapes. Si, au lieu de donner aux cames qui actionnent les soupapes d'admission la même forme sur toute leur longueur, on fait varier insensiblement leur section, de telle manière que le tracé, à l'une des extrémités, correspondant à l'admission la plus prolongée, le tracé à l'extrémité opposée donne lieu à l'admission la plus courte, on pourra, en faisant glisser la came sur l'arbre qui la porte, obtenir tous les degrés intermédiaires de détente possibles. Dans ce but, le manchon à bosses peut se déplacer sur une cale vissée sur l'arbre. Tout en participant au mouvement de rotation de cet arbre, il peut donc glisser parallèlement à celui-ci sous l'action d'un levier manœuvrable à la main ou d'un régulateur.

✕ **28.** D. *En quoi consiste la détente par déclic ?*

R. Supposons qu'un distributeur quelconque, tiroir, soupape ou robinet soit déplacé par un mécanisme de façon à permettre l'entrée de la vapeur dans le cylindre. Si, à un moment donné, ce distributeur est séparé de la pièce qui avait déterminé son mouvement, il reviendra à sa position première et supprimera ainsi l'admission de vapeur, à la condition d'être sollicité dans ce sens par un ressort ou par un poids. Si, enfin, l'instant

auquel a lieu la séparation du distributeur et de l'organe d'attaque peut être modifié par l'action du régulateur, l'expansion sera variable et la variation sera automatique.

Il existe de nombreux systèmes de distribution réalisant ces conditions de fonctionnement.

Quand on emploie des soupapes comme distributeurs pour l'admission, le jeu du mécanisme revient en principe à ceci :

La pièce d'attaque décrit, pendant la durée d'une révolution, une courbe ovale. Vers le milieu de sa course descendante, elle vient appuyer sur un levier ou sur une tringle qui soulève la soupape. Mais en continuant à descendre, elle se retire peu à peu, à cause de la forme de la courbe qu'elle décrit, et il arrive un moment où elle cesse de s'appuyer sur l'organe par l'intermédiaire duquel elle actionne la soupape. Celle-ci est alors abandonnée et elle retombe sur ses sièges.

On comprend que, en rapprochant ou en éloignant l'une de l'autre la pièce d'attaque et la pièce commandée, on peut modifier la durée du contact et, par conséquent, la durée de l'admission. C'est au régulateur qu'incombe cette mission. Dans certains systèmes de distribution, c'est sur la pièce d'attaque qu'il agit; dans d'autres, au contraire, c'est la pièce commandée qu'il rapproche ou qu'il éloigne de la précédente.

En tout cas, le contact des deux pièces cesse nécessairement quand la pièce d'attaque, parvenue au point le plus bas de son parcours, commence son ascension. La durée du contact, et conséquemment de l'admission, est donc limitée à la moitié environ de la course du piston. On ne peut obtenir une admission plus prolongée avec les distributions de ce genre.

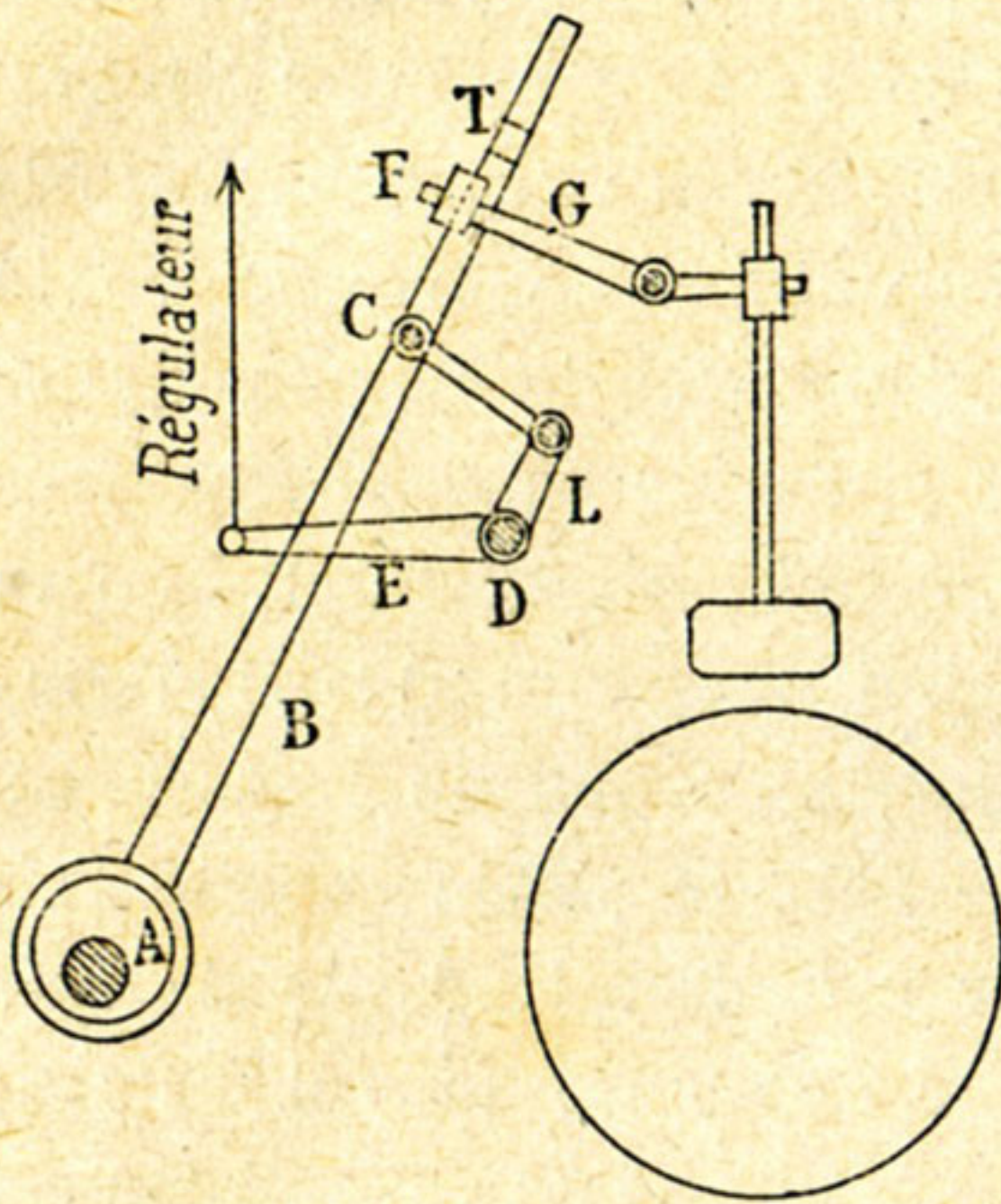
29. D. *Donnez un exemple de distribution à dé clic et à soupapes ?*

Nous citerons, parmi les systèmes les plus simples, la distribution Waelschaerts (fig. 9).

La pièce fondamentale du mouvement de la distribution est un arbre A parallèle à l'axe de la machine, lequel reçoit un mouvement circulaire continu de l'arbre principal par l'intermédiaire d'une paire de roues d'angle. L'arbre A fait, par minute, le même nombre de tours que la machine.

Sur cet arbre, en face de chacune des soupapes d'admission, se trouve calée une poulie excentrique.

Fig. 9.



La barre B, reliée au collier d'une manière invariable, l'est de plus, par une tringle articulée au point C, à un levier L calé sur un arbre D qui est en relation, par un autre levier E, avec le manchon du régulateur.

Le talon T, fixé à la barre d'excentrique, décrit dans ces conditions l'ovale dont nous avons parlé au N° précédent.

En s'appuyant sur la pièce F fixée au levier G, il soulève la

soupape et la maintient levée pendant toute la durée du contact des pièces T et F.

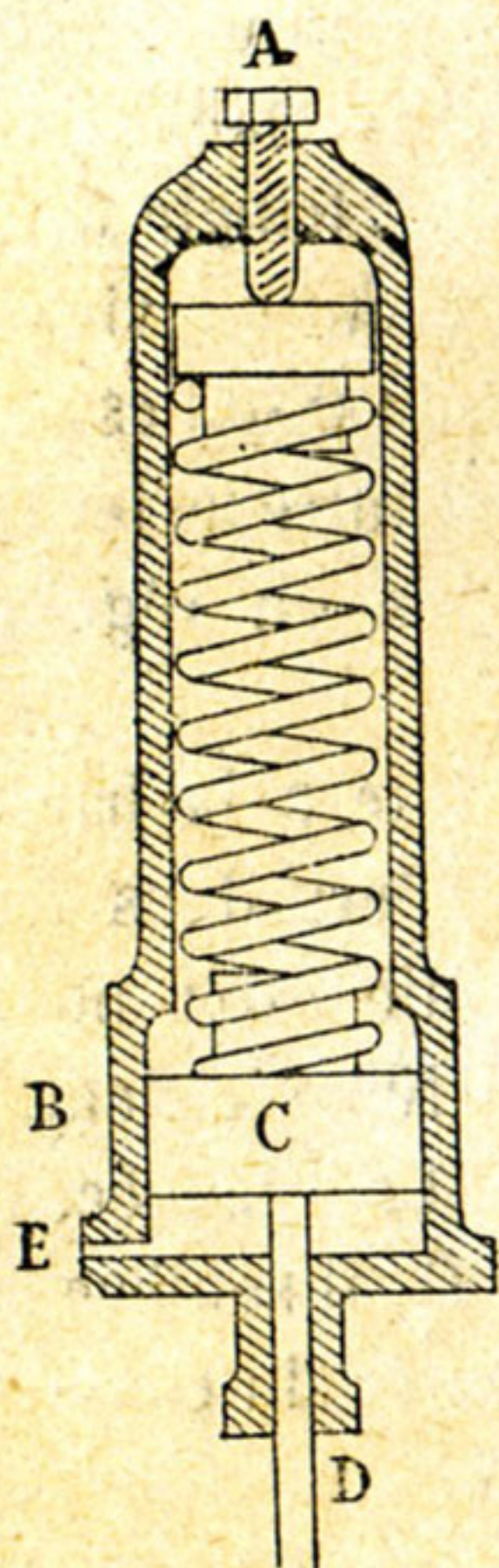
Le régulateur, en rapprochant ou en éloignant le talon T de la pièce F, modifie la durée de ce contact et fait ainsi varier la détente.

30. D. *Quels sont les dispositifs les plus convenables pour ramener une soupape sur ses sièges ?*

R. Dans les grandes machines à marche lente, la chute de la cloche de la soupape est déterminée par le poids même de la pièce, augmenté au besoin d'une charge additionnelle.

Dans les machines à marche plus rapide, on préfère ramener la soupape sur ses sièges par l'action d'un ressort à boudin logé dans une boîte, dont le couvercle est traversé par une vis de pression A, qui permet de régler la tension du ressort (fig. 10). Le ressort agit d'une manière plus rationnelle que le poids additionnel, en ce sens que l'effort qu'il exerce est le plus grand au moment du départ, c'est-à-dire au moment où la résistance provenant du frottement est la plus considérable. Au moyen de la vis de pression, le mécanicien doit régler la tension du ressort de telle façon que jamais la cloche de la soupape ne puisse rester suspendue.

A la fin de la course, il faut amortir le choc que produirait la chute de la cloche sur ses sièges. Dans ce but, on termine la boîte qui contient le ressort à boudin, par un petit cylindre B, à la partie inférieure. Dans ce cylindre, qui est fermé en-dessous, se meut un piston C ajusté à frottement doux et fixé à la tige prolongée de la soupape. La partie du cylindre qui se trouve sous ce piston ne communique avec l'extérieur que par un petit conduit E dont un robinet peut régler l'ouverture. Quand la soupape, abandonnée à l'action du ressort, est projetée vers le bas, le piston expulse l'air que contient le cylindre. La sortie de l'air donne lieu à une résistance qui est d'autant plus grande que la vitesse du petit piston est plus grande et que l'ouverture du robinet est plus petite. Au moyen de ce dispositif, qui constitue une *cataracte à air*, on peut arriver à annuler presque complètement le choc que tend à produire la chute de la cloche sur ses sièges.



à annuler presque complètement le choc que tend à produire la chute de la cloche sur ses sièges.

31. D. *Convient-il de faire fonctionner une machine à vapeur à une pression plus basse que celle pour laquelle elle a été construite, ou bien faut-il tâcher de la faire fonctionner à la pression voulue ?*

R. Il est préférable de la faire fonctionner à la plus haute pression voulue, parce qu'alors on pourra donner à la machine le degré de détente prévu ou faire appliquer un mouvement d'expansion, s'il n'existait pas à la machine.

32. D. *Au point de vue de la sécurité, n'est-il pas préférable de rester en dessous de la pression à laquelle la machine doit fonctionner ?*

R. Toutes les pièces d'une machine à vapeur ont été calculées pour résister à la pression déterminée : il n'y a donc pas lieu de les faire fonctionner sous une pression plus faible, à moins qu'on n'ait des motifs sérieux pour croire que les organes ne résisteraient pas.

MISE EN MARCHE DES MACHINES A VAPEUR.

33. D. *Quelles sont les précautions à prendre dans la mise en train des machines à pleine pression ?*

Machines
à pleine
pression.

R. *a.* Si le cylindre de la machine est vertical ou incliné, il faut, avant la mise en train, placer, si possible, le piston dans une position telle que la vapeur arrive d'abord en dessous du piston.

Si le cylindre est horizontal, la position du piston est indifférente.

b. Ouvrir tous les robinets purgeurs.

c. Graisser toutes les surfaces frottantes.

d. Ouvrir lentement la prise de vapeur sur les chaudières, puis le modérateur de la machine, de telle manière que la vapeur ne puisse mettre la machine en marche.

Les robinets purgeurs dégageront de l'eau mélangée de vapeur ; la machine restera dans cet état aussi longtemps que les robinets purgeurs donneront de l'eau. Aussitôt que la vapeur sèche sortira par les robinets, on donnera doucement plus de vapeur au cylindre et on produira un mouvement lent de la machine ; on activera petit à petit ce mouvement, jusqu'à ce que la machine ait acquis sa vitesse normale ; on fermera les robinets purgeurs.

34. D. *Pourquoi dans les machines où les cylindres sont verticaux ou inclinés fait-on arriver d'abord la vapeur en dessous des pistons ?*

R. Parce que, si l'on faisait arriver la vapeur au-dessus des pistons, elle y entraînerait toutes les eaux de condensation qui se trouvent dans la chapelle, dans les tuyaux ; ces eaux ne pourraient pas s'écouler complètement, même s'il y avait un robinet purgeur au couvercle supérieur du cylindre. Tandis qu'en faisant arriver d'abord la vapeur en dessous du piston, elle amène toutes les eaux de condensation dans le bas du cylindre, partie qui se trouve en communication avec un robinet purgeur qui permet l'évacuation complète des eaux.

35. D. *Expliquez pourquoi la position du piston est indifférente dans les machines horizontales à pleine pression, lors des mises en train ?*

R. A cause de la position horizontale du cylindre, il est indifférent de purger les eaux condensées par l'une ou l'autre des extrémités du cylindre; ces deux extrémités sont munies de robinets purgeurs ou bien les eaux s'écoulent d'elles-mêmes par les conduits d'échappement, si ces derniers se trouvent en-dessous du cylindre. Si cependant on avait oublié de placer un des robinets purgeurs et que le drainage ne pût s'opérer automatiquement, il ne faudrait faire arriver la vapeur que du côté où se trouve le robinet purgeur.

36. D. *Mais si l'on ne faisait pas écouler les eaux de condensation, et qu'elles arriveraient au cylindre pendant la marche de la machine, y aurait-il un grand mal ?*

R. L'eau n'est presque pas compressible; de plus, il faut un certain temps pour faire passer de l'eau à une certaine vitesse par des orifices rétrécis : cela posé, s'il arrivait de l'eau dans le cylindre, pendant la marche de la machine, elle se trouverait entre le piston et un couvercle du cylindre et elle y ferait, grâce à ses propriétés sus énoncées, le même effet qu'un corps dur qui occuperait sa position; c'est-à-dire qu'elle entraverait la course du piston et entraînerait des chocs, souvent assez violents pour déterminer la rupture de plusieurs pièces de la machine.

Le choc sera d'autant plus grand que la vitesse de la machine sera plus grande et que l'eau sera en plus grande abondance dans le cylindre. S'il y a peu d'eau, ou si la machine marche lentement, la rupture des pièces n'a pas lieu, mais il se manifeste presque toujours des chocs qui sont préjudiciables à la machine, quelque petits qu'ils soient.

Si donc on veut éviter des chocs et prévenir des accidents graves, il faut parfaitement purger, avant la marche de la machine, toutes les eaux condensées qui se trouvent dans les tuyaux, la chapelle, le cylindre, enfin dans tous les espaces destinés à recevoir la vapeur. Dans bien des cas, on doit purger les eaux pendant la marche de la machine.

37. D. *Dans quel but ouvre-t-on peu à peu la prise de vapeur sur les chaudières, ainsi que le modérateur à la machine ?*

R. Parce que, si l'on ouvrait rapidement la prise de vapeur sur les chaudières, la vapeur circulerait très vite dans les tuyaux, et ces derniers, échauffés trop brusquement, pourraient se briser; parce qu'une trop grande ouverture donnée instantanément à cette prise de vapeur, pourrait déterminer l'explosion de la chaudière.

On ouvre lentement aussi le modérateur de la machine, pour échauffer doucement le cylindre et permettre l'évacuation de toutes les eaux de condensation avant la marche de l'appareil.

38. D. *Pourquoi faut-il, à la mise en train, et lorsqu'on croit être assuré que toute l'eau de condensation est évacuée, pourquoi faut-il encore produire un mouvement lent de la machine ?*

R. a. Afin que le cylindre puisse s'échauffer lentement sur toute sa longueur, ainsi que les deux couvercles.

b. Afin de permettre à l'eau qui pourrait se trouver au-dessus du piston dans les machines verticales de passer à la décharge sans amener de chocs violents.

c. Afin aussi de s'assurer, avant la marche régulière, qu'il ne manque rien à la machine, ou qu'il n'y a pas un corps étranger qui s'oppose à son mouvement.

39. D. *La mise en train des machines à un cylindre, à expansion, diffère-t-elle essentiellement de celle des machines à pleine pression ?*

Machine
à détente à
un cylindre.

R. Non. Seulement si la machine est à expansion fixe, il faut avoir soin de placer les pistons très près des couvercles, parce que si les pistons avaient déjà parcouru un trop long espace, les lumières d'admission de vapeur aux cylindres pourraient être fermées, et la vapeur ne serait pas admise dans les cylindres. Dans cette position des pistons, les cylindres ne s'échauffent que sur une très petite étendue; il faudra, pour remédier à cet inconvénient, déterminer quelques révolutions de la machine en agissant sur le volant, puis seulement alors admettre assez de vapeur par le modérateur pour permettre à la machine un mouvement lent, sans agir sur le volant. Lorsque tout sera bien échauffé, qu'il ne sortira des robinets purgeurs

que de la vapeur sèche et qu'on sera assuré qu'il ne manque rien à la machine, on admettra petit à petit la vapeur nécessaire à la marche normale.

Dans les machines à expansion variable par le régulateur, il suffit d'ouvrir progressivement le modérateur. Le régulateur diminue automatiquement l'admission de vapeur à mesure que l'ouverture du modérateur, en augmentant, permet à la vapeur d'entrer dans le cylindre avec une pression plus élevée.

Toutefois, si les distributeurs sont des soupapes commandées par un mécanisme à dé clic qui ne permet pas une admission supérieure à 45 ou 50 % et si, au moment de la mise en train, le piston occupe une position pour laquelle le conduit d'admission est fermé, le machiniste devra soulever à la main ou en s'aidant au besoin d'un levier, la soupape d'admission destinée à donner accès à la vapeur du côté du piston où la pression de la vapeur doit s'exercer d'abord. Cette manœuvre sera généralement plus commode que celle qui consiste à amener, en agissant sur le volant, le piston dans une position pour laquelle la vapeur peut avoir accès au cylindre par le jeu normal de la distribution.

Machine
Compound.

10. D. *Comment s'opère la mise en train des machines à deux cylindres ?*

R. Il est à conseiller, si la disposition de la machine le permet, d'établir d'abord, dans l'espace intermédiaire qui fait communiquer le petit cylindre avec la chapelle du grand, une pression suffisante en déterminant une introduction directe de vapeur. Celle-ci peut s'obtenir, comme on l'a expliqué au N° 7, au moyen d'un petit distributeur spécial.

Si l'introduction directe de la vapeur dans le réservoir intermédiaire était impossible, il pourrait être nécessaire de suppléer à l'insuffisance de l'effort moteur initial, en agissant sur le volant pendant la première course des pistons.

Mise
en marche
de la
condensation.

11. D. *Comment s'opère la mise en train des machines à condensation ?*

R. Ces machines peuvent être horizontales ou verticales, à pleine pression ou à détente. Dans ces différents cas, on pro-

cédera comme il a été indiqué précédemment. On aura en plus à opérer la mise en marche de la condensation.

Dans les cas ordinaires, et lorsque la machine commence à se mouvoir sous l'action de la vapeur, on ouvre légèrement le robinet d'injection du condenseur; on augmente cette ouverture proportionnellement à la quantité de vapeur qu'on admet au cylindre.

Lorsque la condensation fonctionne bien, l'eau chaude sort de la pompe à air, le condenseur ne s'échauffe pas, l'indicateur du vide indique une dépression suffisante. On devra fermer les purgeurs avant la mise en marche afin de ne pas introduire de l'air dans le condenseur.

Les défauts les plus communs rencontrés dans les condenseurs, sont des rentrées d'air par les joints et les bourrages.

42. D. *La mise en train de la condensation se fait elle toujours sans difficulté et ne doit on pas avoir recours à des moyens artificiels pour en assurer le bon fonctionnement?*

R. En faisant tourner la machine par une action sur le volant, en admettant peu de vapeur au cylindre pendant les premières révolutions de la machine, le condenseur et la pompe à air se trouvent dans des proportions exagérées et par suite très favorables pour obtenir une mise en marche sans inconvénient; cependant, si les appareils condenseurs étaient défectueux, ou si l'on devait admettre de suite beaucoup de vapeur au cylindre (ce cas se présente dans les machines qui sont toujours chargées, telles que les machines d'épuisement), il arriverait que la condensation pourrait ne pas fonctionner à la mise en train.

