

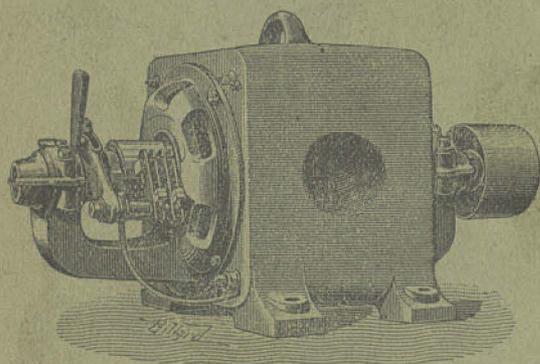
L. PREUX

Licencié ès Sciences mathématiques et ès Sciences physiques  
Directeur d'Ecole professionnelle.

MUSEUM  
COMPTON  
1804

# La Force et la Lumière

à la Ferme et dans la petite Industrie



PARIS

VUIBERT ET NONY ÉDITEURS

63, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 63

1908

(Tous droits de traduction et de reproduction réservés.)



LA FORCE ET LA LUMIÈRE



L. PREUX

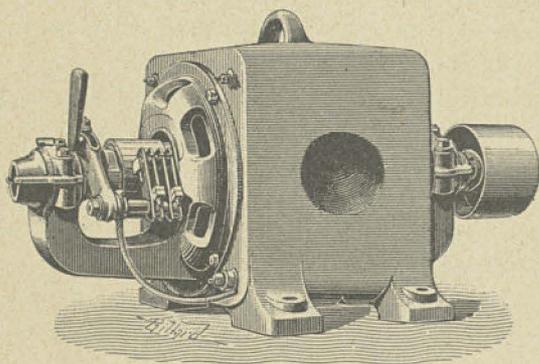
Licencié ès Sciences mathématiques et ès Sciences physiques  
Directeur d'Ecole professionnelle



N. 16  
B-3

# La Force et la Lumière

à la Ferme et dans la petite Industrie



PARIS

VUIBERT ET NONY ÉDITEURS

63, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 63

1908

(Tous droits de traduction et de reproduction réservés.)



## AVANT-PROPOS

---

Jusqu'ici, les livres de vulgarisation qui ont été publiés sur les moteurs et leurs applications étaient plutôt destinés à l'usine, à la grande industrie. Ces ouvrages, généralement volumineux, exigeaient une préparation spéciale pour être lus avec profit.

Nous avons désiré faire un petit livre, une sorte de memento pratique à l'usage de l'enseignement primaire supérieur et de l'enseignement professionnel. Nous avons cherché à être utile également aux personnes de métier qui, éloignées des villes et n'ayant reçu aucune éducation scientifique, seraient heureuses cependant de profiter des progrès de la Science.

Il est d'ailleurs hors de doute que le cultivateur, aujourd'hui plus que jamais, doit utiliser la machine-outil. Les concours agricoles montrent jusqu'à quel point le cultivateur de progrès doit être doublé d'un mécanicien.

Dans une ferme, un bon moteur, intelligemment installé, peut servir à la marche des différentes machines-outils : écrémeuse-centrifuge, baratte, hache-paille, coupe-racines, lave-betteraves, concasseur de grains, tarare, batteuse, etc.

En l'utilisant, le cultivateur diminuera sa main-d'œuvre et obtiendra un travail mieux fait et plus vite fait. Il pourra de plus obtenir la lumière électrique, sur les avantages de laquelle il est inutile d'insister.

Quant au petit industriel, il peut, grâce au moteur, songer à étendre son industrie, en abordant des applications que jusque-là la rareté de la main-d'œuvre ou bien le prix coûtant du travail lui avait fait rejeter.

Mais, s'il est bon, en principe, d'avoir un moteur, autre chose est de connaître ce moteur, de l'acheter, de l'installer, de l'entretenir. Ici, le cultivateur ou le petit industriel non informés peuvent devenir le jouet du fabricant.

Quelle est la force qui leur est nécessaire ?

Le moteur qu'on veut leur vendre a-t-il réellement la puissance qu'on leur promet ?

Faudra-t-il faire venir à grands frais un mécanicien le jour où se produira la première panne ?

Les services que les cultivateurs ou les petits industriels peuvent attendre d'un moteur sont-ils à la merci d'un fabricant ou d'un entrepreneur peu consciencieux ?

C'est pour répondre à ces interrogations que nous avons écrit ces quelques pages.

On trouvera de plus à la fin du livre des plans complets de diverses installations répondant à différents besoins : petite culture, moyenne ou grande culture, petite industrie.

Les dimensions à observer dans le détail de chaque installation y ont été calculées et relevées avec soin. Les croquis cotés au 1/100 sont dus à l'obligeance d'un spécialiste distingué, M. l'ingénieur Leroy, auquel nous sommes heureux de rendre hommage.

L. PREUX.

---

PREMIÈRE PARTIE

LE MOTEUR

---

1<sup>re</sup> LEÇON

NOTIONS GÉNÉRALES sur les MOTEURS  
LE MOTEUR A EXPLOSION

---

Notions préliminaires : force, travail, puissance.

**Force.** — Chacun sait que la *force* est *ce qui fait mouvoir les corps*. Par convention, on a choisi comme *unité de force* celle qu'il faut développer pour soutenir un poids marqué de *1 kilogramme* <sup>1</sup>.

**Travail.** — Quand une force déplace un corps, on dit qu'elle travaille. L'*unité de travail* est le travail qu'il faut faire pour soulever 1 kilo à un mètre de haut : c'est le *kilogram-mètre* <sup>2</sup>.

Par suite, une force de 1 kg. qui se soulèverait, c'est-à-dire se déplacerait verticalement de 2, 3, 4, 20 mètres, produirait un travail de 2, 3, 4, 20 kgm.

De même, une force de 2, 3, 4, 20 kg. qui se déplacerait de 1 mètre produirait un travail de 2, 3, 4, 20 kgm.

Il résulte de ces deux faits que, par exemple, une force de

---

1. kilogramme : en abrégé kg.

2. Kilogrammètre : en abrégé kgm.

4 kg. se déplaçant de 20 mètres produirait un travail de  $4 \times 20$  kgm.

D'une façon générale, le travail d'une force s'obtient, en kilogrammètres, en multipliant la force par l'espace parcouru.