Dans ces cas, il faudrait produire le vide dans le condenseur, par un moyen artificiel.

Ce moyen consiste à échauffer le condenseur, un peu avant la mise en train, au moyen d'un jet de vapeur amené par un tuyau disposé à cet effet. L'air contenu dans le condenseur se dilate, il soulève les soupapes de la pompe à air et se dégage dans l'atmosphère. On refroidit le condenseur en l'aspergeant d'eau; alors un vide plus ou moins parfait se produit dans le condenseur, et facilite sa mise en train.

Si la disposition de la machine ne permet pas d'échauffer le

condenseur par un tuyau spécial, le condenseur s'échauffera par la vapeur de décharge du cylindre, alors on arrêtera la machine, on projettera de l'eau sur le condenseur et la pompe à air; après refroidissement, on mettra en train et, à moins d'un vice sérieux, la condensation fonctionnera.

De
l'enveloppe
de vapeur.

43. D. *Que faut-il entendre par enveloppe ou chemise de vapeur ?*

Dans beaucoup de machines, le cylindre proprement dit est entouré d'une seconde paroi écartée partout de la première de 2,5 à 4 centimètres. L'espace annulaire compris entre les deux parois est constamment rempli de vapeur. Dans certaines machines, le tuyau d'amenée de vapeur est branché sur le cylindre extérieur et toute la vapeur destinée à agir sur le piston circule d'abord dans cet espace. Dans d'autres machines, la vapeur destinée à alimenter le cylindre se rend directement dans la chapelle ou boîte de distribution, et l'enveloppe est chauffée au moyen de vapeur fournie par un petit tuyau spécial en cuivre partant de la conduite principale.

Si l'on veut que l'enveloppe soit efficace, il faut qu'elle soit complète, c'est-à-dire que le fond et le couvercle soient creux et chauffés également. Ils le sont au moyen de petits tuyaux spéciaux.

Quel que soit d'ailleurs le mode employé pour alimenter l'enveloppe, il faut veiller à ce que celle-ci ne renferme jamais que de la vapeur. Dans ce but, des tuyaux de drainage établis aux points les plus bas de l'enveloppe annulaire, du couvercle et du fond, permettront de faire écouler les eaux formées par la condensation de la vapeur.

CONDITIONS DANS LESQUELLES DOIVENT SE TROUVER LES PRINCIPAUX ORGANES DES MACHINES A VAPEUR.

Cylindre
à vapeur.

44. D. *Que doit-on exiger d'un cylindre ?*

R. Il faut qu'il soit parfaitement cylindrique, parfaitement poli à l'intérieur; que la glace ou table des lumières soit aussi parfaitement polie; que les robinets purgeurs soient placés au

cylindre et à la chapelle, de façon à purger toute l'eau contenue dans ces organes, c'est-à-dire le plus bas possible; que le cylindre et la chapelle soient garnis d'une enveloppe composée de matières telles que le plâtre, le feutre, le bois, pour éviter les pertes de chaleur qui se traduisent toujours par une perte en combustible.

45. D. *Si le cylindre n'était pas parfaitement cylindrique, que devrait-on faire ?*

R. Se hâter de le faire aléser, parce que la dépense en combustible brûlé inutilement dépasse bientôt les frais d'alésage.

46. D. *Si le cylindre n'était pas bien poli à l'intérieur, s'il présentait des rainures, des surfaces ternes, que devrait-on en conclure ?*

R. Ces défauts peuvent se présenter :

a. Lorsque les cercles du piston ne joignent pas bien au cylindre ;

b. Lorsque les eaux condensées attaquent la fonte ;

c. Lorsque les cercles du piston sont trop fortement serrés contre les parois du cylindre et ont fait gripper les surfaces ;

d. Lorsque le métal des cercles du piston est trop dur pour la fonte du cylindre ;

e. Lorsqu'un corps dur a pénétré dans le cylindre et a rayé sa surface intérieure.

47. D. *Comment s'assure-t-on que les cercles du piston joignent parfaitement au cylindre ?*

R. On étançonne le volant, de telle façon que la machine ne puisse tourner même sous l'action de la vapeur. Si la machine n'a pas de volant, on emploiera un moyen d'arrêt indiqué par la construction de l'appareil.

Lorsqu'on est assuré de la parfaite fixité de la machine, on introduit doucement la vapeur dans le cylindre, et on enlève le couvercle du cylindre qui se trouve du côté opposé à celui qui reçoit la vapeur.

Si le piston laisse passer de la vapeur, c'est un signe certain que les cercles du piston ne joignent pas parfaitement au cylindre. Il faut alors resserrer les cercles.

Il est bon de faire la vérification en plusieurs positions du

piston, parce que telle position pourrait accuser un bon piston, et telle autre position, un mauvais ; ce cas se présenterait si le cylindre n'était plus parfaitement cylindrique, par suite d'une mauvaise direction donnée à la tige du piston.

Si l'on reconnaissait des variations dans les fuites de vapeur, aux différentes positions du piston, on devrait vérifier les dimensions intérieures du cylindre et ne pas resserrer le piston si ces dimensions n'étaient pas uniformes sur toute sa longueur.

Si le cylindre est reconnu dans de bonnes conditions, on pourra resserrer les cercles, les variations dans les fuites ne provenant que d'un petit mouvement dans les cercles du piston.

Si le cylindre était vicieux, il faudrait remédier au mal par un alésage le plus tôt possible.

48. D. *Comment peut-on constater que les cercles du piston sont trop fortement pressés contre les parois du cylindre ?*

R. Dans ce cas, les cercles et la surface intérieure du cylindre sont grippés sur toute leur étendue, surtout si l'on ne graisse pas l'intérieur du cylindre et si l'on travaille avec de la vapeur sèche.

On remarque aussi que la vitesse de la machine s'accélère dans des limites assez étendues chaque fois qu'on graisse le cylindre. Enfin, l'usure des cercles ou du cylindre, suivant leur dureté, est relativement considérable.

Lorsqu'on travaille avec de la vapeur humide, lorsqu'on graisse souvent les cylindres, lorsque la dureté des cercles du piston est en rapport avec celle de la fonte du cylindre, le grippage ne se produit pas. Les surfaces, au contraire, présentent un poli remarquable.

Les inconvénients d'un piston placé dans ces conditions et trop fortement serré, sont : une grande perte de travail due à un frottement exagéré, un graissage coûteux, une usure rapide du cylindre et des cercles du piston.

On ne devra donc pas être satisfait, à la vue d'un beau cylindre ; on devra se servir des indications du graissage et observer l'usure du cylindre avant de conclure à la perfection du piston.

49. D. *Par quel moyen reconnaîtra-t-on que les surfaces rugueuses observées dans un cylindre proviennent de l'action des eaux corrosives?*

R. Lorsque les parties où les eaux peuvent s'accumuler, sont attaquées, on peut conclure qu'on a à faire à des eaux corrosives. On observe aussi, dans ce cas, que les boulons et la tige du piston sont détériorés. Il n'y a guère de remède contre les eaux corrosives; un palliatif consiste à employer le bronze pour toutes les pièces susceptibles d'être construites avec ce métal.

Les eaux corrosives se rencontrent souvent dans les mines.

50. D. *Si le métal employé pour les cercles du piston était trop dur pour la nature de la fonte du cylindre, comment connaîtrait-on ce défaut et comment pourrait-on y parer?*

R. Dans ce cas, la surface du cylindre est rayée, son diamètre augmente rapidement par l'usure, il faut souvent resserrer les cercles du piston; pour parer au mal, on fait exécuter des cercles en bronze tendre ou en fonte tendre, afin de provoquer l'usure de ces derniers et de maintenir le cylindre en bon état.

51. D. *Un corps dur peut-il s'introduire dans le cylindre?*

R. Oui, ce fait se présente quelquefois, un écrou se détache du piston, une incrustation arrachée d'un tuyau arrive au cylindre entraînée par la vapeur; d'autres fois, par une négligence impardonnable, on oublie un outil dans le cylindre après un montage ou une réparation.

52. D. *Comment s'assure-t-on que la table des lumières est en bon état?* Distributeurs,

R. On dispose le tiroir de distribution de telle façon que les lumières du cylindre soient fermées; on maintient la machine immobile, on enlève les couvercles du cylindre et l'on donne la vapeur progressivement dans la chapelle. Si le tiroir ou la table n'est pas en bon état, on s'en apercevra à la vapeur qui se dégagera par les ouvertures des lumières dans le cylindre.

On pourrait ne pas démonter les couvercles et ouvrir seulement les robinets purgeurs, si les deux extrémités du cylindre en sont pourvues.

Cette vérification sert aussi à constater l'état du tiroir si la machine est à pleine pression, ou l'état des tiroirs ou des soupapes, si la machine est à expansion.

Les vérifications indiquées pour les tiroirs de distribution s'appliquent également aux soupapes de distribution.

53. D. *Dans le cas où la table des lumières, les tiroirs ou les soupapes ne seraient pas en bon état, quel serait le moyen d'y remédier?*

R. Il faudrait alors roder le tiroir sur la table, où les tiroirs l'un sur l'autre dans les cas des expansions à deux tiroirs, ou les soupapes sur leurs sièges dans le cas des distributions par soupapes.

Le rodage se fera à l'émeril le plus fin et l'opération sera continuée jusqu'à ce que, après avoir bien essuyé les parties rodées et avoir tracé quelques lignes de craie sur les surfaces, toute la craie soit enlevée par la seule opération de mouvoir *une seule fois* les pièces rodées sur celles qui leur correspondent.

Si toutes les lignes de craie ne sont pas enlevées après une seule passe, on devra recommencer l'opération. Il faut absolument que la perfection soit atteinte. Dans le cas de fortes détériorations, il faut avoir recours à la lime pour les surfaces planes et au tour pour les soupapes. Le dressage des surfaces planes au grattoir est beaucoup préférable au rodage.

54. D. *Est-il bien important d'éviter toutes espèces de fuites aux pistons, aux tiroirs et aux soupapes de distribution et d'expansion?*

R. Il est du devoir des machinistes de veiller scrupuleusement à ce que les pistons, les tiroirs et les soupapes ne produisent aucune fuite de vapeur, attendu que ces fuites sont continues, et si petites qu'elles soient, elles produisent, à la fin de la journée, une grande quantité de vapeur perdue qui se traduit par une perte de combustible. De plus, par l'action corrosive de la vapeur, les fuites augmentent continuellement et bientôt elles ont grandi au point d'exiger le remplacement des organes défectueux.

Il faut donc remédier au mal dès qu'il se produit.

Cette observation s'appliquera à tous les défauts qui pourraient se manifester dans les organes des machines. Il sera toujours facile de corriger un défaut à sa naissance, et la conduite des machines à vapeur deviendrait bien simple si on ne laissait pas souvent grandir et s'accumuler les défauts, au point de rendre l'appareil si caduc que le machiniste, en présence de tant de réparations à effectuer, se décourage et restreint ses fonctions à la manœuvre du modérateur et au graissage.

55. D. *Doit-on vérifier souvent l'état du piston, du tiroir et des soupapes?*

R. Si la machine est neuve, les vérifications doivent se faire tous les jours. Si la machine a fonctionné depuis quelque temps et que le machiniste soit nouvellement appelé à la conduire, il devra inspecter toutes les pièces de la machine afin de bien connaître l'appareil qu'il va soigner. Lorsque le machiniste connaît sa machine, il peut, si elle est dans de bonnes conditions, espacer assez longuement ses vérifications, mais, dans tous les cas, il ne doit pas dépasser deux mois.

56. D. *Comment doit-on resserrer un piston de machine à vapeur?*

Piston
à vapeur.

R. On distingue principalement deux espèces de pistons :

Dans les uns, les cercles sont pressés contre le cylindre par des ressorts.

Dans les autres, les cercles ont été tournés à un diamètre plus grand que celui du cylindre, puis fendus et ramenés au diamètre du cylindre afin de pouvoir les introduire dans ce dernier.

Ces cercles tendent à s'ouvrir et se pressent d'eux-mêmes contre les parois intérieures du cylindre sans nécessiter l'emploi des ressorts.

Pour resserrer un piston à ressorts, on procède comme suit :

On enlève un couvercle du cylindre, puis le plateau du piston ; on serre très légèrement les écrous des ressorts de façon à bien maintenir le centre du piston au centre du cylindre ou à l'y ramener, s'il s'en était écarté. On replace alors le plateau du piston, on maintient la machine afin qu'elle ne puisse se mettre en mouvement, on fait arriver la vapeur du côté du

cylindre qui a conservé son couvercle et on examine par le côté ouvert du cylindre si le piston laisse passer la vapeur. Si on constatait des fuites, on recommencerait l'opération. En resserrant ainsi progressivement les ressorts du piston et en ayant soin de toujours consulter les indications que fournit la vapeur, on peut arriver à un serrage parfait. Si le piston appartient à la seconde catégorie, c'est-à-dire s'il n'a pas de ressorts, il faut alors enlever les cercles et les ouvrir en frappant l'intérieur avec un léger marteau et en appuyant l'extérieur sur du bois ou un corps tendre.

La surface intérieure des cercles s'étend par le martelage, les cercles s'ouvrent, leur diamètre augmente.

L'ouverture à donner aux cercles varie suivant les diamètres. Pour 0^m,20 de diamètre, on ne devra pas dépasser un millimètre d'ouverture; on pourra augmenter cette ouverture proportionnellement au diamètre.

Le cercle élargi sera remplacé et la vérification du piston se fera comme il a été indiqué pour les pistons à ressorts. Si la première opération n'a pas réussi, on la recommence. En résumé, il faut resserrer les cercles petit à petit, de crainte d'arriver à un trop fort serrage et ne croire à la perfection du piston, que lorsqu'on aura fait l'épreuve par la vapeur.

On ne devra pas donner au piston une fermeture parfaitement hermétique, mais une fermeture telle, qu'il ne laisse passer qu'une vapeur très légère dite morte-vapeur. Dans ces conditions, la petite fuite observée à l'état de repos ne se manifestera pas pendant la marche de la machine.

Bourrages.

57. D. *Quelles sont les conditions d'un bon bourrage ?*

R. Un bon bourrage doit être élastique afin de joindre parfaitement à la tige sur tout son pourtour; il doit être suffisamment serré pour éviter les fuites et ne pas contenir des corps durs qui pourraient rayer les tiges.

58. D. *Quelle est la matière la plus convenable pour les bourrages pour la vapeur ?*

R. C'est le chanvre doux; le caoutchouc se durcit par la chaleur et les huiles le dissolvent. On emploie aussi avec succès des garnitures métalliques.

59. D. *Comment fait-on un bourrage pour la vapeur ?*

R. On nettoie parfaitement la boîte, on y introduit le chanvre en boudins graissés, tournés régulièrement autour de la tige, jusqu'à ce que la boîte soit remplie, puis on place le presse-étoupe, et on serre les boulons jusqu'à ce que le presse-étoupe soit entré de $\frac{1}{5}$ environ dans la boîte à bourrage. On donne ensuite doucement la vapeur et on l'augmente graduellement.

Si le bourrage fuit, on resserre le presse-étoupe jusqu'à absence de fuite.

On procède pour régler un bourrage, comme on procède pour régler un piston, c'est-à-dire que c'est la vapeur qui indique le degré de serrage qu'il convient de donner au bourrage.

Il faut se garder de serrer au hasard, on doit toujours donner la plus faible pression possible pour réduire les frottements.

On graisse le chanvre afin de lui donner plus de souplesse et de permettre aux fibres de glisser les unes sur les autres et d'occuper ainsi plus parfaitement toute la capacité de la boîte.

60. D. *Est-il bien nécessaire de prendre tant de précautions pour serrer un bourrage et le frottement du chanvre sur une tige peut-il être bien grand ?*

D. Il n'est pas de trop petites précautions à prendre dans la conduite d'une machine à vapeur, elles sont toutes utiles et même nécessaires ; elles concourent toutes à préserver une des pièces de la machine et chaque pièce est importante.

D'une manière générale, on ne doit rien négliger pour la bonne marche d'une machine à vapeur et pour le cas qui nous occupe, nous dirons qu'un bourrage trop serré, outre qu'il peut rayer les tiges, détermine un frottement qui peut être considérable.

C'est ainsi qu'un serrage exagéré peut arrêter la marche d'une machine à vapeur, s'il est appliqué au bourrage de la tige du piston à vapeur. On a vu des tiges de tiroirs se briser par suite de bourrage trop serré.

Il est donc très important de placer les bourrages dans les meilleures conditions possible.

61. D. *Comment doit-on procéder pour éviter les trop grands frottements dans les bourrages ?*

R. Il faut renouveler souvent le chanvre et ne pas attendre qu'il soit brûlé et durci.

Il ne faut dans aucun cas recharger un vieux bourrage. Le serrage des écrous doit se faire avec de petites clefs et en suivant les indications de la vapeur. Il faut surtout éviter de serrer inégalement les écrous, car un serrage inégal pourrait occasionner le coincement du chapeau sur la tige.

Bielles.

62. D. *Que doit-on observer relativement aux bielles ?*

R. Bien graisser les deux coussinets et veiller à éviter les échauffements, supprimer les chocs en resserrant les clefs ou les boulons, suivant le cas, si le montage est parfait, remédier au montage s'il est défectueux.

Des
principaux
défauts
de
montage.

63. D. *Quels sont les principaux défauts de montage qui peuvent provoquer l'échauffement des coussinets de la bielle ou des chocs dans les coussinets ?*

R. L'échauffement ou les chocs se produiront :

- a. si l'arbre de la machine n'est pas de niveau ;
- b. si l'arbre n'est pas d'équerre avec l'axe de la machine ;
- c. si le trou de la crosse du piston, qui reçoit le pivot de la bielle n'est pas alésé d'équerre avec le trou qui reçoit la tige du piston et si dans les machines à balancier le pivot de la bielle n'est pas parallèle à l'axe du balancier ;
 - a. si l'arbre de la machine est avancé ou reculé dans le sens de sa longueur ;
 - e. si la tige du piston n'est pas guidée parfaitement suivant l'axe du cylindre ;
 - f. si le pivot de la manivelle n'est pas parallèle à l'axe de l'arbre

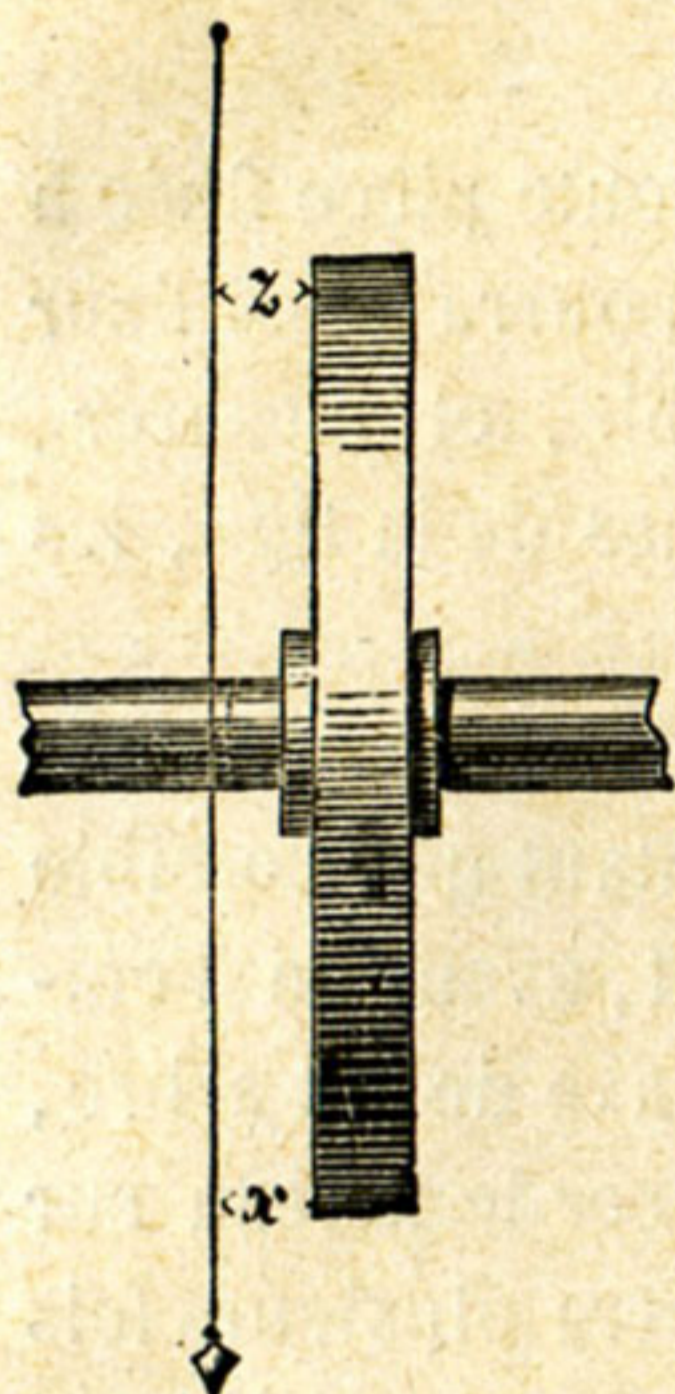
64. D. *Comment s'assure-t-on que l'arbre est de niveau ?*

R. Dans les machines à volant, il ne faut pas mettre les niveaux d'eau à bulle d'air sur les arbres, ainsi qu'on le fait souvent : ce moyen ne donne pas un résultat exact, à cause de la forme convexe de l'arbre, à moins qu'on ne dispose d'un niveau construit pour être appliqué sur les surfaces convexes.

Un moyen très pratique et d'une grande exactitude, consiste

à disposer un fil à plomb F (fig. 11) à quelques centimètres du volant; à l'aide d'un compas d'intérieur (maître de danse), on

Fig. 11.



mesure la distance en x bien exactement; on fait faire à peu près un demi-tour au volant, et on mesure la distance en z .

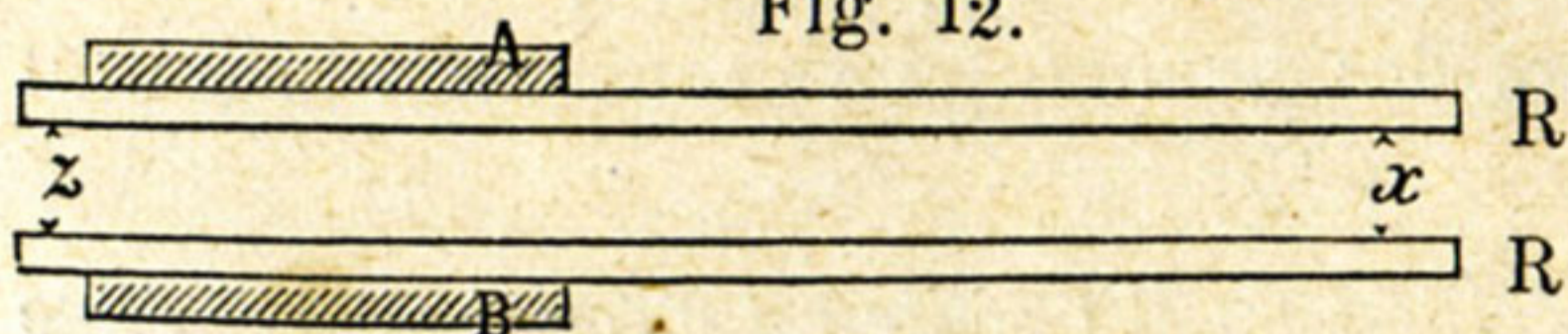
Si l'arbre est horizontal, les deux distances en x et z sont les mêmes.

Il faut avoir soin de faire une marque de repère en x et de l'amener en z ; les deux mesurages doivent se faire du même point du volant au fil à plomb, dans deux positions aussi symétriques que possible. Nous disons à peu près symétriques, parce que l'arbre s'opposera à donner au fil une position suivant un diamètre du volant. Le fil devra descendre très près de l'arbre.

La vérification qui vient d'être décrite sera d'autant plus sensible que le volant aura un plus grand diamètre relativement à la longueur de l'arbre de la machine; s'il y a une erreur dans le niveau de l'arbre, cette erreur se manifestera beaucoup plus fortement à la circonférence du volant.

En général, pour les montages ou les vérifications de montage, on devra employer les moyens multiplicateurs; nous venons d'en voir un exemple: donnons-en un second afin de faire saisir notre pensée. On doit vérifier si les deux faces intérieures de A et B (fig. 12) sont parallèles; on remarque que

Fig. 12.



ces deux surfaces ont une très petite étendue.

Le moyen multiplicateur pour faire cette vérification consiste à appliquer deux règles R, R parfaitement rigides sur A et B. Ces règles doivent avoir leurs côtés parallèles.

On mesure alors les distances x , z , et si les corps A, B, n'ont pas leurs surfaces parallèles, on observera entre x et z des différences d'autant plus grandes que les règles seront plus longues.

On conçoit donc qu'avec des règles suffisamment grandes on puisse s'apercevoir d'une erreur de moins de $\frac{1}{20}$ ^{me} de millimètre.

Dans les machines sans volant, ou lors des montages, lorsque le volant n'a pu être installé, on doit avoir recours à d'autres moyens.

On peut se servir, au lieu de volant, de toute pièce fixée à l'arbre et douée d'un assez grand rayon; on pourra aussi fixer sur l'arbre une tige aussi longue que possible, et mesurer, dans les deux positions à peu près symétriques de la tige, les distances de son extrémité au fil à plomb.

Si ces moyens ne peuvent être employés, on devra avoir recours au niveau à bulle d'air. Pour éviter autant que possible les erreurs que peut donner le niveau, il faut, avant de l'employer, tracer sur l'arbre un trait parallèle à l'axe de cet arbre, au moyen d'une équerre à chapeau, puis placer le niveau sur l'arbre bien parallèlement au trait; on retournera plusieurs fois le niveau en l'amenant chaque fois dans la même position; la bulle d'air devra toujours indiquer la même position, et suivant cette position, on reconnaîtra si l'arbre est de niveau. Il faut s'assurer, au moyen du compas d'épaisseur, si l'arbre est bien cylindrique à l'endroit où on applique le niveau.

On ne doit pas se contenter d'une seule vérification, on doit la répéter plusieurs fois et autant que possible avec des moyens différents.

Ces moyens sont très variables suivant les circonstances; nous ne pouvons les indiquer tous sans entrer dans des détails absolument trop longs; nous devons nous borner aux cas généraux, indiquer dans ces cas les moyens les plus parfaits et mettre en garde contre des erreurs qui se rencontrent souvent dans la pratique.

65. D. *Comment vérifie-t-on si l'arbre est d'équerre avec l'axe du cylindre dans les machines sans balancier, et parallèle à l'axe de rotation du balancier dans les machines qui sont pourvues de cet organe ?*

R. Il faut procéder de différentes façons, suivant que la machine sera horizontale ou verticale, à action directe, ou à balancier.

1^o Si la machine est horizontale, on démonte les deux couvercles du cylindre, on enlève le piston, on laisse la crosse dans ses guides et l'on fait passer un fil très mince et bien régulier au travers du cylindre et du trou de la crosse, sur toute la longueur de la machine. Ce fil est fixé à ses deux extrémités d'une façon quelconque.

A l'aide d'un compas d'intérieur, on place le fil parfaitement au centre des deux ouvertures du cylindre, en faisant varier les deux points d'attache extrêmes. On devra apporter le plus grand soin à cette opération, il faut absolument qu'elle soit *parfaite*; on peut arriver à cette perfection avec un peu de soins et de la patience.

Lorsqu'on est bien assuré que le fil passe par l'axe du cylindre, on fait tourner l'arbre de la machine, de façon à mettre la manivelle à droite et à gauche dans une position horizontale et on mesure la distance qui sépare le fil de l'extrémité de la manivelle, dans chacune des deux positions.

Si les deux distances sont les mêmes, l'arbre sera d'équerre.

Si l'on observait une différence, on devrait faire varier le palier du volant jusqu'à ce que l'erreur soit corrigée. On profitera de l'occasion pour vérifier si le sabot est bien guidé suivant l'axe du cylindre et à cet effet, en conservant au fil sa position, on fera manœuvrer la crosse dans ses guides. Il faudra, dans toutes les positions de la crosse, que le fil passe exactement par les centres du trou de la tige du piston.

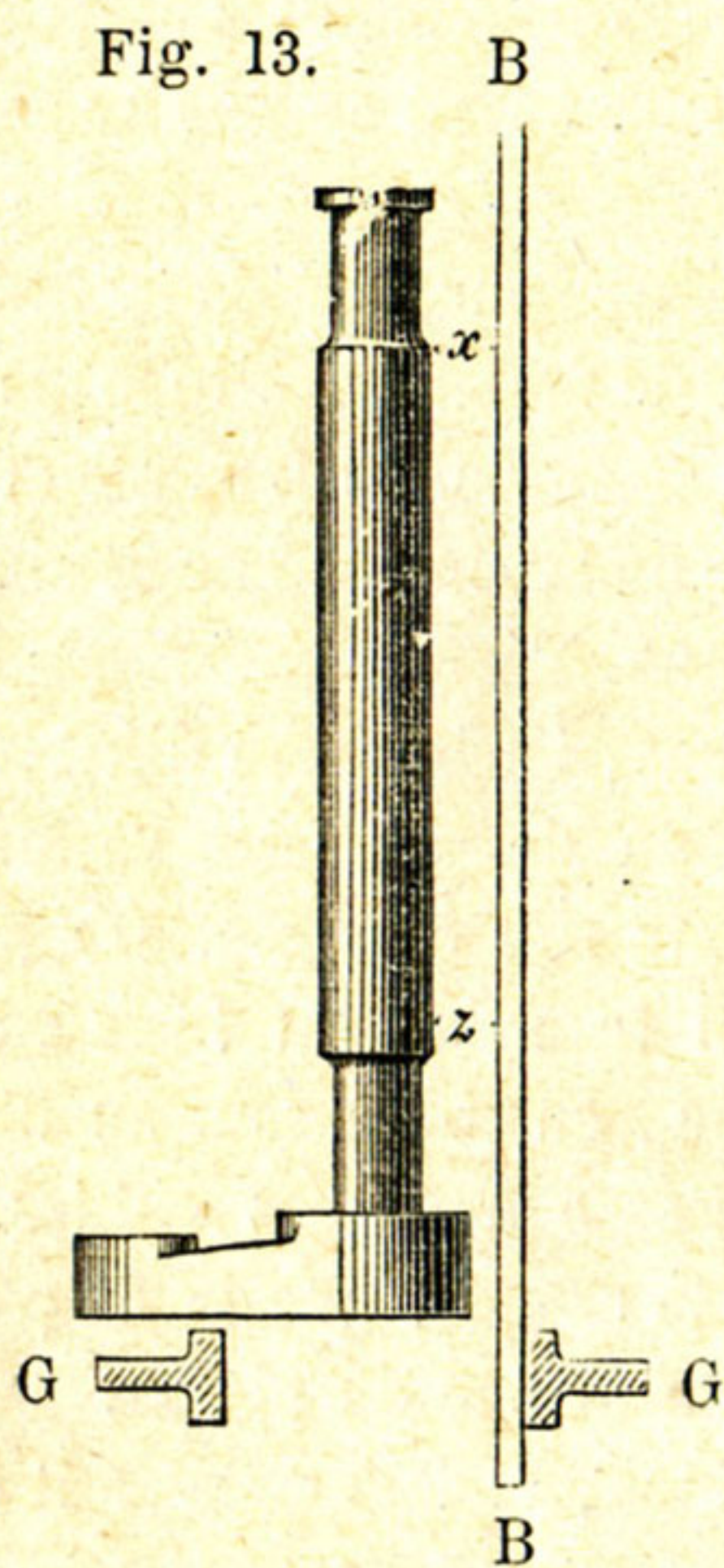
On modifierait la position des guides, si l'on constatait une erreur.

2^o Si la machine est verticale à cylindre dit en l'air, on enlèvera les couvercles du cylindre, le piston et la bielle; on laissera la crosse dans ses guides, on s'assurera que l'axe du cylindre est vertical, puis on laissera descendre un fil à plomb passant exactement par les centres du cylindre; on fera monter et descendre la crosse dans ses guides. Il faut que, dans toutes les positions de la crosse, le fil passe par les centres du trou de l'ouverture qui reçoit la tige du piston. Dans ces conditions, la tige du piston est bien guidée.

Après cette première vérification, on déterminera si l'arbre est d'équerre.

A cet effet, on place une règle B B en acier (fig. 13) ayant une largeur uniforme, dans toute sa longueur, sur les glissoires G, on laisse descendre deux fils à plomb le long de la règle en F et F, on mesure les deux distances x , z , entre les fils à plomb et l'arbre; ces deux distances, mesurées au compas d'intérieur, doivent être rigoureusement les mêmes.

Dans le mesurage des distances x , z , on devrait tenir compte des différences de diamètre de l'arbre, si ces différences existaient au point du mesurage.



Le moyen de vérification énoncé est un moyen multiplicateur qui permet d'arriver à la plus grande exactitude.

Il est des cas où il sera plus convenable de modifier la position des glissoires G que celle de l'arbre.

3° Si la machine dite à cylindre en l'air est pourvue d'un balancier d'Olivier Ewans pour guider la tige du piston, il faudra que l'axe d'oscillation du balancier soit parallèle à l'arbre de la machine. Nous indiquons le moyen de faire cette vérification en parlant des machines à balancier.

Pour vérifier si la crosse de la tige du piston est guidée suivant l'axe du cylindre, on disposera un fil à plomb comme dans le cas précédent, on enlèvera la bielle et on placera la crosse en haut, en bas et au milieu de la course; dans ces différentes positions, le fil à plomb devra passer par les centres des trous de la crosse. S'il y avait une erreur, on devrait modifier la longueur des bielles du parallélogramme ou la position de son axe.

On devra avoir soin de disposer la crosse de telle façon que l'axe du trou de la tige du piston soit toujours vertical.

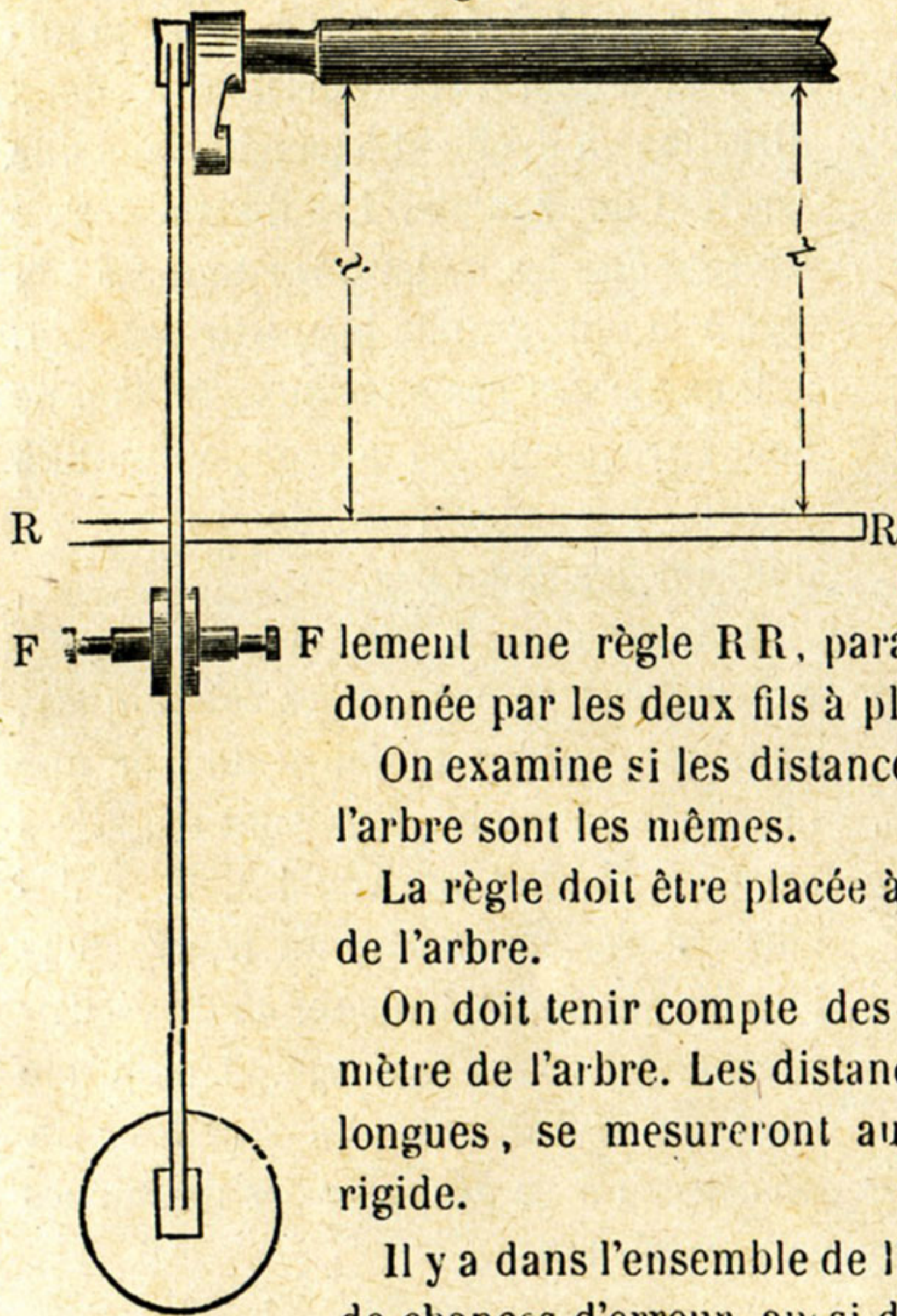
4° Si la machine est à *arbre en l'air* et que la crosse soit guidée par des glissoires ou par un parallélogramme d'Olivier Ewans, on procédera comme pour les machines à cylindre en l'air.

5° Si la machine est à balancier, l'axe d'oscillation du balancier devra être parallèle à l'arbre de la machine.

Pour faire cette vérification, on procède comme suit :

On observe si l'axe du balancier a conservé les centres laissés par le tour. Si les centres ont disparu, on les rétablit.

Fig. 14.



(Fig. 14.) On laisse descendre deux fils à plomb passant tangentiellement à deux circonférences de même rayon tracées à chaque extrémité de l'axe d'oscillation du balancier et sur ses bouts, on dispose horizontalement une règle R R, parallèle à la direction donnée par les deux fils à plomb.

On examine si les distances x , z de la règle à l'arbre sont les mêmes.

La règle doit être placée à la hauteur de l'axe de l'arbre.

On doit tenir compte des différences de diamètre de l'arbre. Les distances x , z , étant assez longues, se mesureront au moyen d'une tige rigide.

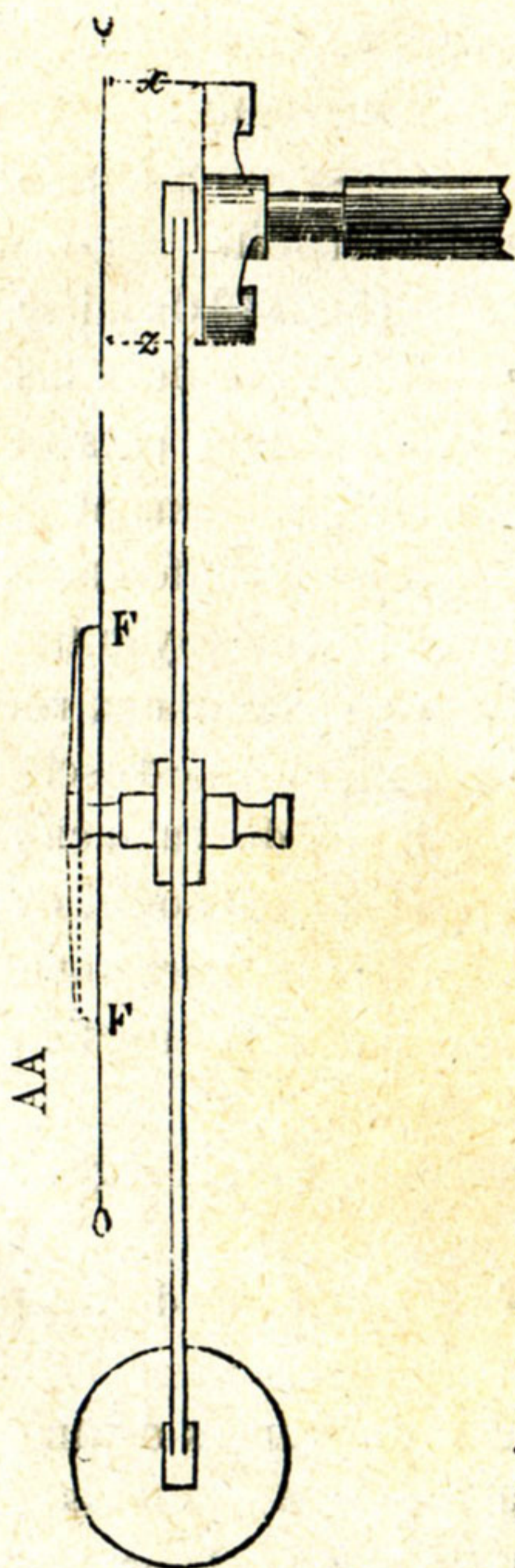
Il y a dans l'ensemble de l'opération beaucoup de chances d'erreur, aussi devra-t-elle se pratiquer avec une grande attention. L'opération énoncée n'est pas toujours possible.

Voici un autre moyen de vérification qui peut donner des résultats très exacts (fig. 15).

On fixera une tige A à l'extrémité de l'axe d'oscillation du balancier et de telle façon que cette tige soit verticale lorsque le balancier est horizontal.

On fera osciller aussi fortement que possible le balancier en démontant la bielle et le parallélogramme.

La tige A prendra deux positions symétriques aux deux côtés de l'axe d'oscillation du balancier.



De l'extrémité recourbée de la tige dans les deux positions A et A' on laissera descendre deux fils à plomb FF. On tendra un fil OO, suivant la direction des fils à plomb. On mesurera les distances x , z de ce fil à l'extrémité de la manivelle, en donnant à cette dernière les deux directions à droite et à gauche dans une position horizontale. Les distances x , z devront être les mêmes. On donnera à la tige A la plus grande longueur possible.

Il existe des cas spéciaux, où l'on ne peut faire usage du niveau, ni du fil à plomb. Les machines de bateau en donnent des exemples.

Dans ces cas, il faut avoir recours à des moyens souvent assez compliqués, mais qui peuvent toujours donner une grande exactitude, s'ils sont employés avec les précautions voulues. En réfléchissant sérieusement, on trouve toujours la possibilité d'opérer ou de vérifier parfaitement un montage. L'habitude rend les opérations très simples. Un

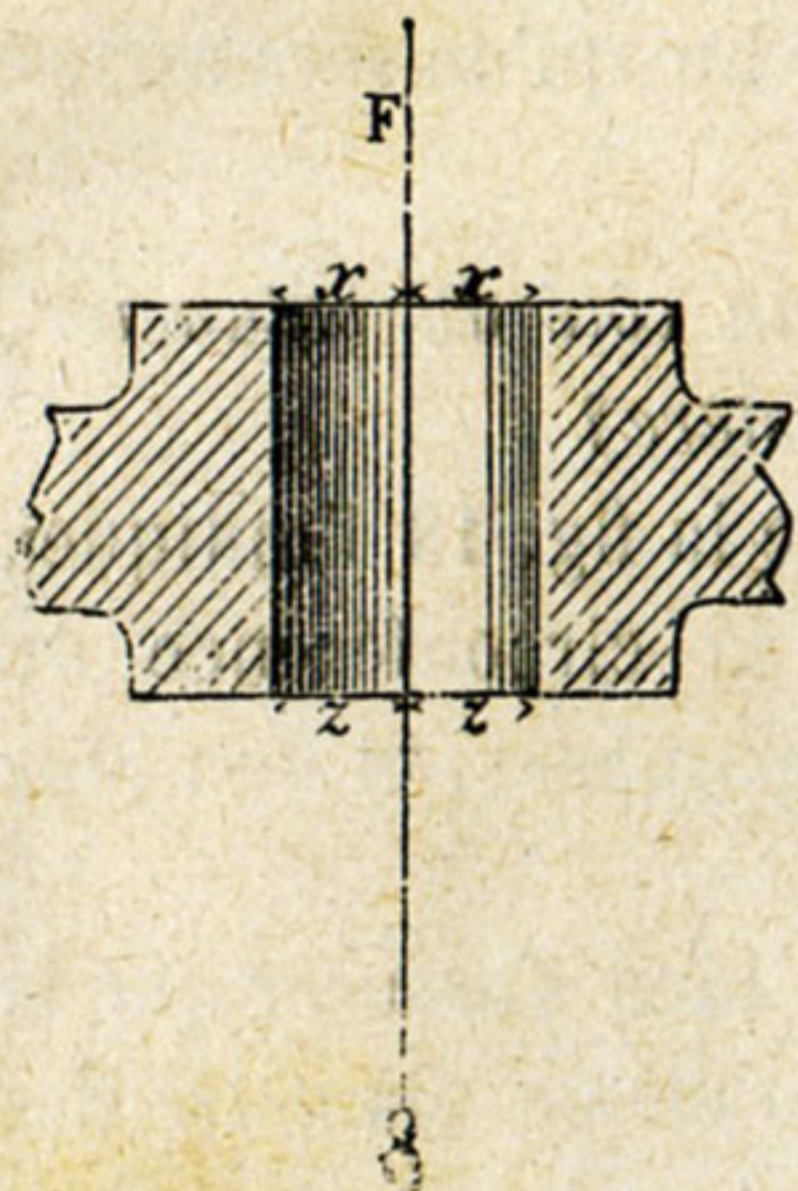
exercice très salutaire consisterait à se proposer des problèmes de montage et à chercher à les résoudre.