**Puissance.** — Les moteurs diffèrent entre eux par la quantité de travail qu'ils peuvent produire dans un temps déterminé, une seconde par exemple. Quand un moteur en marche produit un travail de 75 kgm. par seconde, c'est-à-dire s'il peut soulever de 1 mètre un poids de 75 kg., par chaque seconde, on dit qu'il a une puissance de 1 cheval.

**Cheval-force.** — Le cheval-force, qu'on appelle généralement et à tort cheval-vapeur<sup>1</sup>, ne représente pas nécessairement la puissance d'un cheval ordinaire. Un moteur de 1 cheval-force peut en effet travailler 24 heures par jour avec la puissance régulière de 75 kgm. à la seconde ; un cheval ordinaire pourrait à peine faire ce travail pendant 7 à 8 heures : il est vrai que dans un « coup de collier » il peut produire bien davantage.

Un homme tournant une manivelle, celle d'un treuil par exemple, ne possède guère une puissance supérieure à un dixième de cheval. Il est capable de développer en moyenne un travail de 4 à 8 kilogrammètres par seconde pendant 8 heures par jour.

### Les moteurs.

Depuis longtemps, on a songé à employer la force énorme que peut produire le charbon en brûlant<sup>2</sup>.

Un kilo de charbon serait capable de porter à l'ébullition

---

1. Cheval-vapeur : en abrégé HP (du nom anglais Horse-Power).

2. 1 kilo de charbon produit en brûlant 7500 Calories, c'est-à-dire qu'il peut élever de 1 degré 7500 litres d'eau.

plus de 70<sup>ks</sup> d'eau et par suite — le calcul le démontre — de produire 10 chevaux-vapeur pendant plus d'une heure.

Mais il s'en faut que ce résultat soit obtenu ; les différentes machines qui transforment ce kilo de charbon en énergie diffèrent par le rendement.

Jusqu'ici, les meilleures machines à vapeur (machines à détente variable) consomment au moins 800<sup>s</sup> de charbon pour produire la force d'un cheval-vapeur pendant 1 heure. Aujourd'hui, ce dernier résultat est obtenu par des moteurs à gaz pauvre qui consomment moins de 400<sup>s</sup> de charbon par heure.

Comme, pour une production de force, c'est toujours le combustible qui coûte, on voit combien les moteurs dits à explosion (moteurs à essence, à benzol, à gaz pauvre) sont intéressants à étudier.

### Le moteur à explosion.

Comment donc est constitué ce merveilleux moteur qui permet de faire une économie de plus de moitié dans la dépense de combustible ?

Un mélange convenable de gaz et d'air<sup>1</sup> faisant explosion dans le fond d'un cylindre fermé par un piston (*fig. 4*) tel en est le principe. L'explosion chasse le piston, qui pousse la bielle et le volant. Il suffit alors de faire échapper le gaz brûlé et d'admettre à sa place du nouveau gaz. La suite de ces opérations continue et se décompose ainsi en périodes de 4 temps :

- |                                    |   |                                 |
|------------------------------------|---|---------------------------------|
| 1° <i>Aspiration du gaz</i>        | } | 1 <sup>er</sup> tour du volant. |
| 2° <i>Compression du gaz</i>       |   |                                 |
| 3° <i>Explosion et refoulement</i> | } | 2 <sup>e</sup> tour du volant.  |
| 4° <i>Échappement du gaz brûlé</i> |   |                                 |

---

<sup>1</sup> La proportion d'air varie avec la nature du gaz employé : en général, de 6 à 8 volumes d'air pour un volume de gaz.

Il n'y a donc qu'un temps moteur, le troisième, tous les 4

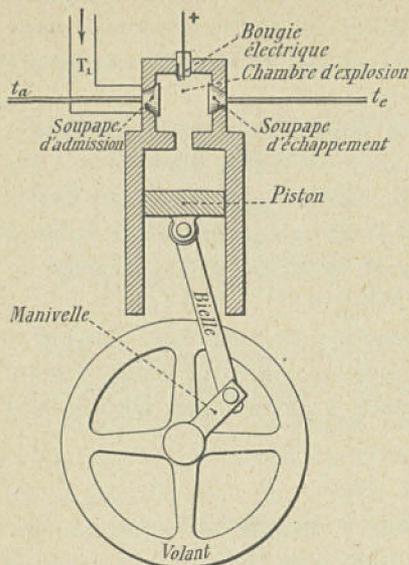


Fig. 4. — Schéma d'un moteur à explosion.

Le mélange de gaz et d'air arrive par le tube d'admission  $T_1$ , pénètre par la soupape d'admission dans la chambre d'explosion où il est allumé par la bougie électrique. Le piston agit alors sur la bielle et la manivelle. Les tiges  $t_a$  et  $t_e$  des soupapes sont commandées.

Il suffit pour s'en rendre compte de le comparer aux autres moteurs, soit au point de vue de la dépense d'installation, soit au point de vue de la dépense d'entretien, soit à celui de la division de la force.

**1° Installation.** — Si nous le comparons, par exemple, aux moteurs à vapeur, nous constatons qu'il permet la suppression des générateurs et par suite celle du mécanicien et du chauffeur. Cette absence de générateurs enlève également

le troisième, tous les 4 temps, c'est-à-dire tous les 2 tours de volant. C'est à cause de ce fait que les volants des moteurs à explosion sont pour une même puissance beaucoup plus lourds que ceux des machines à vapeur. L'énergie qu'ils emmagasinent dans le temps moteur leur permet de continuer leur mouvement jusqu'au retour du temps fort.

### Avenir du moteur à explosion.

Les avantages du moteur à explosion sont multiples. Il suf-

les dangers d'explosion et restreint singulièrement la place de l'installation, l'encombrement du moteur.

**2° Entretien.** — Ici, la supériorité du moteur à explosion est également incontestable. Tandis que les machines à vapeur demandent une préparation assez longue (le temps de chauffer les générateurs pour produire la vapeur), la mise en marche du moteur à gaz est au contraire instantanée. Il suffit d'ouvrir ou de fermer le robinet d'arrivée du gaz pour commander ou arrêter la machine. La dépense de consommation peut être abaissée singulièrement, pour le moteur à gaz pauvre en particulier.

**3° Division de la force.** — Mais ce qui fait surtout l'intérêt de ces moteurs à explosion, c'est qu'on est parvenu à les utiliser pour des puissances très faibles, les mettant ainsi à la portée de tout le monde.