66. D. Indiquer le moyen de vérifier si le cylindre est au centre de la direction donnée par le parallélogramme dans une machine à balancier?

R. On démonte le piston, on place le balancier au-dessus, au milieu et au bas de la course et, dans les trois positions, on s'assure que le fil à plomb qui passe par l'axe du trou de la crosse, passe aussi par le centre du cylindre.

67. D. *Comment s'assure-t-on que la crosse manœuvre dans de bonnes conditions?*

R. Dans les différentes positions de la crosse, on fait descendre le fil à plomb F, on le place au centre de l'ouverture supérieure de la crosse; il devra aussi passer par le centre de l'ouverture inférieure, c'est-à-dire que si les distances X, X sont les mêmes, les distances Z, Z devront aussi être égales entre elles (fig. 16).



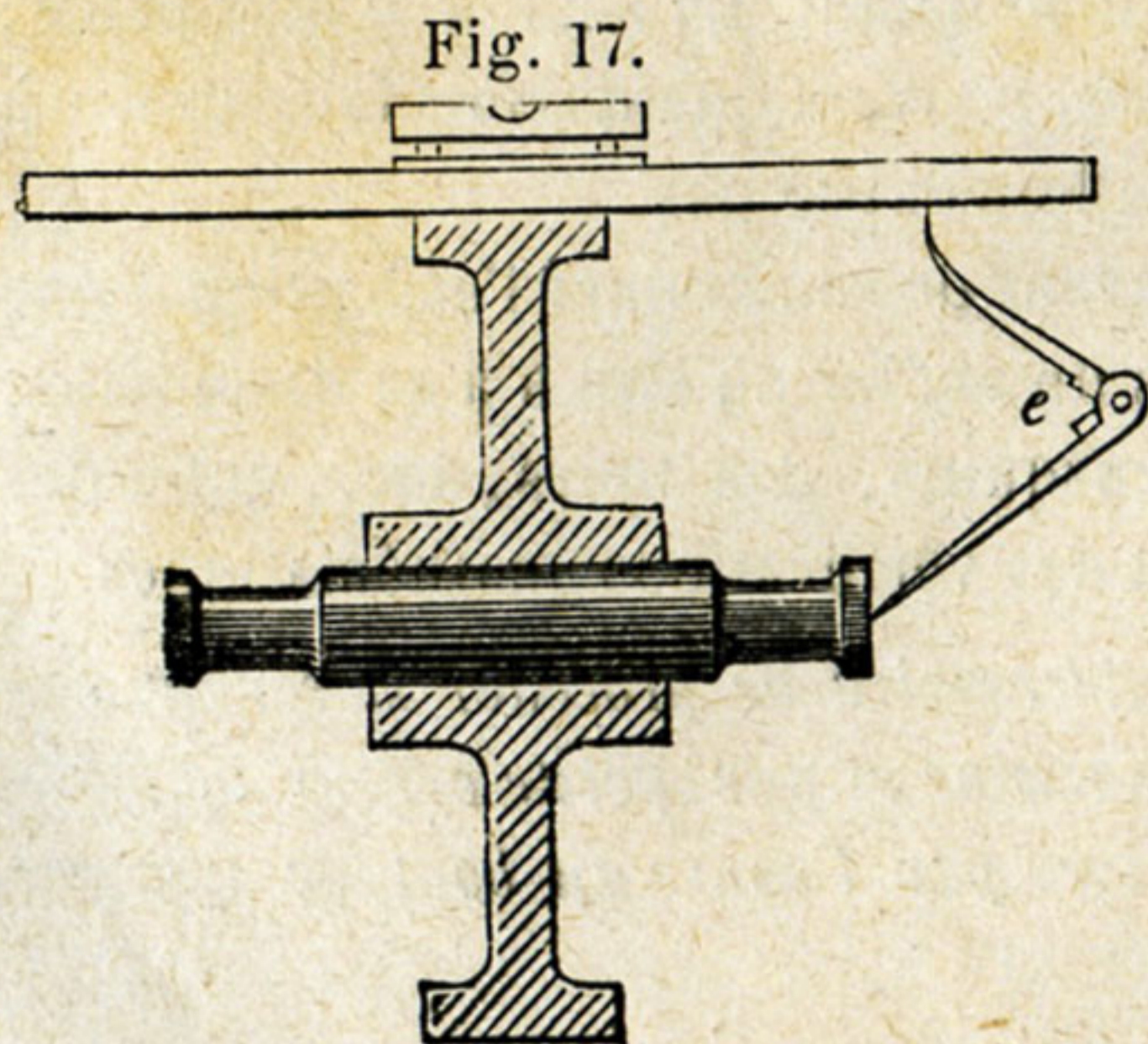
68. D. *Mais si dans les différentes positions de la crosse le fil à plomb accusait une erreur de montage, que devrait-on conclure?*

R. Que l'erreur peut être produite :

- 1° Si les axes et pivots du balancier ne sont pas de niveau ;
- 2° Si les trous des pivots du parallélogramme dans le balancier ne sont pas alésés parallèlement à celui de l'axe d'oscillation ;
- 3° Si les bielles correspondantes dans le parallélogramme n'ont pas la même longueur ;
- 4° Si le trou de la crosse est mal alésé.

69. D. *Expliquez le moyen de s'assurer que tous les pivots et l'axe du balancier sont de niveau?*

R. On dispose une règle (fig 17) sur le balancier, au-dessus du pivot ou de l'axe à vérifier.



Au moyen d'un compas avec pointe recourbée, on place la règle parallèlement à l'axe de la pièce à vérifier; on applique le niveau sur la règle.

Si cette dernière est de niveau, il est évident que le pivot le sera aussi.

Si les centres des pivots ou de l'axe sont enlevés, il est facile d'en placer de nouveaux.

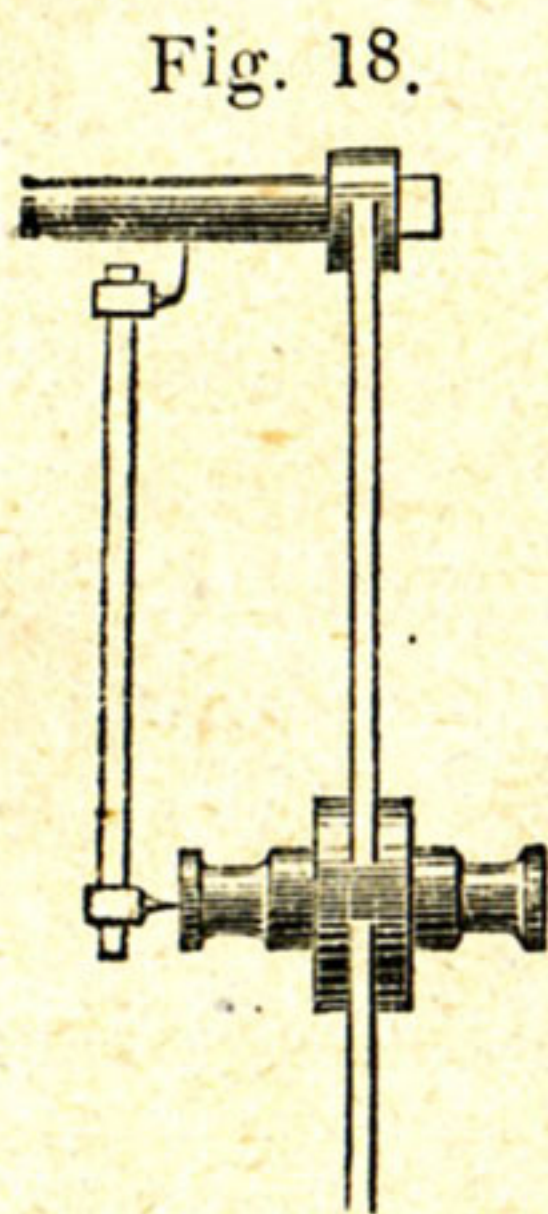
70. D. *Comment peut-on vérifier si les axes et pivots d'un balancier sont parallèles et si les bielles du parallélogramme ont des longueurs égales?*

R. Au moyen d'un compas à glissière.

Cette dernière vérification ne se fera que lorsqu'on sera assuré que les axes et pivots sont de niveau.

71. D. *Si un pivot était trop long, d'un côté du balancier, comment se servirait-on d'un compas à glissière?*

R. On recourberait une pointe, comme la fig. 18 l'indique, mais alors on prendrait la circonférence du pivot comme point de comparaison, et non plus le centre.



Dans ce cas, on devra bien s'assurer que le pivot à examiner a bien le même diamètre des deux côtés du balancier et, dans le cas contraire, avoir égard à la différence des diamètres.

72. D. *Si, après toutes les vérifications déjà indiquées et ayant amené de bons résultats, le fil à plomb ne passait pas encore par les deux centres du trou de la crosse, on en déduirait que la crosse est mal alésée. Devrait-on en faire exécuter une autre de suite?*

R. Non, lorsqu'on trouve une erreur, on ne peut l'affirmer que lorsqu'on a plusieurs fois, et autant que possible par des moyens différents, constaté le défaut. La flexion d'une pièce, une clef, un écrou non serré, peuvent quelquefois faire croire à une erreur de montage où elle n'existe pas.

Il est toujours prudent, avant de condamner l'exécution d'une pièce, de la renvoyer dans un atelier où l'on a à sa disposition des tables dressées, des trusquins, des tours, etc., enfin des instruments qui permettent des vérifications mathématiques.

73. D. *Est-il donc bien nécessaire de procéder si scrupuleusement au montage d'une machine et une petite erreur ne finit-elle pas toujours par se corriger par l'usure au bout de quelque temps de marche.*

R. On ne peut apporter trop de soin à un montage, et quelque précaution que l'on prenne, il se glisse encore souvent des erreurs. Ce sont les défauts dans le montage qui détruisent les machines à vapeur; une machine parfaitement montée aurait une durée considérable. Une erreur de montage entraîne une usure rapide; de grands frottements, des échauffements, des chocs, des bris, et en général plus la machine fonctionne, plus le défaut grandit et en détermine d'autres.

L'importance du bon montage est telle qu'on a dit avec raison que le bon monteur fait la bonne machine.

Un bon montage n'exige que des soins et de l'attention; il n'y a donc pas d'excuse pour un monteur qui a commis une erreur.

74. D. *Quelles sont les négligences commises le plus généralement dans les montages?*

R. On emploie des règles qui ne sont pas parfaitement droites, des niveaux, des équerres inexacts; on se sert de la première corde venue pour fil à plomb ou pour indiquer des centres, au lieu de ne se servir que de fils bien réguliers et très minces.

Souvent dans les fils à plomb, le fil n'est pas au centre du plomb, de sorte que la pointe du plomb, en tournant, décrit une circonférence au lieu de tourner sur son centre.

Pour déterminer l'axe d'un cylindre, on place une petite planche d'un côté, on y indique le centre du cylindre, en ce point on fore un trou puis on y fait passer un fil; ce moyen est des plus vicieux, parce qu'en perçant le trou dans la planche, l'outil souvent dévie et qu'ainsi le trou n'est pas au centre du cylindre; parce que aussi, le trou étant plus large que la grosseur du fil, ce dernier ne se place pas au centre du trou.

Il y a donc deux causes d'erreur qui, en se réunissant, peuvent amener une erreur considérable.

Il faut passer le fil au travers du cylindre ou du trou que l'on veut centrer; les deux extrémités du fil sont fixées à des points suffisamment éloignés et c'est avec le compas d'intérieur qu'il faut régler la position du fil. On se contente d'une exactitude approximative alors qu'il faut la perfection, que la plus

petite erreur est une erreur trop grande et qu'on doit, s'il le faut, rester une journée pour déterminer exactement la position d'un organe, plutôt que quelques minutes pour la placer avec une erreur de $\frac{1}{4}$ de millimètre.

Les pointes des compas sont émoussées au lieu d'être aussi bien aiguës que possible.

Enfin, on lamine certains jours, et pour compenser le temps perdu, on se hâte, on prend rapidement ses mesures, alors que le montage d'une machine doit s'effectuer avec calme, avec réflexion et qu'on ne doit jamais user d'une dimension qu'après l'avoir prise plusieurs fois.

75. D. *Comment doit-on procéder pour vérifier si un sabot à glissière se trouve dans de bonnes conditions?*

R. Les deux axes des trous doivent être dans le même plan.

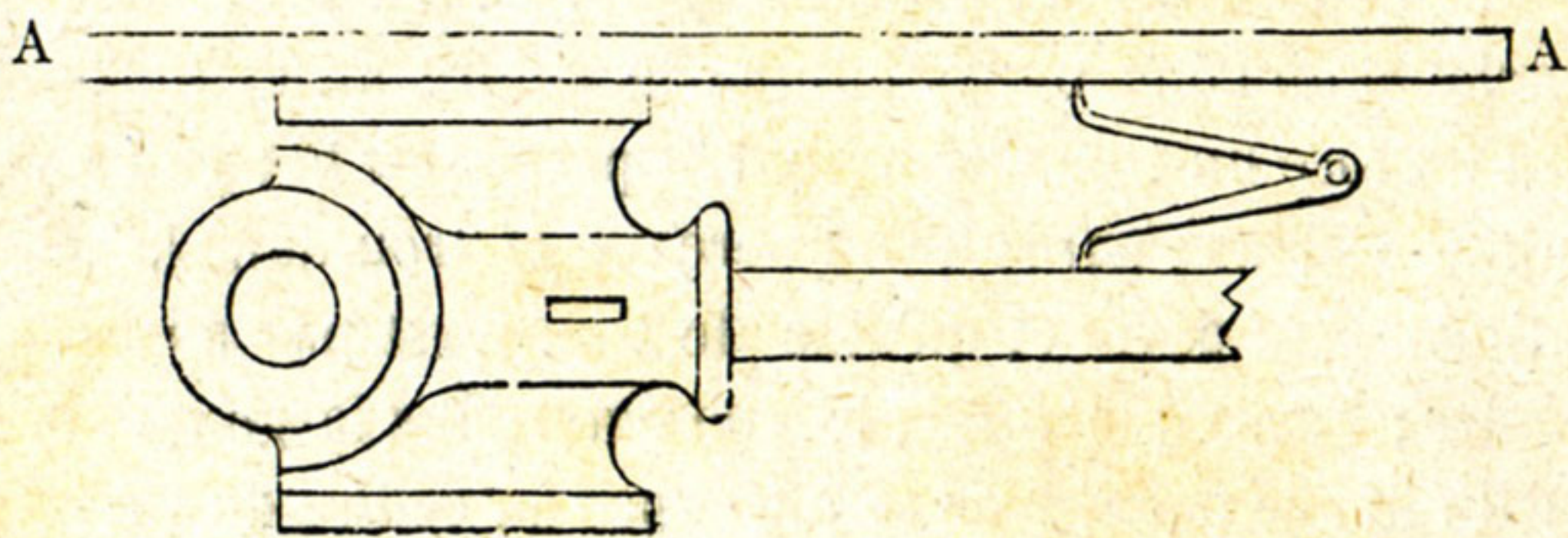
Les surfaces des glissières doivent être parallèles aux plans passant par les deux axes des trous.

Enfin les deux axes des trous doivent être perpendiculaires.

Pour vérifier si les axes des trous sont dans le même plan et dans un plan parallèle au plan des glissières, on procède comme suit :

On laisse la tige du piston emmanchée dans la crosse (fig. 19).

Fig. 19.



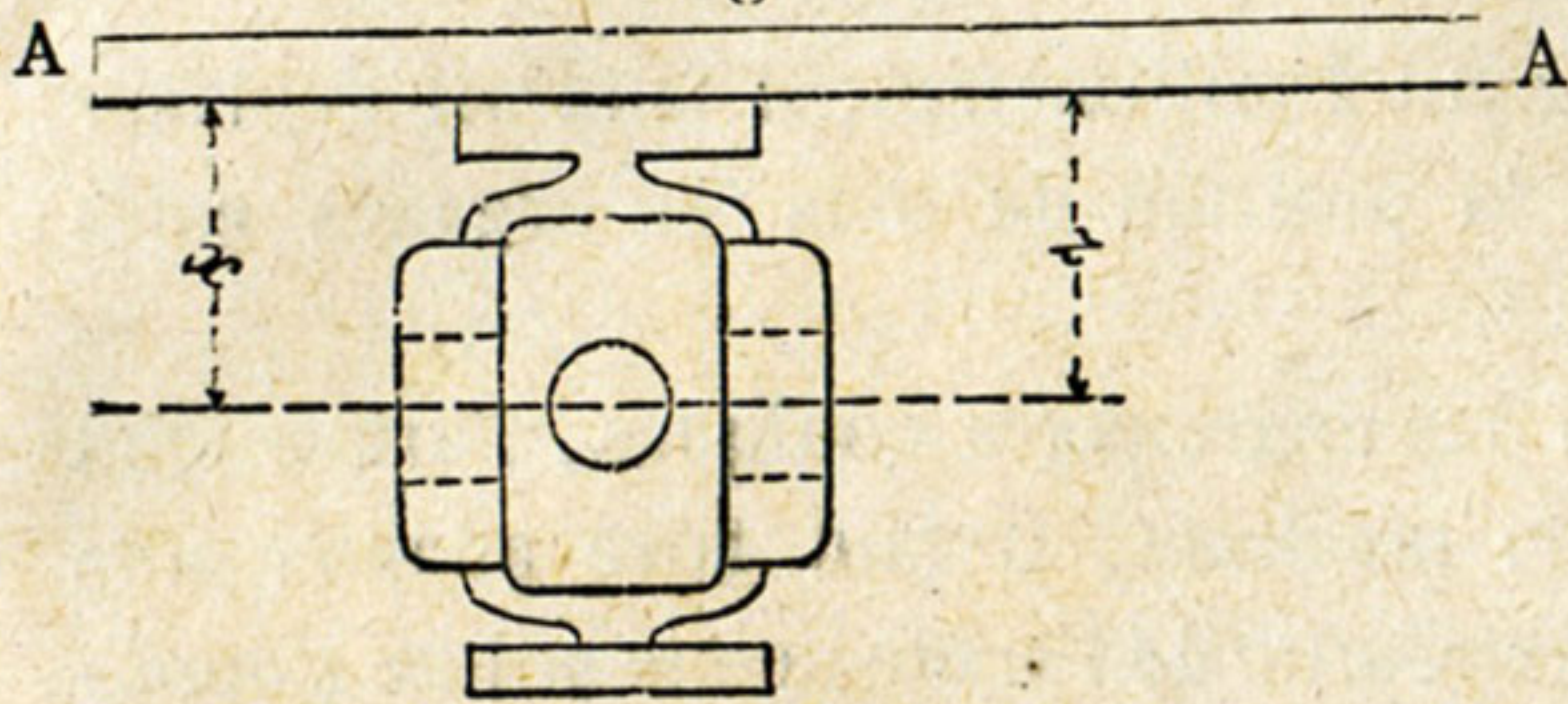
On dispose la règle AA dans la direction de cette tige.

On mesure les distances de la règle à la tige en différents points. Toutes ces distances doivent être égales.

On répète cette opération pour la seconde glissière, qui doit donner le même résultat.

On retourne la règle dans un sens perpendiculaire (fig. 20).

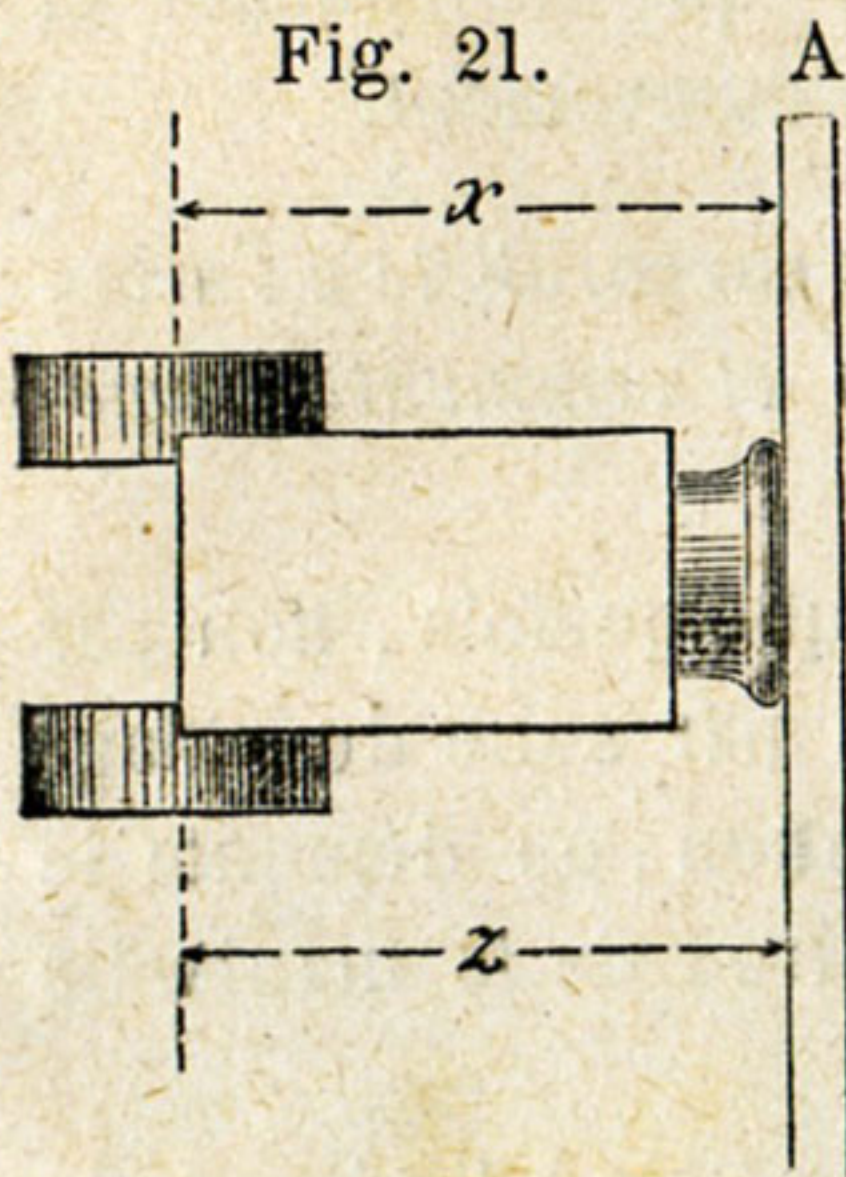
Fig. 20.