---

## 2<sup>e</sup> LEÇON

### LE MOTEUR A ESSENCE

---

Comme le nombre des moteurs à explosion est considérable, nous nous contenterons d'en indiquer les dispositions générales et d'en faire comprendre le fonctionnement, sans entrer dans aucune description particulière.

Il faut distinguer dans tous les moteurs à explosion :

- 1<sup>o</sup> la formation du mélange détonant ;
- 2<sup>o</sup> l'admission et l'échappement de ce mélange ;
- 3<sup>o</sup> l'inflammation.

#### 1<sup>o</sup> Formation du mélange détonant.

Les différents moteurs se classent justement d'après la nature du mélange détonant employé, c'est-à-dire du gaz ou de la vapeur qui doit brûler avec l'air : essence de pétrole, benzol, vapeur d'essence minérale, vapeur de pétrole, gaz de ville, gaz pauvre.

Nous étudierons d'abord le moteur à essence.

Comme c'est la vapeur d'essence qui doit faire explosion au contact de l'air, il faut d'abord vaporiser le liquide, puis le mélanger à l'air : c'est le rôle du *carburateur* (*fig. 2*).

Voici les dispositions essentielles d'un carburateur ordinaire.

L'essence, venant d'un *réservoir* spécial, tombe goutte à goutte dans un réservoir plus petit, où le niveau du liquide est

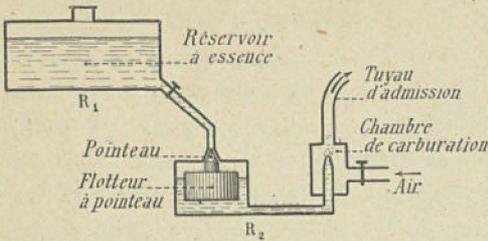


Fig. 2. — Schéma d'un carburateur.

Le niveau baisse dans le réservoir à essence R<sub>1</sub> ; il reste constant dans le réservoir R<sub>2</sub> grâce au flotteur à pointeau. L'air et la vapeur aspirés se mélangent dans la chambre de carburation.

Le liquide passe de là dans la *chambre de carburation*, où se forme le mélange détonant. Dans cette chambre arrivent à la fois l'air et la vapeur. La vapeur y pénètre par un tube terminé par un ajutage très fin.

La chambre de carburation communiquant avec le cylindre au moyen d'un *tuyau d'admission*, il en résulte qu'à chaque aspiration du piston, la soupape d'admission se soulevant, la vapeur d'essence est violemment aspirée : elle est projetée, en un jet finement divisé, dans la chambre de carburation, où elle se mélange à l'air aspiré en même temps.

La quantité aspirée d'essence ou d'air est réglable à volonté par le moyen de valves ou de robinets ; ceci permet de composer le mélange suivant les besoins, d'après le travail que doit fournir le moteur.

## 2° Admission et échappement de ce mélange.

L'admission et l'échappement des gaz se font, soit d'une façon automatique, soit mieux par deux leviers qui commandent :

l'un, la soupape d'admission, l'autre, la soupape d'échappement.

Le mouvement de ces leviers est déterminé par de petits excentriques — *les cames* — placés sur un arbre — *arbre à cames* — qui reçoit son mouvement de l'arbre de couche du volant lui-même (*fig. 3*).

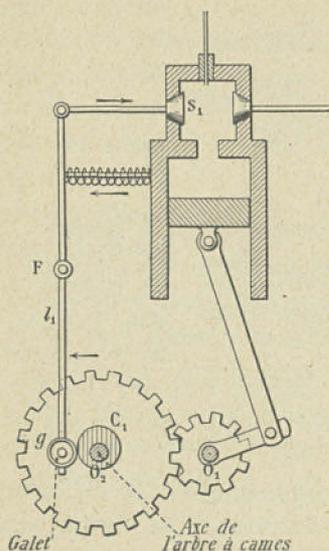


Fig. 3. — Commande des soupapes.

$O_1$ , axe du moteur.

$O_2$ , axe de l'arbre à cames qui tourne deux fois moins vite.

La came  $C_1$  en appuyant sur le galet  $g$  soulève le levier  $l_1$ ; celui-ci pivote autour de  $F$  et pousse en sens contraire la soupape  $S_1$ .

Comme chacune des soupapes doit se lever une fois seulement pendant le cycle de 4 temps, c'est-à-dire pendant 2 tours de volant, l'arbre à cames doit tourner deux fois moins vite que l'arbre de couche du volant.

On arrive à ce résultat en transmettant le mouvement par un engrenage et en prenant pour l'arbre à cames une roue dentée ayant 2 fois plus de dents que celle de l'arbre de couche du volant.

La position des cames sur leur arbre détermine

d'ailleurs le moment exact où les soupapes se lèvent ou se ferment. La figure 3 explique ces différents mouvements.

### 3° Inflammation.

L'inflammation est généralement produite par une étincelle électrique. Cette étincelle provient elle-même soit d'une

bobine d'induction actionnée par une pile ou par un accumulateur, soit d'une magnéto.

**Allumage par bobine d'induction.** — Chacun sait que, dans une pile ou dans un accumulateur, il y a deux pôles : le *pôle positif* (qu'on peint ordinairement en rouge) et le *pôle négatif*. C'est en réunissant ces deux pôles par un fil qu'on obtient un premier courant, dit *courant primaire*.

Lorsque ce courant traverse une bobine, celle-ci produit un second courant, *courant secondaire d'induction*, dont les propriétés sont bien différentes. On l'appelle *courant à haute tension*, par opposition à celui de la pile qui est dit à basse tension. C'est l'étincelle du courant à haute tension qu'on utilise pour enflammer le gaz dans la chambre à explosion.

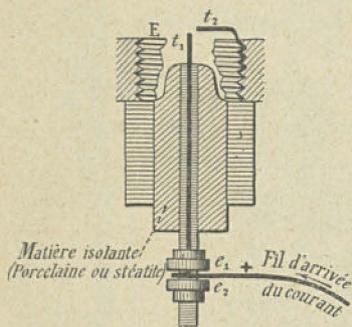
Pour cela, un fil métallique bien isolé part du pôle positif de la bobine et vient aboutir à la pointe, bien isolée également, d'une bougie électrique (*fig. 4*) placée dans le fond de la chambre à explosion ; quant au pôle négatif, il est réuni, comme le reste de la bougie elle-même, à la masse de la machine. Chaque fois qu'on produit une rupture, l'étincelle jaillit entre les deux pointes de la bougie.