On détermine les distances x , z de la règle aux deux centres du trou du pivot; ces deux distances doivent être égales entre elles et égales aux

distances que l'on obtiendrait si on faisait la même vérification en plaçant la règle sur l'autre glissière.

Fig. 21.



Enfin, pour s'assurer que les deux axes des trous sont perpendiculaires, on place la règle AA (fig. 21), sur la face dressée de la douille de la crosse. On mesure les distances x , z de la règle au centre des trous des pivots; ces distances doivent encore être les mêmes.

Au moyen du trusquin et d'une table dressée, la vérification serait plus rapide, mais ces objets ne sont pas ordinairement entre les mains du machi-

niste.

76. D. Si l'arbre de la machine était trop avancé ou trop reculé dans le sens de sa longueur, comment le vérifierait-on?

R. Ce défaut se présente souvent dans les machines transmettant le mouvement par engrenages coniques; la réaction qui se produit par ce mode de transmission pousse l'arbre dans un sens ou dans l'autre, suivant la position des engrenages. Pour constater l'importance du défaut, on tend un fil par l'axe du cylindre et on mesure la distance du fil à la manivelle, ou à la bague du pivot, si cette bague existe; la distance observée doit être égale à celle qui existe entre le centre de la bielle et le bord du coussinet correspondant à la manivelle. On devra tenir compte de l'usure probable du bord du coussinet. Si l'on observe une différence de peu d'importance dans les deux longueurs, on pourra limer sur un des bords du coussinet, de

façon à permettre à la bielle de reprendre la position qui lui convient.

Si la différence atteignait 2 millimètres, il faudrait déplacer l'arbre et vérifier alors la position de tous les organes calés sur l'arbre.

Si, par la disposition des engrenages coniques, l'arbre tend à s'éloigner de l'axe de la machine, il faut faire adapter une pointe fixe en acier à l'extrémité de l'arbre; cette pointe s'opposera au déplacement.

Si, au contraire, l'arbre tend à se rapprocher de l'axe de la machine, il n'y a guère d'autre remède que de changer la disposition vicieuse de la transmission du mouvement.

77. D. *Si le pivot de la manivelle n'était pas parallèle à l'arbre de la machine, comment le constaterait-on et comment y remédierait-on ?*

R. Le cas est rare, mais il se présente quelquefois, non par le fait du mauvais alésage du trou, mais par suite du calage de la manivelle. Pour opérer la vérification, on démonte le pivot, on fait passer un fil au travers du trou de la manivelle et par les deux centres de ses orifices.

Le fil, dans cette position, doit être parallèle à l'arbre de la machine. Cette opération est très délicate, attendu que les centres des orifices du trou du pivot étant assez rapprochés, une très petite erreur faite à l'un des centres, ferait considérablement dévier le fil à son extrémité.

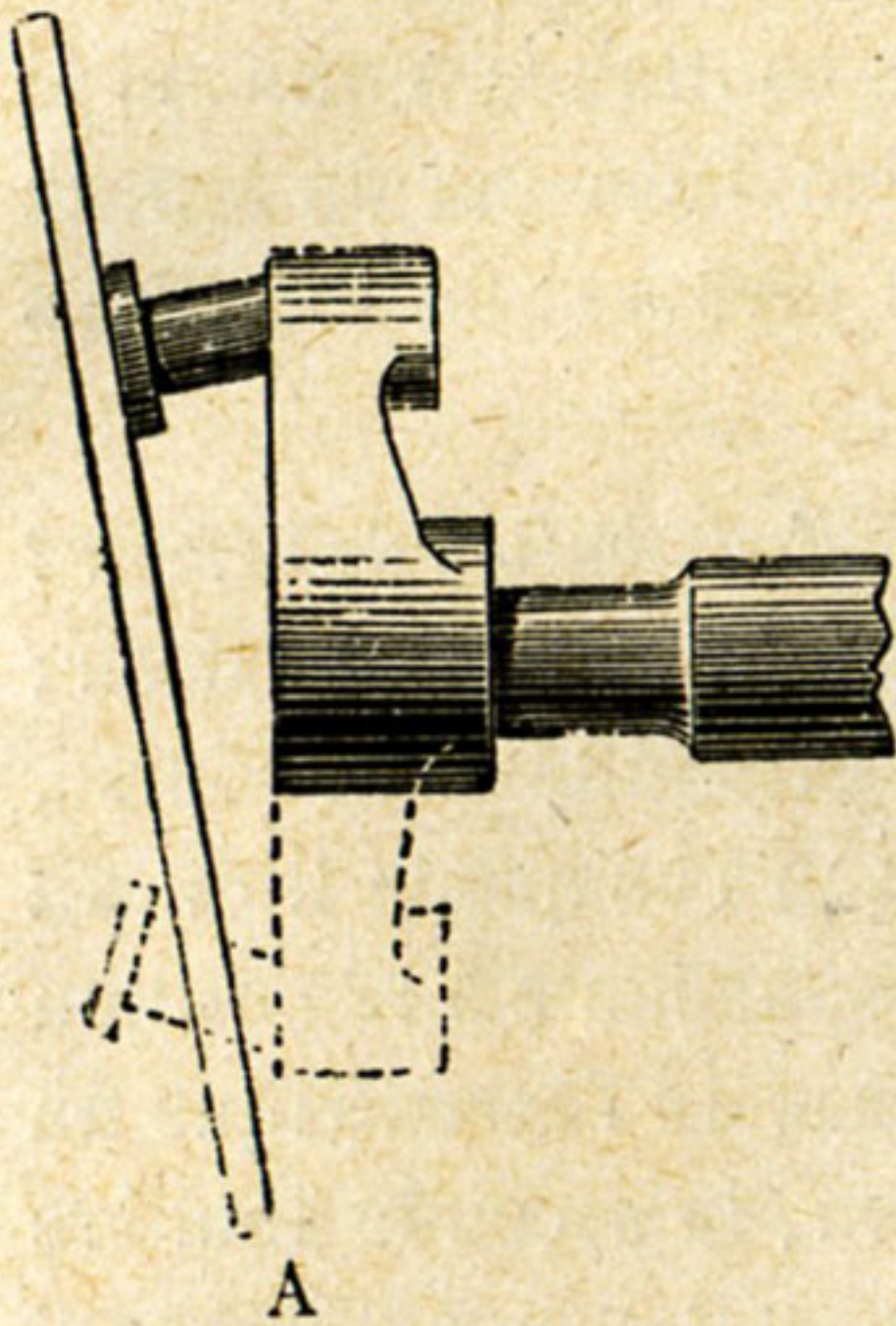
Il faudra donc ne se servir que d'un fil très fin, bien tendu, d'un compas d'intérieur avec les pointes aiguës et ne pas perdre courage, si l'on doit employer plusieurs heures pour arriver à un résultat parfaitement exact. Si l'on constate une erreur, on peut y remédier en faisant tourner ce pivot, en le décentrant d'un côté dans la direction convenable. On ne peut arriver que par tâtonnement à rendre au pivot la direction qui lui convient.

La vérification qui vient d'être décrite est générale, elle s'applique aux différentes formes de pivots.

Si l'on a à vérifier un pivot présentant une surface plane à son

extrémité, ainsi que la fig. 22 le représente, on appliquera la

A Fig. 22.

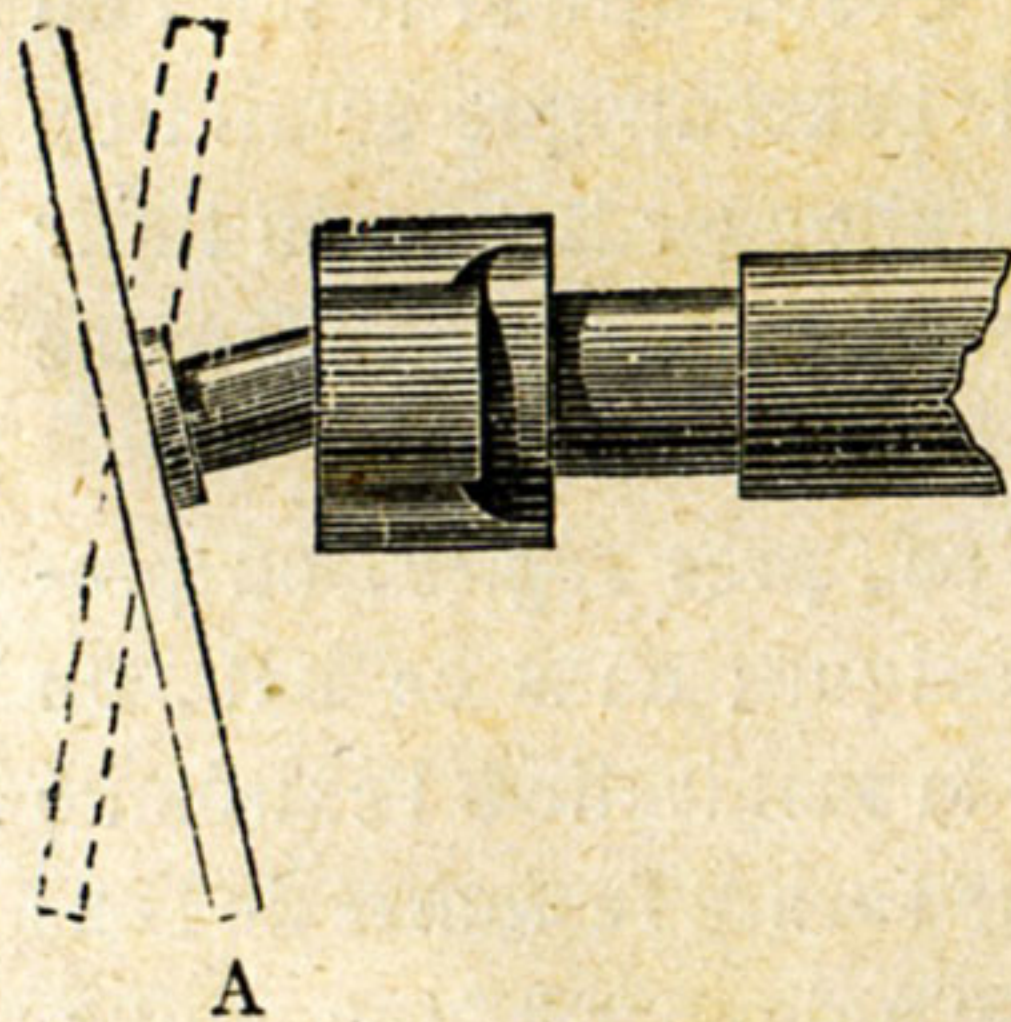


règle A A sur la surface plane du pivot, on lui maintiendra sa position et on fera décrire à la manivelle une demi-circonférence ; s'il y a une erreur dans la position du pivot, elle se manifestera fortement lorsque la manivelle aura occupé la seconde position indiquée en pointillé sur la figure.

La figure dispense de plus longues explications.

Le pivot, au lieu d'être incliné dans le sens indiqué par la fig. 16, pourrait être incliné dans un sens perpendiculaire (fig. 23) ; dans ce cas, on placerait aussi la règle horizontalement contre le pivot, on maintiendrait la règle, on ferait décrire à la manivelle une demi-circonférence, on appliquerait une seconde règle horizontalement sur le pivot dans sa nouvelle position ; les deux règles, s'il y a erreur, présenteraient les directions représentées à la figure 23.

A Fig. 23.



78. D. *Si un coussinet s'échauffe et qu'on soit assuré du bon montage, que devra-t-on en conclure ?*

Echauffement
des
coussinets.

R. Que le bronze du coussinet est de mauvaise qualité ;
Qu'un défaut de soudure s'est manifesté au pivot ou au tourillon ;

Que l'huile manque, ou que l'huile est de mauvaise qualité ;

Que le coussinet est trop fortement serré ;

Que la pression sur le coussinet est trop forte relativement sa surface.

79. D. *Que devra-t-on faire lorsqu'un coussinet s'échauffe ?*

R. Desserrer les clefs ou les boulons , sans amener de chocs ; vérifier si le coussinet est bien graissé , si le trou à l'huile et les rainures ne sont pas bouchés ; examiner si le pivot est en bon état ; changer d'huile si l'échauffement continue ; enfin , si le coussinet laisse encore à désirer , le remplacer par du bronze dur et employer l'acier trempé pour les pivots et les tourillons si possible.

Réglage
des
distributions
de
vapeur.

SO. D. *Comment règle-t-on un tiroir de distribution de vapeur ?*

R. On détermine d'abord la longueur de la tige du tiroir ; pour y arriver , on place l'excentrique à l'extrémité de sa course , et on manœuvre les écrous de rappel jusqu'à ce que le tiroir ait démasqué entièrement la lumière correspondante à la position de l'excentrique. On fait décrire à l'estomac de l'excentrique un demi-tour sur l'arbre ; dans cette position , la seconde lumière devra être ouverte. Si cette lumière n'était pas entièrement ouverte , on en conclurait que la course de l'excentrique est trop petite ; si le contraire avait lieu , c'est-à dire si le bord du tiroir dépassait la lumière , la course de l'excentrique serait trop grande. Il faudrait alors raccourcir ou allonger la tige du tiroir au moyen des écrous de rappel , de façon à partager la différence observée.

La longueur de la tige étant alors à peu près réglée , on procédera au calage provisoire de l'excentrique ; dans ce but , on placera le piston relié à la bielle et à la manivelle à l'extrémité d'une course , puis on fera tourner sur l'arbre l'estomac de l'excentrique dans le même sens que celui à donner à la machine , et jusqu'à ce que la lumière correspondant à la position du piston , soit démasquée d'une quantité qui varie suivant la vitesse du piston. Arrivé dans cette position , on cale provisoirement l'estomac de l'excentrique sur l'arbre de la machine.

On fera tourner la machine en agissant sur le volant ou par un autre moyen et on examinera les positions du tiroir aux deux points morts. Ces positions doivent être symétriques. Elles ne le seront pas entièrement après l'opération décrite et on devra opérer une légère correction en agissant sur les écrous de rappel de la tige d'excentrique. Lorsqu'après avoir plusieurs fois examiné les positions du tiroir , on leur reconnaît une

parfaite symétrie, on cale définitivement l'estomac d'excentrique sur l'arbre. Avant de régler une distribution de vapeur, on devra supprimer toute espèce de jeu qui pourrait se trouver aux cercles d'excentriques et aux diverses transmissions de mouvement au tiroir.

S1. D. *Comment règle-t-on les tiroirs de détente dans les cas de la détente par deux tiroirs superposés, de la détente Meyer, des détentes Racher et Rider, de la détente Farcot?*

R. On dispose d'abord l'estomac de l'excentrique du tiroir d'expansion dans une position absolument semblable à celle affectée par l'estomac de l'excentrique du tiroir de distribution.

Au moyen des écrous de rappel, on amène le tiroir d'expansion au milieu du tiroir de distribution. Dans cette position la tige de l'excentrique du tiroir d'expansion se trouve presque à la longueur voulue. On se prépare ensuite au calage; dans ce but, on donnera à l'excentrique du tiroir d'expansion une avance dans son mouvement, sur l'excentrique du tiroir de distribution, en faisant tourner sur l'arbre l'estomac du premier d'une certaine quantité et dans le sens du mouvement que la machine effectuera.

L'avance plus ou moins grande à donner à l'excentrique du tiroir d'expansion dépendra du degré d'expansion à obtenir; on recherchera cette avance par tâtonnement. Lorsqu'on aura fixé par un calage provisoire la position de l'estomac de l'excentrique, on produira une ou deux révolutions de la machine en agissant sur le volant et on examinera le jeu des tiroirs. On reconnaîtra que le degré d'expansion n'est pas le même des deux côtés du piston; cette différence provient des diverses inclinaisons de la bielle, inclinaisons qui ne correspondent pas aux espaces parcourus par le piston dans chaque pulsation. Pour arriver à produire la même expansion des deux côtés du piston, on agira sur les écrous de rappel, et par un léger tâtonnement, on pourra admettre la même quantité de vapeur des deux côtés du piston; alors seulement on calera l'estomac d'excentrique définitivement.

Ainsi qu'il a été dit à la réponse de la 21^{me} question, on ne devra donner qu'une expansion en rapport avec les dimensions

du tiroir et veiller à ne pas provoquer des rentrées de vapeur en voulant exagérer l'expansion. Dans l'expansion Meyer, la longueur de la tige se déterminera comme il vient d'être dit. L'estomac de l'excentrique se calera avec une avance dans le sens du mouvement de la machine, sur l'estomac de l'excentrique du tiroir de distribution. Cette avance dépendra de la construction des tiroirs. Dans les machines à changement de marche la bosse de l'excentrique de détente sera opposée à la manivelle.

Le réglage des expansions Racher et Rider s'effectue d'une manière analogue.

L'expansion Farcot se règle par des vis fixées aux deux parties du tiroir; ces vis servent aussi à racheter des différences d'expansion qui se manifesteraient des deux côtés du piston, si la came n'était pas parfaitement au centre des lumières du cylindre.

L'expansion *minimum* étant réglée par des vis, une came contre laquelle les vis viennent buter, peut augmenter l'expansion en s'inclinant plus ou moins fortement et en arrêtant ainsi plus rapidement les tiroirs d'expansion.

82. D. *Indiquez comment on règle les soupapes d'expansion dans les distributions par cames?*

R. La came qui commande la soupape d'expansion est calée de telle façon que la soupape soit suffisamment levée quand la manivelle se trouve au point mort. Cette came est alors construite en vue de maintenir la soupape plus ou moins longtemps ouverte et d'obtenir une expansion plus ou moins grande.

83. D. *Comment règle-t-on la distribution par coulisse Stephenson et par coulisse de Gooch?*

R. 1° Pour régler une coulisse Stephenson, il faut d'abord caler provisoirement les deux excentriques et agir sur le rappel de la tige du tiroir, en l'allongeant ou la raccourcissant jusqu'à ce que l'avance soit la même des deux côtés du tiroir lorsqu'on met la manivelle aux deux points morts.

En mettant le levier de changement de marche à fond en avant, on peut régler le calage de la poulie excentrique d'avant de façon à avoir l'avance voulue.

En le mettant ensuite à fond en arrière, on opérera de même pour l'excentrique de la marche en arrière. Mais alors on observera le fait suivant : si les barres d'excentrique ont la disposition de la figure W (page 45), c'est à-dire sont *droites*, on verra que l'avance *augmente* à mesure qu'on détend, au point de devenir parfois beaucoup trop *grande* pour les points de détente correspondant à la marche habituelle.

On corrigera ce défaut en *diminuant* l'avance pour la marche en arrière, dans les machines qui sont destinées à marcher le plus souvent en avant, comme, par exemple, les locomotives à voyageurs et les machines de bateaux.

On sacrifie ainsi plus ou moins la régularité de la distribution pour la marche en arrière afin de la rendre plus uniforme entre les points de détente dont on se sert d'habitude. Ce réglage est naturellement inadmissible pour les machines destinées à fonctionner alternativement dans les deux sens, comme c'est le cas pour les machines d'extraction.

Si les tringles d'excentrique ont la disposition (fig. X), c'est-à-dire sont croisées, c'est le contraire qui a lieu, l'avance *diminue* à mesure qu'on détend, il faut alors, pour conserver une avance à peu près uniforme entre les limites de marche habituelle, *augmenter* l'avance au calage de la poulie excentrique d'arrière.

Il faut encore, après avoir ainsi réglé les avances, raccourcir ou allonger la tige du tiroir pour mettre l'axe de la glace de distribution au milieu de la course qu'elle parcourt entre les deux points d'avance.

2° Pour régler la distribution de Gooch, il suffit de donner *successivement* des avances convenables aux deux excentriques et de régler la longueur de tige de tiroir, puisque l'avance est ici constante.

S4. *Comment procède-t-on pour régler la distribution de la vapeur dans le cas de l'application de la coulisse Waelschaerts?*

R. Pour régler la distribution Waelschaerts, il y a encore moins à faire puisque l'avance est donnée par des longueurs fixes de leviers. L'excentrique est calé d'une manière fixe sans

avance, c'est pourquoi il est souvent remplacé par une contre-manivelle.

Il suffit donc de toucher au rappel de la tige de glissière pour qu'à mi milieu de sa course, entre les points d'avance, elle soit au milieu de la table.

Il est extrêmement important qu'une machine soit bien réglée, surtout au point de vue de la consommation de combustible. Aussi il serait à désirer qu'on pût voir continuellement, sur des repères tracés sur la tige du tiroir et glissant devant une règle fixe, toutes les circonstances de la distribution, et de pouvoir ainsi remédier aux défauts sans démonter les couvercles de chapelle.

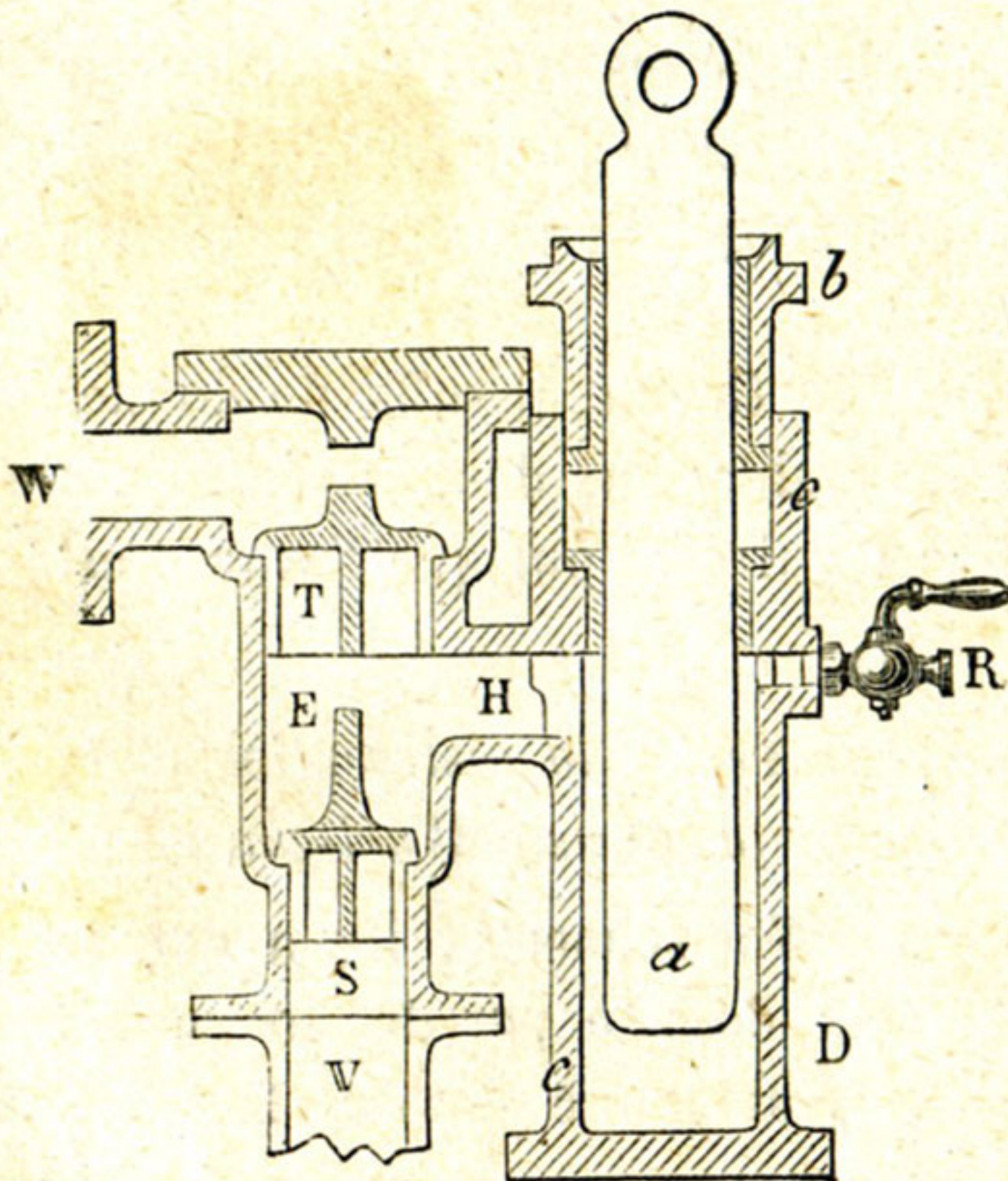
85. D. *Comment procède-t-on pour régler la distribution dans le cas où l'on emploie la coulisse de Pius Finck ?*

R. Les réglages qui précèdent étant bien compris, il suffira de savoir de plus que, dans le système de Pius Finck, la poulie excentrique doit être calée à l'opposé de la manivelle, pour arriver facilement à régler cette distribution.

86. D. *Décrivez une pompe alimentaire et indiquez comment cet appareil fonctionne ?*

R. Nous prendrons l'exemple d'une pompe verticale.

Fig. 24.



Cet appareil se compose des organes suivants :

a piston.

b presse-étoupe.

c corps de pompe.

E chapelle à soupapes.

S soupape d'aspiration.

T » de refoulement.

R robinet purgeur.

V tuyau aspirant.

W » foulant.

H conduit reliant la pompe à la chapelle.

Supposons le piston à la fin de la course, tel que la figure le représente ; en

Pompe
alimentaire.

s'élevant, le piston produira une dépression de l'air dans la pompe, et l'air contenu dans le tuyau V, sous l'influence de la pression atmosphérique extérieure, soulèvera la soupape S et s'introduira dans la pompe ; lors du refoulement, la soupape S se fermera, l'air sera comprimé, il soulèvera alors la soupape T et sortira de la pompe par le tuyau W.

Une série de coups de pistons finira par enlever l'air contenu dans le tuyau V. Ce tuyau étant plongé dans l'eau, l'eau s'élèvera dans le tuyau au fur et à mesure que l'air en sortira ; bientôt cette eau arrivera dans la pompe, où elle se comportera comme l'air s'y comportait un instant auparavant.

Remarquons en passant, quel circuit long, tortueux, l'eau doit parcourir en pénétrant dans une pompe et ne négligeons rien dans la construction de ces appareils pour faciliter le mouvement de l'eau. C'est ainsi que nous établirons de grandes soupapes, la partie annulaire entre le piston et le corps de pompe devra avoir une section suffisante, les raccordements du conduit H à la pompe et à la chapelle seront arrondis. Ce conduit aura au moins la section du piston.

87. *Comment procède-t-on à la mise en train d'une pompe alimentaire bien construite ?*

R. On ouvre doucement le robinet d'alimentation sur les chaudières ; on ferme le robinet purgeur et on donne le mouvement au piston de la pompe si ce mouvement était arrêté.

Si la pompe est dans de très bonnes conditions, elle fonctionnera après quelques coups de piston.

Si elle ne fonctionnait pas, on ouvrirait le robinet purgeur après avoir, au préalable, appliqué le doigt mouillé sur l'ouverture du robinet. Le doigt sera successivement attiré ou repoussé suivant le mouvement du piston ; à chaque refoulement, le doigt sera écarté pour livrer passage à l'air comprimé dans la pompe ; on devra se prêter à la sortie de l'air et se garder de laisser rentrer l'air dans la pompe lors de l'aspiration.

Après quelques coups de piston, l'eau jaillira par le robinet purgeur, on fermera ce dernier, et la pompe fonctionnera.

L'opération qui vient d'être décrite, a simplement pour but de faciliter la sortie de l'air contenu dans la pompe.

Cet air y tient la place de l'eau et empêche cette dernière de pénétrer dans la pompe.

Lorsque les pompes se trouvent installées dans les meilleures conditions, c'est-à-dire lorsque l'aspiration est peu profonde, lorsque la construction est parfaite, lorsque la soupape de refoulement T (fig. 24) ne supporte pas une grande pression, l'air sort de la pompe par la soupape T à chaque compression donnée par le piston, et les pompes fonctionnent sans qu'il soit nécessaire de recourir à un moyen artificiel pour provoquer l'évacuation de l'air de la pompe.

Mais, si l'on suppose une aspiration profonde, une pression relativement considérable sur la soupape de refoulement T, il pourra se faire que l'air contenu dans la pompe et dans la chappe, entre les deux soupapes, ne puisse être comprimé, lors du refoulement du piston, à une pression suffisante pour soulever la soupape de refoulement T. Alors l'air, n'ayant pas d'issue, reste dans la pompe, il est soumis à une suite de dilatations et de compressions successives, et le vide, ne pouvant se produire, l'eau n'est pas aspirée.

On conçoit qu'en facilitant la sortie de l'air de la pompe, au moyen du robinet purgeur, on puisse déterminer la mise en train de la pompe. Remarquons ici que le robinet purgeur devra toujours se placer à l'endroit où l'air s'accumule dans la pompe afin qu'il puisse avoir son effet complet.

Si la pompe était d'un fort calibre, le robinet purgeur aurait une ouverture trop large pour être fermée avec le doigt, il faudrait alors manœuvrer le bouchon du robinet de façon à faire sortir l'air comprimé à chaque refoulement du piston et à empêcher l'air extérieur d'entrer dans la pompe, lors de l'aspiration.

SS. D. *Quelles sont les causes les plus généralement observées, qui peuvent entraver la bonne marche d'une pompe ?*

R. 1° Des rentrées d'air par les tuyaux aspirants ou par le bourrage ;

2° Des fuites aux soupapes ,

3° L'échauffement de la pompe pour une cause quelconque ;

4° Une mauvaise construction.

89. D. *Comment découvre-t-on ces différents défauts?*

R. 1° Les rentrées d'air par les tuyaux aspirants et les bourrages se constatent par le bruit qu'elles produisent, par le suintement de l'eau, par la formation de globules d'air aux bourrages lors du refoulement. Il est bon, pendant la vérification, de faire fonctionner la pompe aussi vite que possible, afin d'accentuer plus fortement le bruit produit par les rentrées d'air.

2° Les fuites aux soupapes se constatent comme suit :

Si les fuites se présentent à la soupape de refoulement T (fig. 24), l'eau sortira par le robinet purgeur ouvert, soit que le piston de la pompe fonctionne, ou qu'il soit en repos, et pourvu que le robinet alimentaire soit ouvert.

Si l'eau descend dans la colonne aspirante, lorsque la pompe ne fonctionne pas, et qu'on est assuré qu'il n'y a pas de rentrée d'air par les tuyaux et par le bourrage, on a un signe certain que la soupape d'aspiration est défectueuse. Lorsque, pendant le mouvement du piston, le doigt appliqué sur le robinet purgeur sera continuellement aspiré, on en conclura que l'aspiration est vicieuse, et le défaut se rencontrera à la soupape d'aspiration ou aux tuyaux.

3° Si la pompe est chaude, elle pourra ne pas fonctionner, parce qu'il se formera de la vapeur entre les deux soupapes et dans le corps de pompe, et cette vapeur, ne permettant pas d'arriver à une dépression suffisante, s'opposera à l'aspiration de l'eau. Il faudra alors refroidir la pompe en l'aspergeant d'eau froide et en lui faisant aspirer de l'eau froide par le robinet purgeur. L'échauffement de la pompe se produit lorsque les soupapes sont défectueuses; l'eau d'alimentation qui s'est échauffée traverse les soupapes et s'écoule par le tuyau d'aspiration.

4° Si l'on est assuré du bon état des joints, des tuyaux, du bourrage, des soupapes, la pompe pourra encore être entravée dans sa marche par sa mauvaise construction.

Les défauts les plus communs sont :

a. trop peu de jeu entre les branches de la soupape et son siège ;

b. la soupape d'aspiration placée trop haut eu égard au tuyau qui relie la chapelle à la pompe ;

- c. trop ou trop peu de levée aux soupapes ;
- d. le tuyau de refoulement H, disposé de façon à permettre l'accumulation de l'air dans la pompe ;
- e. le robinet purgeur mal placé.

Si les soupapes ne jouent pas librement, elles pourront ne pas fonctionner.

Si la soupape d'aspiration est placée trop haut, eu égard au tuyau de refoulement H, l'eau, lors du refoulement, maintiendra la soupape ouverte et retournera en partie par le tuyau d'aspiration.

S'il y a trop de course, les soupapes peuvent sortir de leurs sièges et se renverser dans la chapelle.

S'il y a trop peu de course, l'ouverture donnée par les soupapes ne sera pas suffisante pour donner passage à la quantité d'eau voulue.

Il suffit que la hauteur de levée soit égale au quart de diamètre.

Si le tuyau de refoulement H n'est pas placé aussi près du bourrage que possible, l'air s'accumulera dans l'espace annulaire. Cet air se comprimera et se dilatera successivement, suivant le mouvement du piston, il empêchera de produire dans la pompe un vide suffisant et l'eau ne sera pas aspirée. On dit alors qu'il se forme des coussins d'air dans la pompe. On y remédie en plaçant des robinets purgeurs. Ces derniers doivent toujours se placer où l'air peut s'accumuler. Un robinet placé en D, par exemple, pourrait n'avoir aucun effet.

90. D. *Le bourrage des pompes est-il le même que celui destiné à la vapeur ?*

R. Il faut se garder de graisser les bourrages des pompes, la graisse ou l'huile s'introduit dans les soupapes, ces dernières adhèrent alors à leurs sièges ; il s'y fixe aussi les impuretés amenées par l'eau.

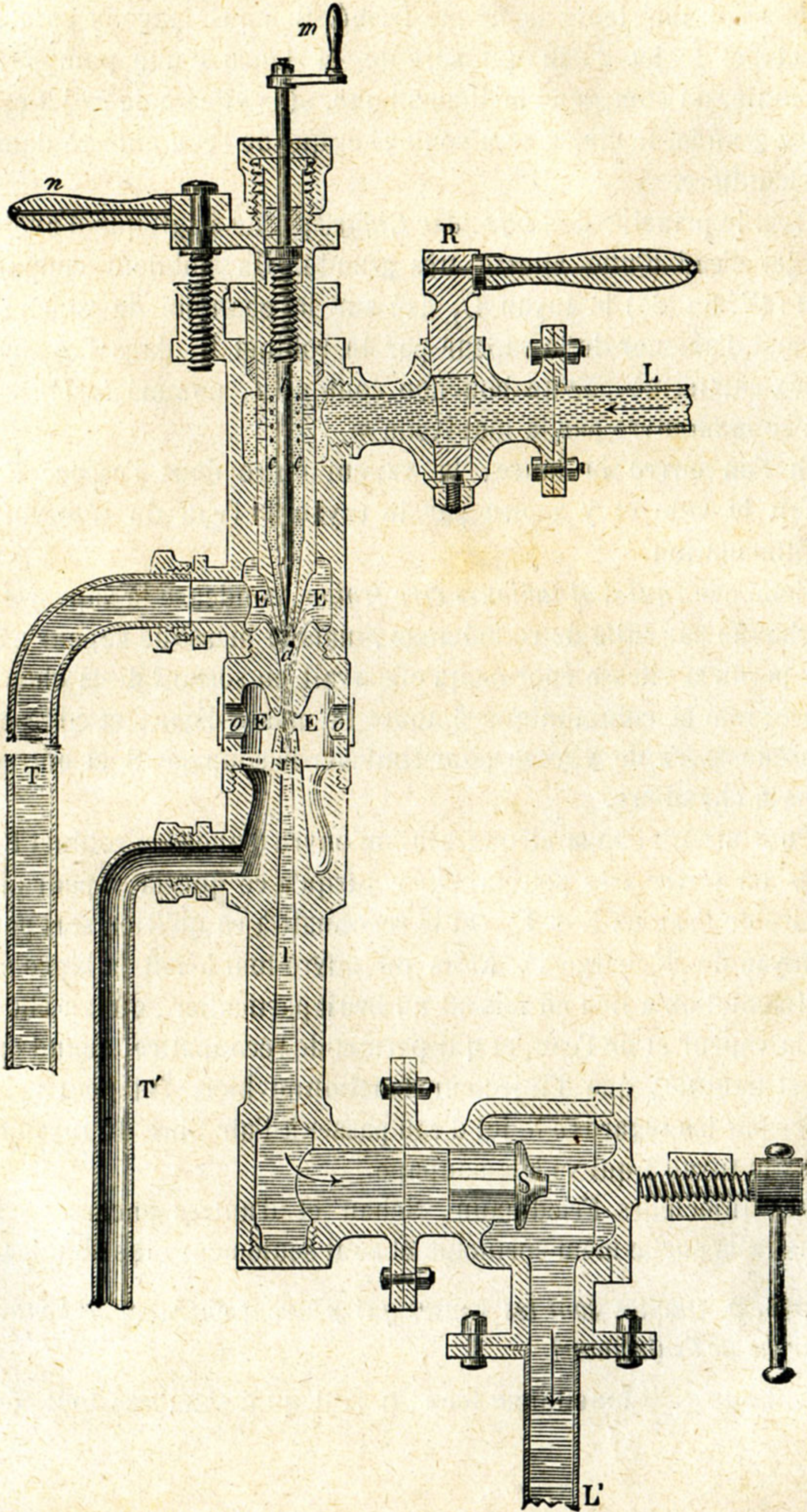
Le caoutchouc peut être employé avec avantage pour les bourrages des pistons des pompes.

91. D. *Quels sont les appareils qu'il conviendrait d'adapter à chaque pompe ?*

R. Une soupape de retenue au bas du tuyau aspirant.
Une soupape de sûreté sur le tuyau alimentaire.

92. D. Décrivez l'appareil Giffard et la manière dont il Injecteur-
fonctionne ?

Fig. 25.



R. Supposons une chaudière en pression, munie d'un clapet visible à l'extérieur et pouvant s'ouvrir en dedans, de sorte que la pression intérieure le tienne fermé. Si nous lançons contre ce clapet le jet d'eau qui sort de la lance d'une pompe à incendie, on comprend facilement que, si la vitesse de ce jet est assez grande, le clapet sera soulevé et que de l'eau entrera dans la chaudière.

C'est le principe de l'*injecteur Giffard*; il ne s'agit que d'avoir un jet d'eau d'une vitesse très grande. On l'obtient comme suit : (V. fig. 25) le tuyau L, fixé sur la chambre de vapeur, permet d'amener de la vapeur par le robinet R, dans l'espace creux *cc*, fermé par un bouchon conique *t*, nommé *la lance*, qui se manœuvre par la manivelle *m*.

Si l'on ouvre la lance, la vapeur entre dans l'espace E, y fait le vide et y aspire par le tuyau T l'eau du réservoir d'alimentation.

Cette eau, qui doit toujours être froide, condense la vapeur et s'échauffe par suite de ce mélange, mais la masse de vapeur n'a pas perdu la vitesse énorme qu'elle avait en sortant de la chaudière; elle la communique à toute la masse d'eau, et celle-ci possède assez de vitesse pour soulever la soupape S et entrer dans la chaudière.

Pour mettre l'appareil en train, on ouvre d'abord le robinet R, puis on ouvre très peu la lance jusqu'à ce que la vapeur ait aspiré de l'eau en E et E'. On le reconnaît à ce qu'il en sort par le tuyau de décharge T'. Alors on ouvre tout-à-fait la lance et l'alimentation a lieu en faisant un bruit particulier, dû au choc de la vapeur et de l'eau, et qui permet de reconnaître, quand on y est habitué, que l'injecteur fonctionne bien. On peut voir alors par les regards *o* le jet d'eau passer à l'air libre du tuyau *d* dans le tuyau I qui va à la soupape.

Les injecteurs Friedmann, Schau et d'autres encore sont construits sur le même principe et sont seulement plus simples.

93. D. *Quelles sont les causes qui peuvent entraver la bonne marche de l'injecteur?*

R. Pour qu'il fonctionne bien, il faut qu'il s'amorce tout de

R. Supposons une chaudière en pression, munie d'un clapet visible à l'extérieur et pouvant s'ouvrir en dedans, de sorte que la pression intérieure le tienne fermé. Si nous lançons contre ce clapet le jet d'eau qui sort de la lance d'une pompe à incendie, on comprend facilement que, si la vitesse de ce jet est assez grande, le clapet sera soulevé et que de l'eau entrera dans la chaudière.

C'est le principe de l'*injecteur Giffard*; il ne s'agit que d'avoir un jet d'eau d'une vitesse très grande. On l'obtient comme suit : (V. fig. 25) le tuyau L, fixé sur la chambre de vapeur, permet d'amener de la vapeur par le robinet R, dans l'espace creux *cc*, fermé par un bouchon conique *t*, nommé *la lance*, qui se manœuvre par la manivelle *m*.

Si l'on ouvre la lance, la vapeur entre dans l'espace E, y fait le vide et y aspire par le tuyau T l'eau du réservoir d'alimentation.

Cette eau, qui doit toujours être froide, condense la vapeur et s'échauffe par suite de ce mélange, mais la masse de vapeur n'a pas perdu la vitesse énorme qu'elle avait en sortant de la chaudière; elle la communique à toute la masse d'eau, et celle-ci possède assez de vitesse pour soulever la soupape S et entrer dans la chaudière.

Pour mettre l'appareil en train, on ouvre d'abord le robinet R, puis on ouvre très peu la lance jusqu'à ce que la vapeur ait aspiré de l'eau en E et E'. On le reconnaît à ce qu'il en sort par le tuyau de décharge T'. Alors on ouvre tout-à-fait la lance et l'alimentation a lieu en faisant un bruit particulier, dû au choc de la vapeur et de l'eau, et qui permet de reconnaître, quand on y est habitué, que l'injecteur fonctionne bien. On peut voir alors par les regards *o* le jet d'eau passer à l'air libre du tuyau *d* dans le tuyau I qui va à la soupape.

Les injecteurs Friedmann, Schau et d'autres encore sont construits sur le même principe et sont seulement plus simples.

93. D. *Quelles sont les causes qui peuvent entraver la bonne marche de l'injecteur?*

R. Pour qu'il fonctionne bien, il faut qu'il s'amorce tout de

suite et que, en marche, il ne s'écoule pas une goutte d'eau par la décharge.

Il ne fonctionne pas bien quand le tube *cc*, qui amène la vapeur, est trop ou trop peu engagé dans le tuyau *d*; on doit régler cet écartement au moyen de la manivelle *n*, selon la pression dans la chaudière.

Les bourrages sont une des principales causes de dérangement des Giffards. Les meilleurs sont en caoutchouc, et pour les conserver, il est essentiel de tenir le robinet *R* toujours fermé quand l'appareil ne fonctionne pas. Beaucoup de chauffeurs le laissent toujours ouvert et se contentent de fermer la lance *t*, mais il est évident qu'ainsi, celle-ci peut d'abord se ronger beaucoup et ne plus fermer, et qu'ensuite les bourrages sont bien plus exposés, étant toujours tenus à la pression de la chaudière dans de l'eau ou de la vapeur.

Il peut encore arriver que la soupape *S* reste levée; on voit alors l'eau de la chaudière sortir par les regards *O*. Il faut, pour y porter remède, avoir un robinet de sûreté placé sur le tuyau *L'* près de la chaudière.

Enfin une aspiration trop longue, ou de l'eau aspirée trop chaude, peut encore entraver la bonne marche de l'injecteur.

94. D. *Comment constate-t-on la bonne marche d'un condenseur ?*

Défauts des appareils de condensation.