C'est la machine elle-même, grâce à une came

Fig. 4. — Schéma d'une bougie électrique.

Le courant arrive, par la tige centrale isolée, à la pointe  $t_1$ .  
La pointe  $t_2$  engagée dans l'écrou E communique par suite avec la masse de la machine : elle est à son niveau et l'étincelle se produit entre  $t_1$  et  $t_2$ .

de rupture, qui, au moment convenable, coupe le courant.



**Allumage par magnéto.** — Nous verrons qu'une bobine de fil de cuivre (un anneau de fils), tournant entre les pôles d'un bon aimant, produit un courant. Si ce courant est interrompu (on y arrive généralement en arrêtant brusquement le mouvement de la bobine pour la faire revenir à sa position primitive), il se produira encore une étincelle : étincelle de rupture.

L'aimant restant toujours semblable à lui-même, on pourra recommencer continuellement cette expérience sans dépenser d'autre travail que le travail nécessaire à la rotation de l'anneau et c'est ce qui fait la supériorité de l'emploi de la magnéto sur celui des piles.

#### **Moteurs au benzol et à l'huile de pétrole lourde.**

Le benzol s'emploie comme l'essence ; seul, le prix de revient varie.

Quant aux pétroles lourds utilisés à la place de l'essence, leur emploi exige préalablement leur transformation en vapeur de pétrole, qui fait fonction d'essence.

---

### 3<sup>e</sup> LEÇON

## LE MOTEUR A GAZ. — GAZ DE VILLE GAZ PAUVRE

### Moteur à gaz de ville.

Dans les moteurs à gaz de ville (*fig. 5*), le gaz de la canali-

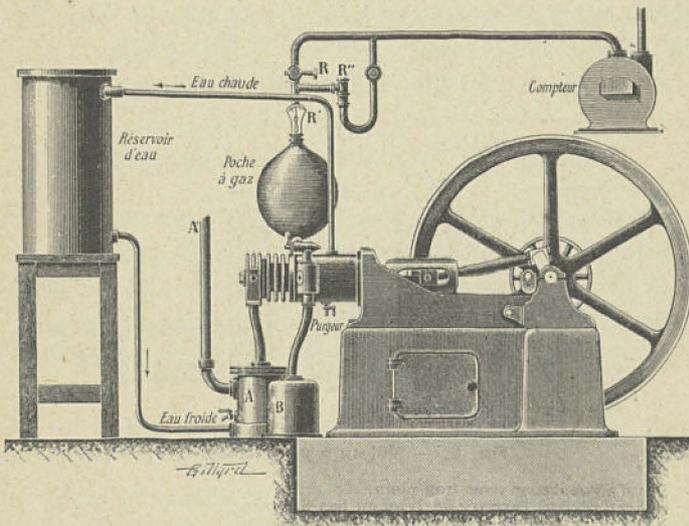


Fig. 5. — Installation d'un moteur à gaz de houille

sation arrive dans le moteur en passant dans un *compteur à gaz* et par un appareil dit *anti-pulsateur*.

L'anti-pulsateur a pour but d'éviter les dépressions, les vacillations qui se produiraient dans les becs voisins de l'installation à chaque aspiration de la machine. Il se compose ordinairement de deux poches en caoutchouc par lesquelles le gaz passe successivement.

Il est également bon de faire partir de temps à autre, par le moyen de robinets spéciaux (robinets purgeurs), l'eau qui se condense dans la canalisation.

### Moteur à gaz pauvre.

Dans les moteurs à gaz de ville, le gaz employé présente une partie non combustible. On arrive à fabriquer un gaz moins riche, contenant de 45 à 50 % de produits non combustibles, et pouvant servir à alimenter les moteurs.

Ce gaz *pauvre* est obtenu simplement en faisant passer sur

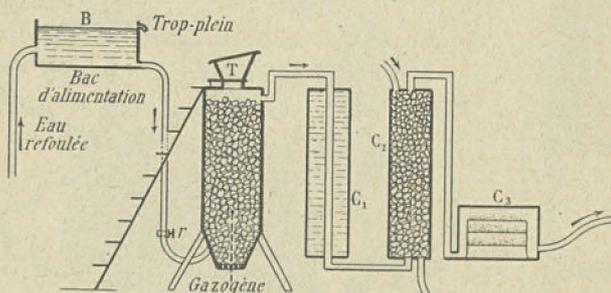


Fig. 6. — Moteur à gaz pauvre.

- B, bac d'alimentation avec trop-plein.  
 r, robinet réglant l'arrivée de l'eau au bas du gazogène.  
 T, trappe par laquelle on introduit le charbon maigre.  
 C<sub>1</sub>, condenseur.  
 C<sub>2</sub>, colonne de coke constamment mouillé (laveur).  
 C<sub>3</sub>, caisse contenant de la sciure de bois imprégnée de sulfate de cuivre.

une colonne de charbon incandescent, le *gazogène*, un mélange d'air et de vapeur d'eau (*fig. 6*). Les réactions chi-

miques produisent des gaz <sup>1</sup> dont une partie est combustible. Ce gaz subit une épuration rudimentaire en passant : 1° dans une colonne de coke mouillé, le *laveur* ; 2° dans une caisse contenant de la sciure de bois imprégnée de sulfate de cuivre. De là le gaz peut aller dans le réservoir de gaz, le *gazomètre*, ou même être aspiré directement par le moteur.

**Gazogène.** — Les charbons employés pour la fabrication du gaz pauvre sont des charbons peu bitumineux, comme le coke, l'anhracite anglais, ou encore les charbons maigres, comme ceux d'Anzin, qui coûtent beaucoup moins cher.

Ce charbon est versé en paniers par la trappe supérieure du gazogène, lequel affecte généralement la forme d'un haut fourneau de petite taille. L'eau arrive du bac d'alimentation à la base du gazogène, où elle se vaporise. La vapeur traverse, avec l'air qu'elle entraîne, la colonne de coke incandescent. Les gaz se rendent de là dans le *condenseur*, où ils se refroidissent, puis dans une colonne de coke laveur où ils déposent leurs poussières et leurs goudrons.

**Gazomètre.** — Il est à remarquer que la présence d'un gazomètre permet la mise en route immédiatement. Le moteur peut alors actionner un ventilateur qui activera la combustion du gazogène arrêtée précédemment. Les cendres s'enlèvent toutes les 24 heures environ.