R. Au moyen d'un appareil appelé indicateur du vide. Le vide parfait est indiqué par le nombre 76.

95. D. *Si l'indicateur du vide indiquait un vide trop imparfait, que ferait-on ?*

R. Le défaut peut provenir de la pompe à air; d'une fuite qui permettrait des rentrées d'air; d'un défaut à la distribution de vapeur au cylindre; d'une entrave à la libre arrivée de l'eau par le tuyau d'injection; d'une construction défectueuse de l'appareil condenseur.

Les défauts que peut présenter la pompe à air, sont à peu près les mêmes que ceux observés dans les autres pompes; ils se manifestent aux bourrages, aux soupapes, au piston.

On doit bien entretenir les bourrages, et à cet effet, les

renouveler souvent. Les soupapes laissent généralement peu à désirer à cause de leur mode de construction, si ce n'est à cause d'un trop long service; dans ce cas, le défaut est très visible.

Quant au piston, il doit être examiné plus ou moins souvent; l'expérience fixera le machiniste à cet égard.

Si la distribution de vapeur est vicieuse, il pourra être admis au cylindre une quantité de vapeur trop grande eu égard aux dimensions de l'appareil condenseur. On s'apercevra bientôt de ce défaut par une augmentation sensible dans la consommation de combustible et par une plus grande ouverture, qu'il sera nécessaire de donner au robinet d'injection.

Les rentrées d'air devront être évitées avec soin; elles pourront se produire aux joints, aux bourrages ou par une fissure. Ces rentrées d'air ne sont pas seulement à craindre au condenseur, mais aussi au tuyau de décharge de la vapeur et au cylindre.

Elles se manifestent par le bruit qu'elles produisent, à moins qu'elles ne soient très peu importantes; dans ce dernier cas, il faut beaucoup d'attention pour les découvrir.

Le tuyau d'injection peut s'obstruer et alors ne pas donner passage à la quantité d'eau voulue pour une bonne condensation. L'eau destinée à la condensation devra donc être à l'abri de toute impureté.

Enfin si l'appareil est vicieux par sa construction, ses vices se sont manifestés dès la mise en train de l'appareil.

C'est au constructeur de la machine qu'il convient de s'adresser pour remédier au mal.

Ainsi qu'on l'appréciera, la marche défectueuse de la condensation peut être amenée par des causes très diverses et l'on ne peut pas toujours les déterminer à première vue.

Il faut procéder par tâtonnement, l'observation et l'expérience réduiront les tâtonnements.

Nous ajouterons que, suivant l'état des eaux, le condenseur s'envase plus ou moins rapidement; les nettoyages ne devront pas être négligés, parce que les dépôts formés par les eaux diminuent la capacité du condenseur et s'opposent à la bonne marche de la pompe à air.

DU GRAISSAGE.

96. D. *Quelle est l'importance du graissage des surfaces frottantes ?*

R. Elle est très grande. Le graissage diminue considérablement les frottements et assure une longue durée aux organes. Mais comme il constitue une dépense importante, il faut, dans chaque cas particulier, employer la matière lubrifiante et le procédé de graissage les plus économiques.

97. D. *Quelles sont les matières employées pour graisser les surfaces frottantes dans les machines ?*

R. On emploie : 1° des matières végétales (huiles d'olive, de colza, de navette, etc.); 2° des matières animales (huiles de lard, de pied de bœuf, de poisson, suif fondu, suif en branche); 3° des matières minérales sous forme d'huiles (oléonaphtes russes et américains, valvoline, cylindrine ou suif minéral) et sous forme de graisses consistantes.

98. D. *Quels sont les avantages et les inconvénients de ces différentes classes de matières lubrifiantes ?*

R. Les huiles végétales et animales sont certainement les meilleures comme lubrifiants, c'est-à-dire qu'elles sont les plus efficaces pour diminuer le frottement auquel donne lieu le glissement de deux surfaces métalliques l'une sur l'autre sous une certaine pression. Mais elles sont d'un prix élevé, elles encrassent les machines et elles ont le grave défaut de se décomposer rapidement sous l'action de l'air, de la pression et de la chaleur, en deux substances dont l'une est un acide gras, matière corrosive qui, en présence du métal et des poussières de chaux en suspension, forme une substance appelée *cambouis*. Ajoutons que ces huiles sont plus ou moins siccatives, c'est-à-dire qu'elles sèchent à l'air.

Les huiles minérales ne sèchent pas, ne se décomposent pas et sont d'un prix beaucoup moins élevé que les huiles précédentes. Aussi leur emploi tend-il de plus en plus à se répandre.

Les graisses consistantes ont, de plus, l'avantage de pouvoir être plus avantagement utilisées que les huiles; ces dernières, à cause de leur fluidité, s'écoulent, en grande partie, sans

avoir été employées; la dépense d'huile est donc bien supérieure à la quantité réellement nécessaire; il en résulte une augmentation des frais de graissage. L'huile en s'écoulant a, en outre, l'inconvénient de salir la machine.

On diminue toutefois de beaucoup le premier inconvénient en recueillant les huiles rejetées et en les employant de nouveau après les avoir convenablement filtrées. Il existe des filtres spéciaux pour effectuer cette opération.

99. D. *Peut-on, à la seule inspection d'une huile ou d'une graisse, en apprécier la qualité?*

R. Non. Pour apprécier la valeur d'une matière lubrifiante, il faut soumettre cette dernière à des essais variés qui ne sont pas de la compétence du mécanicien. Mais comme ces essais ne suffisent pas toujours pour permettre de prévoir avec certitude quels sont les résultats que l'on obtiendra dans la pratique et que certains défauts d'une huile ou d'une graisse ne se révèlent que par l'usage, il appartient au mécanicien de signaler à son chef les inconvénients qu'il aurait l'occasion de constater.

100. D. *Quels sont les principaux inconvénients qu'une matière lubrifiante peut présenter à l'usage?*

R. La matière peut n'avoir pas comme lubrifiant les qualités voulues. Dans ce cas, il faudra, pour obtenir de la machine son travail normal, prolonger l'admission de vapeur au-delà de la valeur prévue. Si la détente ne peut être variée, la machine ne fera pas le nombre de tours demandé. Par suite de la résistance due au frottement, certains tourillons, pivots ou guides pourront chauffer.

L'huile peut avoir une tendance à gommer en séjournant entre les surfaces frottantes lorsque la machine reste au repos pendant un temps assez prolongé. La machine est alors difficile à mettre en train.

L'huile peut encore n'être pas assez visqueuse pour se maintenir entre les surfaces à lubrifier, malgré la pression qui applique ces dernières l'une contre l'autre. Elle s'écoule trop vite et doit être fréquemment renouvelée.

Elle peut aussi se décomposer et donner lieu à des matières corrosives qui attaquent les métaux.

Enfin elle peut dégager une odeur gênante.

101. D. *Comment doit-on graisser l'intérieur des cylindres à vapeur, les organes distributeurs et les bourrages des cylindres ?*

R. En ce qui concerne la nature de la matière lubrifiante à employer, il ne peut y avoir de doute. Les huiles végétales et animales doivent être proscrites. Nous avons dit, en effet, qu'elles se décomposent par la chaleur et donnent naissance à une matière acide qui exerce une action corrosive sur le cylindre et sur le piston ; il se forme par là un composé qui résulte de l'action de l'acide sur le fer et que l'on retrouve, sous forme de dépôts très durs, dans le cylindre, dans le condenseur et dans la chaudière.

Il faut donc préférer les huiles minérales de bonne qualité à tous les autres produits. Elles doivent être au préalable dégoutronnées et filtrées. On les trouve préparées dans le commerce sous le nom de cylindrine, valvoline, suif minéral, huile à cylindre.

On emploie les mêmes produits pour graisser les bourrages en chanvre. D'ailleurs, quand l'huile minérale est de qualité convenable, elle doit suinter à travers les bourrages et il est alors inutile de graisser spécialement ces derniers.

Quant à l'introduction de l'huile dans le cylindre et dans la chapelle, elle peut s'obtenir de deux manières. On peut établir des boîtes à l'huile en des points convenables des parois et laisser tomber l'huile directement sur les surfaces à lubrifier. On peut aussi installer un seul gros graisseur sur le tuyau d'amenée et laisser l'huile tomber goutte à goutte dans le courant de vapeur. La vapeur est ainsi rendue onctueuse et elle graisse toutes les surfaces avec lesquelles elle se trouve en contact. Ce dernier moyen est préféré aujourd'hui par beaucoup de constructeurs.

102. D. *Comment se fait le graissage des tourillons et des pivots ?*

R. On emploie des huiles ou bien des graisses consistantes

Le choix dépendra du prix des produits et des appareils graisseurs que l'on a à sa disposition.

Pour graisser à l'huile, on se sert de divers systèmes de graisseurs parmi lesquels la boîte à mèche de coton est le plus connu et le plus employé. On obtient ainsi un graissage continu qui est favorable à l'économie et à la bonne marche de la machine.

Tous les organes à lubrifier ne sont pas toujours munis de graisseurs.

Il faut alors y suppléer par un graissage modéré et souvent répété. Une grande quantité d'huile versée à la fois sur un tourillon ou sur une surface frottante quelconque ne produit pas un meilleur effet que la quantité d'huile strictement nécessaire; tout excès d'huile se répand en pure perte et salit les appareils.

Quand on emploie une graisse consistante, on place celle-ci dans un graisseur ayant la forme d'un cylindre dans lequel se trouve un piston monté sur une tige filetée, traversant le couvercle qui forme écrou. En faisant tourner de temps en temps un plateau fixé à la tige, le piston presse la graisse et la foule à travers une tubulure jusqu'à la surface à lubrifier. Dans certains appareils, le piston est pressé par un ressort et alors la pression est constante au lieu d'être intermittente. Ce dernier système est principalement employé pour les petits pivots, tandis que le précédent est préféré pour les tourillons de grandes dimensions.

L'emploi des graisses consistantes a permis de réduire dans une très notable proportion les frais de graissage des tourillons et pivots.

103. D. *Comment se fait le graissage des guides ?*

R. L'emploi des graisses consistantes demi-liquides est particulièrement recommandable pour cet usage. On se sert pour distribuer la matière lubrifiante, de graisseurs à piston et à ressort que l'on place sur le glisseau ou sur les glissières. Les surfaces frottantes doivent être munies de rainures assez profondes pour y loger la graisse.

104. D. *Que faudrait-il faire si l'on reconnaissait s'être servi d'une huile de mauvaise qualité ?*

R. Il faudrait graisser avec une huile de bonne qualité et assez abondamment pendant un jour ou deux, afin d'entraîner l'huile défectueuse dont l'influence pourrait persister longtemps sans cette dernière précaution.

ARRÊT DES MACHINES.

105. D. *Comment doit-on procéder pour arrêter la marche d'une machine à vapeur ?*

R. On ferme la prise de vapeur sur les chaudières ; on ferme le robinet d'injection du condenseur si la machine est à condensation, on ouvre les robinets purgeurs, enfin on ferme le modérateur de la machine.

106. D. *Pourquoi ferme-t-on la prise de vapeur sur les chaudières ; n'est-il pas suffisant de fermer seulement le modérateur de la machine ?*

R. Il est nécessaire de fermer d'abord la prise de vapeur sur les chaudières, afin d'éviter la condensation continue de la vapeur dans les tuyaux ; l'eau de condensation serait une entrave à la mise en train, elle pourrait se congeler en hiver et entraîner des bris.

Enfin par malveillance ou distraction, on pourrait, en agissant sur le modérateur de la machine, provoquer la mise en marche de cet appareil dans un moment inopportun et déterminer des accidents graves.

107. D. *Pourquoi doit-on se hâter de fermer le robinet d'injection du condenseur, lors de l'arrêt des machines ?*

R. Parce que, à cause du vide qui s'est produit dans le condenseur, dans le tuyau de décharge de la vapeur, et dans la partie du cylindre correspondante à la décharge, l'eau pourrait continuer à être aspirée dans le condenseur, puis gagner toute la capacité où règne le vide et arriver ainsi au cylindre, où elle déterminerait des chocs violents lors des mises en train.

L'ouverture des robinets purgeurs, en permettant les rentrées d'air, préviendrait les accidents. On ne doit pas avoir une confiance entière dans ces robinets, parce qu'ils peuvent s'obstruer.

D'autres fois, et le cas se présente souvent dans les machines

verticales, il n'existe qu'un robinet purgeur au cylindre. Enfin, dans les machines à enveloppe, avec circulation de vapeur, les robinets purgeurs ne desservent quelquefois que l'enveloppe et, dans ce cas, ils n'auraient aucun effet sur l'aspiration de l'eau.

Dans tous les cas, il sera prudent de contracter l'habitude de fermer le robinet d'injection lors de l'arrêt des machines.

108. D. *N'y a-t-il pas, en hiver, des précautions spéciales à prendre après avoir arrêté la machine ?*

R. Il faut avoir soin de purger parfaitement l'eau et la vapeur qui pourraient se trouver dans les tuyaux et appareils exposés à la gelée.

109. D. *Au point de vue des réparations à effectuer après l'arrêt des machines, comment procède-t-on ?*

R. Il faut démonter, avant le refroidissement, les pièces à réparer ou à vérifier et qui sont en contact avec la vapeur. Sans cette précaution, il est presque toujours impossible de démonter les boulons sans les briser.

110. D. *Quand doit se faire le principal nettoyage des pièces de la machine ?*

R. Aussitôt après l'arrêt, parce que toutes les pièces encore chaudes sont plus faciles à nettoyer.

111. D. *Si le chômage devait durer plusieurs jours, quelles seraient les précautions à prendre après l'arrêt de la machine ?*

R. Il faudrait démonter le piston et les tiroirs, graisser toutes les parties polies avec un mélange de graisse et de couleur blanche, de façon à prévenir toute oxydation.

PARTICULARITÉS DES MACHINES SPÉCIALES.

I. — Machines d'extraction.

112. D. *Est-il des précautions spéciales à observer pour la mise en train des machines d'extraction ?*

R. La mise en marche a lieu comme dans les autres machines ; elle est facilitée par la faculté de distribuer la vapeur des deux côtés du piston et de produire un mouvement de va et vient dans la machine, sans exiger une révolution complète ; ce mouvement permet de purger rapidement les eaux et d'échauffer le cylindre en peu de temps.

113. D. *La conduite des machines d'extraction diffère-t-elle des autres machines ?*

R. Non ; seulement, comme il est avantageux sous le rapport de l'économie du combustible de faire fonctionner les machines à détente, et que la coulisse qui produit le changement de marche permet aussi de varier la détente, il sera convenable de marcher toujours avec le modérateur complètement ouvert et de modérer la vitesse de la machine au moyen des différentes positions de la coulisse. Si ce procédé, bien simple à mettre en pratique, était toujours observé, on réaliserait de notables économies de combustible.

L'observation qui précède s'applique, d'ailleurs, également aux machines munies de distributions par soupapes commandées par des cames, qui permettent d'obtenir tous les degrés d'expansions possibles, quand les cames d'admission sont bien tracées. Nous ajouterons que dans beaucoup de machines de construction récente, la variation de la détente s'obtient automatiquement au moyen d'un régulateur de vitesse.

114. D. *Eu égard aux accidents graves qui pourraient résulter du bris de certaines pièces de la machine d'extraction, n'est-il pas nécessaire de veiller spécialement à la bonne conservation des organes ?*

R. Tout bris qui peut enlever au machiniste la faculté de manœuvrer la machine, peut avoir des conséquences désastreuses, parce qu'alors la machine, n'obéissant plus à l'action de la vapeur dirigée par le machiniste, est entraînée par le poids de la matière élevée, sa vitesse augmente à chaque tour et, après quelques révolutions, le puits et la machine sont exposés à de graves détériorations. Souvent aussi, on a à déplorer la mort de plusieurs ouvriers.

Nous citerons les bris qui peuvent déterminer les plus graves accidents et qui se présentent le plus souvent; ce sont : la rupture d'un tuyau à vapeur, d'une tige d'excentrique, de la manivelle, d'un pivot de la bielle, d'un engrenage, du piston à vapeur.

On devra donc entretenir spécialement les machines d'extraction dans le plus grand état de propreté afin de pouvoir constater un défaut dès sa naissance; les tuyaux à vapeur défectueux seront proscrits; on devra se garder de faire fonctionner les machines à contre-vapeur, sauf dans les cas exceptionnels, parce que, dans beaucoup de machines, la contre-pression pourrait faire écarter violemment le tiroir de la table et déterminer la rupture de la tige du tiroir ou plier cette tige.

115. D. *Dans quels cas travaille-t-on à contre-vapeur ?*

R. C'est lorsque les diamètres des bobines sont mal déterminés ou lorsqu'on veut faire descendre des charges, ou enfin lorsqu'on veut arrêter rapidement la machine.

116. D. *Le travail à contre-vapeur est donc quelquefois nécessaire ?*

R. Oui, mais si ce travail est exigé par suite d'un défaut dans le diamètre des bobines, qui peut être corrigé, il faut en faire part à un ingénieur, qui déterminera le diamètre à donner aux bobines afin d'arriver à l'équilibre, et se hâter alors, après l'avis de l'ingénieur, de remédier au mal.

Si l'on doit laisser descendre des charges ou arrêter brusquement la machine, il faut faire usage du frein appliqué sur l'arbre des bobines.

Si la machine n'a pas de frein, on doit mettre sa responsabilité à couvert en signalant le défaut à ses chefs et en refusant même d'opérer un travail dangereux.

117. D. *Quels sont les appareils de sûreté que devraient posséder les machines d'extraction ?*

R. Une sonnerie pour avertir le machiniste de l'arrivée des cages au pas du bure.

Un frein à la main sur le volant, si cet organe existe.

Un frein puissant sur l'arbre des bobines.

Un évite-molettes, afin d'arrêter la machine avant que la cage n'arrive aux poulies dites molettes.

118. D. *Quelle est l'étendue de la responsabilité du machiniste qui conduit une machine d'extraction ?*

R. Sa responsabilité est presque illimitée.

Continuellement avec la machine, il fait pour ainsi dire corps avec elle; il en apprécie les côtés faibles, il ne se produit pas la moindre usure, le plus petit défaut, des vibrations anormales, un choc inusité, une petite modification dans la marche, à l'arrêt ou au départ de la machine, enfin il ne se manifeste pas la plus petite variation dans l'appareil sans que le machiniste s'en aperçoive, s'il est intelligent et capable. Il peut donc presque toujours prévoir les accidents et les éviter. Toujours attentif par état, il ne peut invoquer d'excuse pour les accidents qui pourraient résulter d'une distraction; comprenant sa mission, il doit réclamer les appareils de sûreté nécessaires et à leur défaut, ne pas exécuter les manœuvres qui pourraient entraîner des accidents.

II. Machines d'épuisement.

119. D. *Comment s'opère la mise en train des machines d'épuisement de surface à mouvement alternatif ?*

R. Les grandes dimensions du piston et du cylindre, autorisant à croire à des retraits inégaux, lors du refroidissement des pièces moulées à la fonderie, on devra produire l'échauffement de ces organes avec précaution.

Le machiniste, en agissant sur les leviers, provoquera de petites courses afin de bien abreuver les pompes; il augmentera les courses petit à petit et ne laissera fonctionner la machine sans son aide, que lorsqu'il sera assuré que tout est en bon état.

120. D. *Quelles sont les causes des accidents qui se manifestent le plus souvent dans les machines d'épuisement à mouvement alternatif non munies de volants ?*

R. Une fermeture tardive de la soupape d'admission de vapeur, surtout dans les machines à détente, peut amener un choc violent contre les buttoirs et déterminer la rupture d'organes importants.

Une marche à humage entraîne des retombées de maîtresse-tige, toujours dangereuses.

La marche à humage peut se produire soit par l'épuisement des pahages, soit par un accident arrivé à une pompe, tel que : enclouage d'une soupape, rentrées d'air, bris d'un tuyau, d'une porte de chapelle, etc.

Un accident au jeu de fers peut avoir les plus funestes conséquences.

En raison des grandes masses en mouvement que présentent les machines d'épuisement à mouvement alternatif et de la liaison qui existe entre tous les organes, les accidents, lorsqu'ils se produisent, sont presque toujours très graves.

121. D. *Peut-on éviter les accidents ?*

R. Par une attention continue et une grande assiduité auprès de la machine, on évitera la marche à humage et on pourra réduire le nombre des chocs résultant d'une trop longue admission de vapeur, en agissant immédiatement sur le modérateur. Le machiniste ne devra donc quitter les fers que dans les cas urgents. Par une inspection attentive et souvent répétée des organes et par un grand état de propreté, on préviendra des ruptures qui pourraient compromettre l'existence de la machine. Les bourrages des tiges des soupapes devront être aussi doux que possible.

122. D. *Quelles sont les particularités de la mise en train et de la conduite des machines d'épuisement à rotation de surface ?*

R. Ces machines étant toujours chargées, la mise en train serait pénible, sans l'addition d'un petit appareil pour la distribution de vapeur au cylindre, qui se manœuvre facilement et rend extrêmement simple la mise en train des machines,

même les plus puissantes, ou sans la faculté de supprimer la détente. Il est particulièrement facile de supprimer la détente lors de la mise en train lorsque la distribution de la vapeur se fait au moyen de soupapes actionnées par des cames. Il suffit de retarder la chute de la soupape d'admission en la soutenant au moyen d'un levier, jusqu'au moment convenable.

Si la machine n'a pas de régulateur, le machiniste ne doit l'abandonner qu'en cas de grande nécessité, attendu que si, par suite d'un accident à une pompe, la machine venait à être déchargée et à s'emporter, elle pourrait entraîner la destruction presque complète de l'appareil et déterminer dans le puits de graves accidents.

123. D. *Quelles sont les particularités de la mise en train et de la conduite des machines d'épuisement souterraines?*

R. La mise en train peut offrir la même difficulté que dans le cas précédent. On arrivera à vaincre la résistance ou à la diminuer : ou bien en prolongeant suffisamment la durée de l'admission de vapeur pendant la première course du piston, si la détente peut être facilement et rapidement variée; ou bien en mettant en communication, au moyen d'un robinet, le corps de pompe, du côté par lequel doit se faire l'aspiration pendant la première course, avec la colonne de refoulement; la pression de l'eau que contient cette colonne vient alors en aide à l'effort de la vapeur pour opérer le refoulement par la face opposée du piston; ou bien enfin en vidant partiellement la colonne de refoulement.