### Avantages du moteur à gaz pauvre.

Les avantages du moteur à gaz pauvre se déduisent de son prix d'installation, de la facilité et du faible coût de son entretien et de son rendement.

---

1. Dans certains moteurs à gaz pauvre, on utilise seulement les gaz produits par l'air seul passant sur une colonne de charbon incandescent. Le gaz obtenu est moins riche que précédemment en produits combustibles.

**1<sup>o</sup> Prix d'installation.** — Les bons constructeurs, présentant de sérieuses garanties, fournissent aujourd'hui des moteurs à gaz pauvre de 10 à 50 chevaux à des prix variant entre 450 et 300 fr. le cheval, le prix du cheval diminuant avec la puissance. Au-dessous de 8 à 10 chevaux, l'installation du moteur est relativement plus coûteuse que celle d'un moteur à essence, à cause du prix du gazogène.

**2<sup>o</sup> Sécurité.** — Au point de vue de la sécurité, on remarquera également que, le gaz étant employé à basses pressions, les dangers que présente l'emploi de la vapeur (explosions de chaudières, ruptures de tuyaux, fuites, etc.) sont évités.

**3<sup>o</sup> Rendement.** — Mais c'est surtout par leur rendement que les moteurs à gaz pauvre sont supérieurs aux moteurs à vapeur.

Les meilleures machines à vapeur (machines à détente variable) consomment de 800 à 1000 grammes de charbon pour produire un cheval-force pendant une heure. Or les moteurs à gaz pauvre donnent ce résultat avec une dépense de 600 à 700 grammes. On est même arrivé dans les moteurs puissants à ne consommer que 400<sup>g</sup> d'antracite par cheval-heure.

Il en résulte, par exemple, qu'un moteur de 10 chevaux marchant 10 heures par jour consommerait, s'il était alimenté à la vapeur, environ 100<sup>kg</sup>, et seulement 70<sup>kg</sup> au maximum, s'il était alimenté au gaz pauvre. On voit donc le résultat que cette économie journalière peut produire avec un simple moteur de 10 chevaux.

Pour toutes ces raisons, le moteur à gaz paraît être le moteur de l'avenir. Il est appelé à remplacer le moteur à vapeur dans tous les cas où la vapeur elle-même ne sera pas utilisée en dehors du moteur.

En réalité, le moteur à gaz pauvre n'est avantageux à

employer que pour une puissance au moins égale à 10 chevaux et en service journalier. Il est à souhaiter que de petites installations vraiment pratiques et peu encombrantes permettent d'utiliser le moteur à gaz pauvre de petite puissance.

---

## 4<sup>e</sup> LEÇON

### ACHAT D'UN MOTEUR PUISSANCE. — PRIX DE REVIENT RECHERCHES PRATIQUES

---

Un moteur est acheté en vue d'un travail déterminé. Comme les frais d'acquisition et surtout d'entretien sont généralement proportionnés au nombre de chevaux de force produits par la machine, on voit combien il importe de savoir évaluer, au moins approximativement, la force dont on a besoin.

C'est ce qu'il est facile de déduire des problèmes suivants :

**Problème I.** — *Un homme tirant de l'eau à un puits ordinaire avec une poulie a mis 65 secondes pour obtenir un seau d'eau de 8 litres. On demande quelle est sa puissance, l'eau étant à 30 mètres de profondeur.*

Le travail nécessaire pour soulever 8 litres d'eau, c'est-à-dire 8<sup>kg</sup> d'eau à 30 mètres est de  $30 \times 8 = 240^{\text{kgm}}$ .

Ce travail, effectué en 65 secondes, donne pour puissance, c'est-à-dire pour travail effectué par seconde,  $240 : 65 = 3^{\text{kgm}},7$  par excès.

**REMARQUE.** — Nous n'avons pas tenu compte du poids des seaux, puisqu'ils se font équilibrer ; mais, en réalité, il faudrait tenir compte d'un travail supplémentaire, nécessaire pour

vaincre la raideur de la corde et les frottements de l'axe de la poulie.

En résumé, le travail d'un homme ordinaire, tirant à une poulie ou tournant régulièrement une manivelle, varie entre 3 et 6<sup>kgm</sup> à la seconde, c'est-à-dire qu'il faudrait  $75 : 6 = 12$  hommes au moins pour valoir 1 cheval-force.

**Problème II.** — *L'effort exercé par un cheval tirant à un chariot est mesuré au moyen d'un ressort gradué ou dynamomètre; il est trouvé égal à 80<sup>kg</sup>. Le chariot avançant de 34 mètres à la minute, on demande quelle est la puissance du cheval.*

Le cheval a fait en 1 minute un travail de

$$34 \times 80 = 2720^{\text{kgm}}.$$

Le travail effectué par seconde est donc de

$$2720 : 60 = 45^{\text{kgm}},3.$$

En résumé, la puissance d'un cheval ordinaire tirant régulièrement un fardeau varie entre 40 et 50<sup>kgm</sup> par seconde : elle est donc loin de valoir un cheval-force.

D'ailleurs, on peut remarquer qu'un cheval ordinaire travaillera 7 ou 8 heures, pendant qu'un moteur de 1 cheval travaillera la journée de 24 heures. Ainsi, pendant 8 heures, un cheval ordinaire fera les  $45/75$  du travail d'un cheval-force, tandis que pendant 24 heures, il n'en fera plus que les  $45/75 : 3 = 1/5$ , c'est-à-dire qu'il faudrait 5 chevaux travaillant successivement pour faire en une journée le travail d'un moteur de 1 cheval-force.

**Applications.** — I. *Quelle est la puissance du moteur nécessaire pour faire tourner une machine-outil mise en mouvement par un homme ?*

Réponse :  $4/75$  de cheval-force, environ  $1/20$  de cheval-force.

Ainsi, une turbine, une baratte, un hache-paille, un lave-betteraves, un coupe-racines, exigeant chacun  $1/20$  de cheval, pourraient être actionnés simultanément par un moteur de  $5/20$  ou  $1/4$  de cheval et, *a fortiori*, de  $1/2$  cheval.

II. *Quelle est la force nécessaire pour faire tourner une machine-outil que 2 hommes mettent habituellement en mouvement ?*

Réponse :  $1/10$  de cheval, d'après ce qui précède.

Ainsi, un tarare et une scie à rubans demandent pour fonctionner simultanément  $2/10$  ou  $1/5$  de cheval (encore moins d'un demi-cheval).