Pendant la marche il faut principalement veiller : 1^o à ce que le cylindre à vapeur ne reçoive pas d'eau en quantité suffisante pour produire la rupture des couvercles ou d'autres parties de la machine; 2^o à ce que le réservoir d'air contienne de l'air en quantité suffisante pour remplir efficacement son rôle, lequel consiste à amortir les chocs dans la colonne foulée.

124. D. *Pourquoi l'arrivée d'une quantité abondante d'eau est-elle particulièrement à craindre dans les cylindres à vapeur des machines d'épuisement souterraine? Quels sont les moyens de la réduire et d'éviter les inconvénients auxquels sa présence peut donner lieu?*

R. Les chaudières étant établies à la surface, la vapeur doit parcourir, pour parvenir à la machine, un chemin considérable, parfois jusqu'à 600 mètres. Elle arrive donc au fond, mélangée d'une proportion notable d'eau de condensation.

Pour réduire la quantité d'eau qui parvient au cylindre, il faut envelopper la conduite de vapeur d'un enduit calorifuge aussi efficace que possible et établir sur cette conduite, le plus près possible de la machine, un purgeur automatique.

Pour empêcher les coups de bélier auxquels pourrait donner lieu l'eau qui, malgré le purgeur, est entraînée au cylindre, il faut faciliter autant que possible l'expulsion de cette eau. Celle-ci s'écoulera naturellement à chaque coup de piston si les lumières de décharge se trouvent à un niveau inférieur au bas du cylindre. Si cette condition n'est pas réalisée, il faudra y suppléer par des robinets purgeurs que le machiniste manœuvrera fréquemment. Une bonne précaution consiste à établir sur les couvercles, aux points les plus bas du cylindre, des soupapes de sûreté pressées sur leurs sièges par un ressort à boudin, lequel résiste à la pression la plus forte que peut atteindre la vapeur, mais cède devant l'eau que le piston tend à expulser.

125. D. *Pourquoi faut-il veiller à ce que le réservoir d'air contienne suffisamment d'air et comment peut-on l'alimenter?*

L'air, sous une forte pression, se dissout dans l'eau. On peut s'en assurer en abaissant la pression par l'ouverture d'un couvercle ou d'un obturateur. L'air dissous et comprimé se dégage en faisant mousser l'eau.

Il faut donc alimenter d'air le réservoir. Cette alimentation peut s'obtenir de différentes manières, notamment :

1° Au moyen d'une petite pompe foulante spéciale activée par la machine et dont la chapelle de refoulement communique avec le réservoir ;

2° Au moyen de reniflards que l'on installe sur le corps de pompe et qui, à chaque aspiration, permettent à une certaine quantité d'air du dehors de se mélanger à l'eau ; une partie de cet air se dégage dans le réservoir pour l'alimenter.

III. Machines locomotives.

126. D. *Que remarque-t-on spécialement dans la mise en train et la conduite des locomotives ?*

R. Peu de précautions suffisent pour la mise en marche des locomotives en dehors de celles qu'exige leur service spécial. Il faut veiller à ce que la chaudière soit suffisamment pleine d'eau, au moment de l'allumage, visiter soigneusement tous les appareils indicateurs de niveau et de pression, inspecter et graisser toutes les parties frottantes du mécanisme, ouvrir les robinets purgeurs quand on se met en marche.

En route, marcher avec le modérateur large ouvert, et détendre autant que possible dans les limites où la marche est économique, c'est-à-dire vers un quart ou 25 % d'admission. Si le travail à effectuer, par suite d'un parcours en pente ou autrement, vient à descendre plus bas que ce que donne ce degré d'admission, il vaut mieux diminuer un peu la quantité de vapeur qui passe au modérateur que de diminuer encore l'admission.

Remettre le levier à fond et ouvrir les purgeurs chaque fois qu'on cesse d'admettre de la vapeur avant les arrêts. Enfin, visiter et graisser à chaque arrêt qui le permet.

Les chaudières présentent quelquefois des fuites qu'on peut supprimer en rematant les joints ou les rivets qui perdent. — Ce rematage ne doit jamais être fait sous pression.

Les chaudières tubulaires laissent parfois fuir l'eau autour des tubes. Il faut les remater avec la plus grande précaution pour ne pas ébranler les tubes voisins.

Il arrive parfois qu'un tube crève en marche, il faut alors se hâter, si la longueur du foyer le permet, de chasser un tampon de bois ou de fer à chaque extrémité du cube crevé, à moins qu'on ne puisse arrêter la machine et éteindre le feu.

Dans les parois planes entretoisées, il faut s'assurer souvent par le son que les entretoises rendent au marteau qu'elles ne sont pas brisées.

Presque tous les accidents aux machines exigent l'arrêt et une réparation pendant un chômage.

127. D. *Y a-t-il inconvénient à marcher à contre-vapeur avec une locomotive ?*

R. Non, c'est un préjugé que la marche à contre-vapeur fatigue plus la machine que la marche directe; mais il faut que des précautions soient prises pour empêcher l'aspiration dans la boîte à fumée des gaz chauds et des escarbilles.

128. D. *Quelles sont les précautions à prendre pour la marche à contre-vapeur ?*

R. Il suffit d'injecter un léger filet d'eau de la chaudière dans le tuyau de décharge ou les chapelles, pour éviter d'aspirer dans les cylindres de l'air chaud entraînant des escarbilles.

L'insuffisance du volume d'eau injectée se manifeste de la manière suivante :

1° il ne s'échappe pas de vapeur de la cheminée, ou elle est trop sèche et s'échappe par jets intermittents ;

2° la pression s'élève dans la chaudière ;

3° l'injecteur cesse de fonctionner ;

4° les garnitures des bourrages, des tiges de tiroirs et de pistons s'échauffent et brûlent rapidement, les tiroirs grippent.

Lorsque la pression monte dans la chaudière, et que les injecteurs refusent, il suffit, pour diminuer la pression, d'ouvrir un instant le souffleur.

Lorsque l'injection d'eau est trop considérable, la décharge se transforme en véritable pluie, et cet excès d'eau enlevée à la chaudière, a pour effet d'augmenter inutilement la dépense en combustible.

Pour faire fonctionner l'appareil à contre-vapeur, la machine étant en marche, le machiniste doit procéder comme suit :

1° ouvrir le robinet d'injection ;

2° renverser la distribution, en tournant la vis de changement de marche, jusqu'au premier cran de la marche en arrière ;

3° ouvrir en grand le modérateur ;

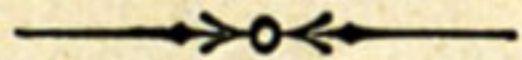
4° manœuvrer l'appareil de changement de marche, en continuant à l'éloigner du point mort, suivant la résistance qu'il veut obtenir et régler l'injection d'eau.

Lorsque l'emploi du frein à vapeur n'est plus nécessaire, le machiniste doit :

1° ramener l'appareil de changement de marche au premier cran en arrière ;

2° fermer le modérateur ;

3° fermer les robinets d'injection.



ANNEXE.

129. D. *Quelles sont les matières employées pour les joints destinés aux appareils de la vapeur ?*

R. Le mastic serbat, le mastic diamant, le caoutchouc sous forme de feuille ou de cordon, le minium, les rondelles métalliques entourées de chanvre imbibé de minium, la toile ou le papier recouvert de minium, des feuilles de plomb découpées suivant la forme du joint, des fils de cuivre contournés suivant les surfaces à réunir et dont les deux extrémités sont soudées ensemble, le mastic de fer, le carton d'amiante.

130. D. *Dans quel cas emploie-t-on ces différentes matières ?*

R. Le mastic serbat et le mastic diamant s'emploient pour des joints aux cylindres et aux chapelles et pour ceux exposés à la chaleur de la vapeur.

Les surfaces à réunir par le mastic serbat doivent présenter un assez grand contact, elles doivent être bien planes et être munies de rainures. Le mastic doit être bien battu jusqu'à ce qu'il ait acquis la consistance d'une pâte molle. Afin d'éviter la sortie du mastic lors du serrage des joints, on mélangera au mastic du chanvre haché, ou on y intercalera, sur tout le pourtour du joint, une corde fine. Ces dernières précautions ne sont pas nécessaires pour le mastic diamant.

Le caoutchouc en feuilles peut être employé pour tous les joints, sauf ceux exposés à une forte chaleur. Son prix assez élevé en limite souvent l'usage. Il doit être surtout employé pour les conduites de tuyaux, les joints aux condenseurs, ceux soumis à des vibrations, à des démontages fréquents, pour les trous d'hommes sur les chaudières, enfin pour les joints peu accessibles.

Le joint en feuilles de caoutchouc est surtout parfait sur les surfaces planes à rainures. Le caoutchouc s'engage dans les rainures, et il se maintient sur la place assignée. Il n'est pas prudent d'employer le caoutchouc pour l'assemblage des tuyaux ayant des côtes aux collets; les côtes coupent le joint, et si le joint n'est pas parfaitement centré, sa largeur au point coupé peut être trop petite pour s'opposer aux fuites de vapeur.

Sous forme de fil, on doit en entourer l'orifice du joint à une certaine distance, puis l'entourer lui-même d'un cercle de fil de cuivre soudé. Dans ces conditions on peut en faire de bons joints de vapeur.

Le minium, la toile ou le papier recouverts de minium, conviennent très bien pour les grands joints plats à surfaces dressées, des couvercles de cylindres et des chapelles. Si on emploie le minium seul, il doit être sous forme de couleur épaisse, les surfaces à réunir doivent présenter des rainures. On doit s'assurer que le minium ne contient aucun corps dur et d'un volume qui s'opposerait au contact des surfaces. La falsification du minium rend cette dernière précaution nécessaire.

Les rondelles métalliques, entourées de chanvre recouvert de minium, s'emploient pour les tuyaux dont les collets présentent des côtes. Ce joint est disgracieux à cause de son épaisseur, il ne résiste guère aux vibrations, il est coûteux à cause de la main-d'œuvre qu'il nécessite. On fera bien d'enlever les côtes aux tuyaux et de faire usage de joints en caoutchouc.

Les feuilles de plomb ne sont pas recommandables, le plomb conserve l'empreinte qu'il a reçue, il ne présente pas d'élasticité, il est petit à petit attaqué par la vapeur et des fuites se manifestent rapidement. De plus, eu égard à la main-d'œuvre et au déchet que l'on obtient en coupant les joints dans une feuille de

plomb, ce joint est d'un prix élevé. Les fils de cuivre sont employés pour des joints circulaires des tuyaux et des couvercles de cylindre. Il faut avoir soin de faire le premier joint le plus grand possible, contre les boulons de serrage, parce que, lorsqu'il se manifeste une fuite, la vapeur ronge les surfaces du joint à l'endroit de la fuite, il faudra alors faire un second joint plus petit que le premier, de façon à laisser la partie rongée à l'extérieur du joint. Après une série de joints, on devra faire dresser les surfaces. L'inconvénient du joint au fil de cuivre ressort de sa description; mais on le rend parfait en le complétant, comme nous l'avons dit plus haut, par l'insertion à l'intérieur de la circonférence du fil d'un cordon de caoutchouc plus épais que lui.

Le mastic de fer est employé pour des joints à surfaces irrégulières, pour l'assemblage des tuyaux à moufles, pour le raccordement des cuissarts aux chaudières. On doit éviter ces joints, qui ne présentent pas d'élasticité, résistent mal aux vibrations et aux dilatations; de plus, ils demandent une main-d'œuvre coûteuse.

Ils devront aussi être rejetés pour tous les joints qui doivent se démonter souvent.

Le carton d'amiante s'emploie souvent aux joints des chaudières et des cylindres à vapeur.

131. D. *Quels sont les joints employés pour les appareils contenant de l'eau?*

R. Le caoutchouc, le minium, les rondelles métalliques entourées du chanvre imbibé de minium, la toile ou le papier recouvert de minium, les feuilles de plomb découpées suivant forme de joint, les fils de cuivre, le mastic de fer.

132. D. — *Dans quels cas emploie-t-on ces différents joints?*

R. Le caoutchouc doit être préféré. Il s'emploie sous forme de rondelles plates quand la pression de l'eau n'est pas trop considérable. Pour des pressions très élevées, on fait usage de petits tores (anneaux de section ronde) de 5 à 6 millimètres de diamètre, serrés dans des emboîtements qui les empêchent de s'échapper sous la pression. Tel est le joint *Armstrong*.

Les rondelles métalliques entourées de chanvre imbibé de minium sont des joints coûteux, disgracieux, d'une durée limitée.

Le minium, la toile et le papier avec minium, ne peuvent s'employer que pour les parties bien serrées et on doit laisser sécher le joint avant de le rendre actif.

Les feuilles de plomb pourront être employées avec avantage; elles ne présentent pas, pour l'eau, les mêmes inconvénients que pour la vapeur.


Il en est de même des fils métalliques; ces derniers peuvent être recommandés.

On devra autant que possible éviter le mastic de fer.

Le mastic serbat, ne se consolidant que par la chaleur, devra être écarté pour tous les joints froids ou à température peut élevée.



POST-SCRIPTUM.



CONSEIL AUX CHEFS D'USINES.



Si le *savoir* est une condition nécessaire du succès de l'industrie, il n'en est pas la condition unique et suffisante. Le *savoir* a pour collaborateur indispensable *l'intérêt*.

L'économie de la force motrice dans les usines mues par la vapeur, ne repose pas uniquement sur le *savoir* du chauffeur-mécanicien, mais en même temps sur sa *bonne volonté*.

Il est certain que si le chauffeur est incapable, les qualités de l'appareil peuvent être plus ou moins altérées; et que s'il est capable, mais négligent, le résultat sera le même.

Il ne suffit donc pas d'instruire le chauffeur-mécanicien, il importe aussi de développer chez lui l'esprit de responsabilité.

Rien de plus simple et de plus efficace, pour cela, que de l'intéresser au succès et au progrès de son travail: il deviendra alors un puissant élément de prospérité pour l'industrie.

Il n'est guère, semble-t-il, que dans les chemins de fer où ces idées soient mises en pratique, et où les administrations sachent préserver l'intérêt de la force motrice, en confiant cet intérêt à l'initiative du mécanicien.

Dans les chemins de fer, le salaire du mécanicien ne dépend pas seulement de son *savoir-faire*, mais aussi de sa *manière de*

faire, de son activité aussi bien que de son intelligence. En un mot, s'il procure une économie, elle n'est pas entièrement perdue pour lui-même; on met en œuvre son intérêt aussi bien que son savoir : tout progrès est formulé par un accroissement de profit réel pour lui.

Chez l'ouvrier, comme chez le patron, l'intérêt est le puissant auxiliaire du savoir.

Pourquoi l'exemple des chemins de fer, que tout le monde a sous les yeux depuis tant d'années, est-il si peu imité?

Il ne suffit pas qu'une locomotive n'ait consommé qu'un certain maximum de charbon; il faut qu'elle ait accompli son trajet avec sa charge dans un temps fixé; en cas de retard, le mécanicien doit en rendre compte et dégager sa responsabilité.

Le contrat entre l'Administration et le mécanicien est réel.

En serait-il de même dans une usine ordinaire? Le conducteur d'une machine peut très facilement réduire sa consommation sans la moindre peine : par exemple, il n'a qu'à prolonger la détente et diminuer le nombre de tours de l'arbre moteur, etc., etc., les procédés fallacieux ne sont pas en petit nombre.

En termes plus généraux, il est facile de diminuer la dépense, en diminuant le travail utile du moteur; mais dans de telles conditions, on économiserait d'une main et l'on prodiguerait de l'autre.

Le contrat entre le patron et le mécanicien serait illusoire.

Il faut donc un contrôle analogue à celui qui existe sur les chemins de fer. Il faut, par exemple, tout en dépensant moins de charbon, que le meunier obtienne la même marchandise de ses meules, que le constructeur soit assuré du travail de ses outils, etc., etc.

Or, ce contrôle est bien simple à établir : chaque machine à vapeur, quelle qu'en soit la destination, doit être munie d'un compteur inaccessible.

Alors le patron et le mécanicien peuvent traiter ensemble comme le mécanicien d'un chemin de fer et l'Administration.

Les termes du contrat sont bien simples :

La machine à vapeur doit effectuer un nombre moyen minimum

de révolutions par heure ou par journée, avec un maximum de combustible (calculé d'après des données équitables), toute dépense économisée sur ce maximum sera partagée entre les parties dans un rapport convenu ; le règlement du compte aura lieu au bout d'une période convenue.

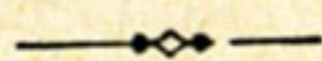
Un chauffeur intelligent et laborieux chercherait toujours à s'instruire et à faire tourner au profit de l'industriel et de son ménage l'instruction qu'il aurait acquise, soit par ses lectures, soit par son expérience, soit enfin par la sagacité de ses observations.

Il rechercherait avec soin les défauts du fourneau, les corrigerait lui-même ou les indiquerait : il se garderait bien de transiger avec sa conscience sur l'opportunité de nettoyer les carneaux, la chaudière, la machine, de faire les entretiens et les réparations en temps utile.

Il apporterait dans le choix et la comparaison des différents combustibles, des huiles, des graisses, etc., etc., un jugement droit et sévère : il serait enfin préservé de la perfide charité des *pourboires*, déshonneur du commerce, attentat insolent et criminel d'une concurrence déloyale, à la dignité du travailleur.

L'économie ne consisterait pas alors seulement dans la diminution du charbon brûlé, mais dans la simplification de la surveillance et dans toutes les améliorations qui dépendent de la valeur morale de l'ouvrier.

TABLE DES MATIÈRES.



	Pages.
Avant-propos	V
Introduction de la première édition	VII
1^{re} PARTIE. — De la combustion et de la conduite du feu.	
De la combustion	1
Du fourneau	3
De la conduite du feu.	6
2^e PARTIE. — Des règles à suivre dans le chauffage des chaudières au point de vue de la sécurité	
	15
De la visite des chaudières	23
3^e PARTIE. — Conduite des machines à vapeur.	
Principaux genres de moteurs à vapeur.	31
Machine à pleine pression	31
" à détente à un cylindre	32
" Woolf	32
" Compound	33
De la condensation	35
Comparaison des différents genres de moteurs à vapeur	36
Variation de la puissance des machines.	38
Régulateur de vitesse	38
Des différents systèmes de détente	39
Distributions à détente fixe	40
" " variable	44

Mise en marche des machines à vapeur	57
Machines à pleine pression.	57
» à détente à un cylindre.	59
» Compound.	60
Mise en marche de la condensation	60
De l'enveloppe de vapeur	62
Conditions dans lesquelles doivent se trouver les principaux organes des machines à vapeur	62
Cylindre à vapeur	62
Distributeurs	65
Piston à vapeur	67
Bourrages	68
Bielles	70
Des principaux défauts de montage	70
Échauffement des coussinets	83
Réglage des distributions de vapeur.	84
Pompe alimentaire	88
Injecteur	93
Défauts des appareils de condensation	95
Du graissage.	97
Arrêt des machines	101
Particularités des machines spéciales	103
I. Machines d'extraction.	103
II. Machines d'épuisement	105
III. Machines locomotives.	109
Annexe	111
Post-Scriptum. — Conseils aux chefs d'usines	115

EN VENTE CHEZ LE MÊME ÉDITEUR :

- BEER, de VAUX, DECHAMPS et STÉVART.** — Catéchisme des chauffeurs et des conducteurs de machines, traduit en flamand par M. HOUTAPPEL. In-8° de 126 pages 1 fr. 50
- BROWN, Henri-T.,** éditeur de l'*American Artisan*. — Cinq cent et sept mouvements mécaniques renfermant tous ceux qui sont les plus importants dans la dynamique, l'hydraulique, l'hydrostatique, la pneumatique, les machines à vapeur, les moulins et autres machines, les presses, l'horlogerie et les machines diverses, et contenant beaucoup de mouvements inédits et plusieurs qui sont seulement depuis peu en usage. Traduit de l'anglais avec l'autorisation de l'auteur, par HENRI STÉVART, ingénieur. Un beau volume in-4° de 122 pages avec 507 figures en lithographie. Tirage soigné. Joli cartonnage en toile anglaise. 2 fr.
- DESOER, Florent,** avocat à la Cour d'appel de Liège. — Les lois belges à la portée de tous. Dictionnaire pratique de législation d'après les codes en vigueur en Belgique et les lois les plus récentes, contenant : la définition de tous les mots de la langue juridique, les notions élémentaires de droit, des conseils pratiques sur la tenue des livres et de nombreuses formules d'actes avec indication des droits de timbre et d'enregistrement, suivi du nouveau code rural belge. Troisième édition complètement remaniée et remise à jour. Un fort volume in-8° de 873 pages, fort cartonnage en pleine toile anglaise. . . . 6 fr. 50
- DWELSHAUVERS-DERY, V.** — Théorie des moteurs à vapeur. In-8° accompagné de 2 planches hors texte 2 fr. 50
- Les découvertes récentes concernant la machine à vapeur. In-8° de 168 pages 4 fr.
- Étude de huit essais de machine à vapeur 2 fr.
- Données relatives à la machine à vapeur 5 fr.
- Documents sur le laboratoire de mécanique 5 fr.
- DWELSHAUVERS-DERY, V. et BEER, Ch.,** ingénieurs. — Théorie nouvelle des régulateurs. In-8° orné de 15 figures 2 fr. 50
- FLAMACHE, HUBERTI et STÉVART,** professeurs aux Universités de Gand, Bruxelles et Liège. — Traité d'exploitation des chemins de fer ;
- Tome I : Route, voie et appareils de la voie 20 fr.
- Tome II : 1^{er} fascicule : Signaux 15 fr.
- 2^e " : Stations 15 fr.
- Tome III : Matériel roulant 20 fr.
- Tome IV : La Locomotive, la Traction et les Freins 40 fr.
- LEDENT.** — Traité pratique de la Fonderie de fer. In-8° 8 fr.
- PARIDANT.** — Nouveau barème ou méthode facile pour cuber les arbres en grume. In-12 de 39 pages. 75 c.
- TROISFONTAINES.** — Des accidents. Secours à donner avant l'arrivée du médecin. 1 vol. in-12 de 91 pages, avec 24 fig. dans le texte. 1 fr. 50 (Ouvrage recommandé par le gouvernement belge.)