REMARQUE.— La force nécessaire pour faire tourner une scie circulaire est plus considérable. En effet, cette force augmente avec la surface frottée, laquelle augmente avec le carré du rayon. Ainsi, en admettant qu'il faille une force de  $1/2$  cheval pour actionner une scie circulaire de 1 décimètre de rayon, il faudrait une force 4 fois plus grande, soit 2 chevaux, pour une scie de 2 dm. de rayon, et ainsi de suite.

III. *Quelle est la force nécessaire pour faire tourner une batteuse mise habituellement en mouvement par 4 chevaux ?*

Réponse : Chaque cheval développant  $45^{\text{kgm}}$ , le travail à développer est de  $45 \times 4 = 180^{\text{kgm}}$ , soit de  $180 : 75 = 2,4$  HP.

Il résulte de ce qui précède qu'un moteur de 4 chevaux effectifs peut suffire aux différents travaux d'une ferme et à la plupart des petites industries.

Comment pourra-t-on vérifier que le moteur désiré a la puissance voulue ?

Comment peut-on reconnaître qu'un moteur qui a servi est encore propre à un bon usage ? Qu'une cause accidentelle de

fonctionnement ne lui a pas fait perdre une bonne partie de la puissance qu'il avait au sortir de l'usine ?

Nous allons voir deux solutions de cette importante question : la première permettant de connaître la puissance au moyen de la *cylindrée* et de la vitesse du moteur ; la seconde faisant connaître cette puissance au moyen d'un frein.

### I. — Recherche de la puissance d'un moteur d'après sa consommation.

Dans un moteur à explosion, c'est la quantité de gaz brûlé qui, en produisant de la chaleur, détermine le travail que le moteur peut fournir en une seconde : la puissance du moteur.

L'expérience montre que 1<sup>er</sup> d'essence, en se combinant avec 16<sup>l</sup>,3 d'air<sup>1</sup> peut produire une quantité de chaleur égale à 11 calories<sup>2</sup>.

Or une calorie, transformée complètement en travail, est capable de produire 425<sup>kgm</sup> ; par suite 1<sup>er</sup> d'essence devrait produire, avec ses 11 calories,

$$425^{\text{kgm}} \times 11 = 4675^{\text{kgm}}.$$

Malheureusement, nous le savons, les machines thermiques sont plutôt faibles au point de vue rendement et elles ne produisent en moyenne en travail mécanique que 15 % de la puissance calorifique théorique.

En résumé 1<sup>er</sup> d'essence peut produire

$$4,675^{\text{kgm}} \times 0,15 = 700^{\text{kgm}}.$$

Le poids d'essence brûlée dépend d'ailleurs du volume de gaz — du nombre de « cylindrées » — faisant explosion.

1. 11 litres d'air suffiraient à la température ordinaire ; cet air occupe un plus grand volume à la température produite par l'explosion.

2. La calorie (calorie ordinaire ou calorie-kilogramme) est la quantité de chaleur nécessaire pour élever 1 kg. d'eau de 1 degré.

Le volume d'une cylindrée se déduit du diamètre intérieur du cylindre (diamètre d'alésage) et de sa hauteur (course du piston). Chaque cylindrée, d'autre part, ne fait pas explosion et il y a des « manqués », des passages à vide qu'on peut en pratique évaluer à 10 %.

Les éléments qui précèdent suffisent à déterminer, comme on va le voir, la puissance du moteur.

*Exemple.* — *Un moteur ayant un diamètre d'alésage de 100<sup>mm</sup> et 120<sup>mm</sup> de course tourne à 1200 tours à la minute. Quelle est sa puissance?*

La section du moteur vaut

$$3,14 \times \frac{10^2}{4} = 78,5 \text{ cm}^2.$$

La cylindrée vaut donc

$$78,5 \times 12 = 942 \text{ cm}^3.$$

Supposons pour simplifier que la cylindrée soit exactement de 1 litre ou 1000<sup>cm</sup>3.

Le moteur tournant à 1200 tours à la minute aspire  $1.200 : 2 = 600$  cylindrées (1 cylindrée pour 2 tours du volant) soit  $600 : 60 = 10$  cylindrées en une seconde.

Mais, à cause des passages à vide (10 %), 9 seulement de cylindrées sont utilisées.

Comme il faut 16<sup>l</sup>,3 d'air des cylindrées (air chargé de vapeur d'essence) pour utiliser 1<sup>g</sup> d'essence on voit que le poids d'essence utilisé à la seconde dans les 9 cylindrées (9 litres) est de

$$\frac{9}{16,3} \text{ de } 1^g = 0^g,5521.$$

L'énergie correspondante, à raison de 700<sup>kgm</sup> par gramme d'essence, est de

$$700^{\text{kgm}} \times 0,5521 = 386^{\text{kgm}},5.$$

La puissance en chevaux de force, puisqu'il faut 75<sup>kgm</sup>

pour faire un cheval, est de

$$\frac{386,5}{75} = 5,15 \text{ HP.}$$

REMARQUE. — Il est important de remarquer que la puissance d'un moteur ne peut être définie exclusivement par la cylindrée; il faut connaître aussi la vitesse de rotation à laquelle le nombre de cylindrées et par suite la puissance est également proportionnelle.

On comprend dès lors facilement le tableau suivant :

CYLINDRÉE	PUISSANCE	PUISSANCE	PUISSANCE
	à 1200 tours	À 800 TOURS	À 600 TOURS
1 litre (100 × 120)	15 HP	$\frac{2}{3}$ de 15 HP = 10 HP	$\frac{1}{2}$ de 15 HP = 7,5 HP
1/2 litre	7,5 HP	5 HP	3,7 HP
1/3 litre (75 × 80)	5 HP	3,3 HP	2,5 HP
1/4 litre	2,5 HP	1,6 HP	1,2 HP

Ces résultats supposent que le cylindre ne s'échauffe pas. Dans les moteurs qui ne possèdent pas de circulation d'eau froide le rendement est bien inférieur aux valeurs indiquées.

Quoi qu'il en soit, on sait que, dans le cas d'un moteur bien refroidi, il suffira de connaître l'alésage, la course du piston et la vitesse (au moyen d'un petit compteur de tours), pour en déduire assez approximativement la puissance du moteur.

## II. — Recherche de la puissance au moyen des freins.

La puissance des moteurs se mesure aussi et d'une façon plus certaine avec les freins. Ceux qu'on trouve dans le commerce sont assez complexes et ne peuvent se construire facilement. De plus ils sont coûteux.

Le frein que nous allons décrire peut être au contraire fabriqué par tous en quelques minutes.

Il se compose d'un ressort (peson à ressort), d'une sangle et

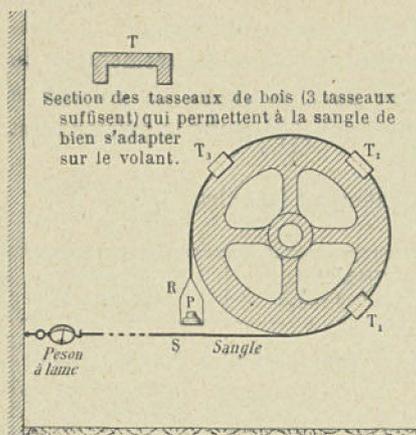


Fig. 7. — Recherche de la puissance d'un moteur.

La sangle S doit être sans tension.

des objets de plus en plus gros, il arrive un moment où l'un de ces objets reste en équilibre sur le volant ; il ne tombe pas, il est comme supporté par le volant.

Cette remarque explique l'expérience : si au crochet R nous attachons des poids de plus en plus gros, il arrive un moment où le ressort du peson *commence* à se tendre, la traction du poids sur le peson étant encore sensiblement nulle.

A ce moment, le volant, tournant à sa vitesse normale, supporte un poids P que nous supposons, afin de fixer les idées, égal à 1 kilogramme. En soulevant ce poids à chaque instant le volant accomplit un certain travail. Lorsqu'il a fait un tour, ce travail est le même que si le poids, au lieu de rester sur place, avait été soulevé de toute la longueur de la circonférence du volant.

d'un crochet R, destiné à supporter des poids. La sangle possède quelques tasseaux de bois qui permettent de la poser sur le volant sans qu'elle s'en écarte latéralement. La figure 7 indique la disposition d'expérience.

Chacun sait d'ailleurs l'action entraînant d'un volant : si, sur un volant tournant à une vitesse uniforme, on fait tomber

Supposons que cette circonférence, facile à mesurer, soit de 2 mètres ; le volant, à chaque tour qu'il fait, est donc capable de soulever 1 kilo à 2 mètres de hauteur, c'est-à-dire d'effectuer un travail de 2 kilogrammètres ; par suite, si le volant fait 5 tours à la seconde, le travail effectué en une seconde sera de 5 fois 2 kilogrammètres ou 10 kilogrammètres, faciles à transformer en chevaux-vapeur.

*Application.* — Dans une expérience de freins, on constate que le poids soulevé est de 21<sup>kg</sup>. Le volant, dont la circonférence mesure 2 mètres, fait alors 350 tours à la minute. Trouver la force du moteur.

Travail correspondant à un tour du volant :  $21 \times 2 = 42$  kilogrammètres.

Nombre de tours à la seconde :  $350 : 60 = 5$  tours, 8.

Travail développé par seconde :  $42^{\text{kgm}} \times 5,8 = 240$  kilogrammètres environ.

Le cheval-force produisant par définition 75<sup>kgm</sup> à la seconde, le moteur aura donc une force de  $250 : 75 = 3,3$  HP.

En résumé, pour trouver la puissance en chevaux-vapeur d'un moteur, on cherche le poids P le plus lourd qu'on peut faire supporter au volant sans tendre sensiblement le peson ; il suffit de multiplier ce poids P par la circonférence C du volant, puis par le nombre de tours N à la seconde et de diviser le tout par 75, soit  $\frac{P^{\text{(kg)}} \times C^{\text{(m)}} \times N}{75}$ .

### Dépense d'entretien.

La dépense d'entretien est également importante à examiner pour l'économie du projet. Certains moteurs sont souvent offerts bon marché parce que leur rendement est mauvais,

c'est-à-dire qu'ils consomment beaucoup trop de charbon ou d'essence pour la puissance qu'ils produisent. Il est bon également, avant d'acheter un moteur, d'en vérifier à l'usine la consommation pendant un certain temps.

*Exemple.* — *Un moteur à gaz de ville consomme pendant 3 heures 5 mètres cubes de gaz en produisant pendant ce temps une puissance de 2 HP. Quel est le prix du cheval-heure, le mètre cube de gaz étant payé 15 centimes ?*

Les 2 chevaux de force produits pendant 3 heures sont équivalents à 1 HP produit pendant 6 heures.

Les 6 chevaux-heure ont donc coûté 5 mètres cubes de gaz, soit

$$0^{\text{r}},15 \times 5 = 0^{\text{r}},75.$$

Prix du cheval-heure :

$$0^{\text{r}},75 : 6 = 0^{\text{r}},14 \text{ environ.}$$

---

## 5<sup>e</sup> LEÇON

### INSTALLATION ET ENTRETIEN D'UN MOTEUR

---

#### Installation de la machine.

Le moteur choisi, il s'agit de l'*installer*.

La position du moteur est fixée de telle sorte que les courroies des commandes se trouvent placées près des murs, de façon à offrir le moins de danger possible. De plus, il est bon que les trois autres faces soient facilement accessibles pour l'entretien de la machine.

Les fabricants envoient ordinairement un mécanicien-monteur chez les personnes auxquelles la machine est fournie. Quoi qu'il en soit, le moteur est reçu généralement en parties détachées : le *socle*, le *cylindre*, les *volants*, les *accessoires*.

Le socle de la machine s'installe au moyen de « tire-fond » sur un bâti spécial. Il importe que ce bâti soit de première solidité afin d'éviter les trépidations qui pourraient même se communiquer au sol de l'atelier.

Il ne faudra donc pas craindre de faire un bâti suffisamment long et large et débordant le socle d'au moins 15<sup>cm</sup>. La maçonnerie du bâti est d'ailleurs faite en béton, briques et ciment de première qualité. On l'enterre d'une profondeur proportionnée au poids du moteur en tenant compte de

la résistance du sol, 60 à 75<sup>cm</sup> pour les moteurs ordinaires, afin de ne pas trop surélever la machine.

On ménage dans le bâti les cavités où devront être posés les tire-fond, puis les volants sur leurs axes. En les calant, il faut avoir soin de ne pas les décentrer, car un décentrement pourrait produire finalement, avec une usure irrégulière des coussinets, l'ébranlement de la machine et du bâti.

### Entretien de la machine.

Comme un outil, une machine en bon état dénote un propriétaire soigneux. D'autre part, il est de l'intérêt même de ce propriétaire de bien entretenir son moteur, qui s'usera ainsi moins vite et aura une marche plus régulière. Il suffit d'ailleurs, pour y arriver, de graisser régulièrement, tous les matins par exemple, les différentes parties de la machine : cylindre, tête de bielle, régulateurs, engrenages, leviers, galets, articulations.

**Graissage du cylindre et de la tête de bielle.** — Le graissage du cylindre et de la tête de bielle, comme celui des coussinets, de l'axe des volants doit être fait et vérifié soigneusement.

On se sert pour le cylindre, dont la température s'élève rapidement, d'une huile spéciale, épaisse. Malgré cela, si le refroidissement du cylindre est insuffisant ou si son graissage se fait mal ou irrégulièrement, par suite d'un oubli, l'huile perd sa propriété de « lubrifier ». A haute température le piston « grippe », le cylindre se détériore et peut être mis bien vite hors d'usage.

On voit par là combien il est important de surveiller le graissage et de s'assurer de la qualité de l'huile employée.

**Essai d'une huile à cylindre.** — Les huiles employées pour

le graissage des cylindres doivent être exclusivement des huiles minérales pures, ayant une température d'inflammation aussi élevée que possible, ne s'évaporant qu'à haute température (environ 300°) et devant par suite être très bien rectifiées. Elles doivent :

posséder une certaine viscosité ;

être opaques, d'un brun clair ;

ne pas donner de dépôt écailleux quand on en évapore quelques gouttes sur une plaque chauffée au rouge (huile de résine) ;

ne pas donner de coloration blanchâtre quand on les agite avec de l'eau (matières mucilagineuses) ;

ne pas donner de coloration par quelques gouttes d'acide sulfurique <sup>1</sup> (huile de goudron) ;

ne pas donner de dépôt ressemblant au savon quand on les mélange avec une lessive de soude <sup>2</sup> (huile grasse).

La *tête de bielle*, qui est la partie la plus délicate du moteur, doit être graissée avec de l'huile fine et bien pure.

Les autres articulations de la machine peuvent être graissées avec de l'huile ordinaire. On peut même utiliser l'huile en excès, qui tombe de la machine dans un réservoir spécial, après l'avoir filtrée soigneusement sur un linge très fin. Quant aux engrenages et aux coussinets en fonte dans lesquels les axes tournent lentement, ils se graissent de préférence avec des graisses dites « consistantes » dont l'action est plus durable que celle de l'huile ordinaire.

Le bâti et toutes les pièces métalliques se graissent au moyen de chiffons ou d'étoupes de laine légèrement huilés au préalable.

**Courroies.** — Les courroies se graissent toujours extérieu-

---

1. Vitriol.

2. S'obtient facilement en faisant passer de l'eau sur des cendres de bois.

rement. Il faut bien se garder de les graisser intérieurement ou d'essayer d'augmenter leur adhésion en y mettant de la résine, qui ne tarderait pas à « poisser ».

Il suffit, tous les 15 jours, de les badigeonner au pinceau, extérieurement, d'une couche d'huile minérale.

**Soupapes.** — Il arrive que les soupapes se détériorent, soit à cause du manque d'homogénéité de leur métal, soit parce qu'elles ne tombent pas d'aplomb sur leur « siège », soit surtout à cause de la haute température à laquelle elles sont soumises, en particulier la soupape d'échappement. Quand elles ne sont pas trop effritées, on peut leur rendre leur valeur primitive en les enduisant d'un mélange de poudre d'émeri et d'huile ou de savon et en les rodant alors sur leur siège.

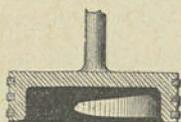
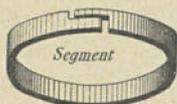


Fig. 8. — Piston avec ses cannelures et ses segments.

**Segments.** — La fermeture hermétique du cylindre par le piston est obtenue de la manière suivante : le diamètre du piston est légèrement inférieur au diamètre intérieur du cylindre, mais ce piston possède trois ou quatre cannelures dans lesquelles viennent s'emboîter des lames d'acier qui, par leur élasticité, frottent sur le cylindre lui-même : ce sont les « segments » (fig. 8). On voit ainsi que seuls les segments s'usent, le piston restant intact.

Quand un de ces segments est usé ou brisé, on le remplace facilement, en prenant garde toutefois de ne pas casser le nouveau segment au moment où l'on agrandit son diamètre en l'introduisant sur le piston.

**Coussinets.** — Rattrapage de jeu. — Avec le temps, les

coussinets s'usent, les axes prennent alors un peu de jeu. C'est pour diminuer ce jeu, et en même temps pour amoindrir le frottement, que tous les coussinets importants sont en bronze, surtout ceux dont les axes tournent vite.

Pour « rattraper le jeu », il suffit de limer sur le plat, de 1 millimètre par exemple, les deux parties en contact du coussinet. Lorsque celles-ci sont remises en place, elles ne forment plus alors une section circulaire, mais il suffit de serrer un peu fortement les écrous qui maintiennent le coussinet pour forcer l'axe à faire bientôt son « empreinte » dans le coussinet. Il importe d'ailleurs de ne jamais laisser trop longtemps un jeu s'établir, parce que ce jeu s'agrandirait bientôt.

L'usure de l'acier sur le bronze étant presque nulle, on comprend ainsi qu'une machine bien construite et bien entretenue puisse durer très longtemps. Il suffit de remplacer à de longs intervalles les coussinets et les segments.

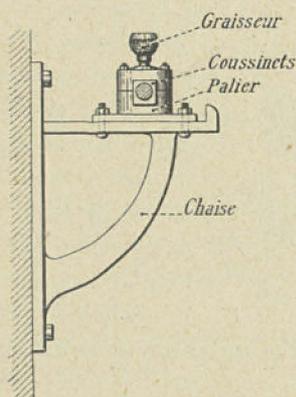


Fig. 9. — Palier sur chaise.

La chaise est fixée contre le mur.

## Les transmissions.

### Arbre de transmission. —

L'arbre de transmission est l'arbre, généralement en acier, sur lequel se posent les poulies qui commandent les différentes machines-outils.

Il tourne dans des coussinets placés dans des *paliers*, lesquels peuvent être supportés par des *chaises* (fig. 9) ou par des murs en maçonnerie.

Le nombre de ces paliers est variable avec le diamètre et la longueur de l'arbre, pour que

celui-ci n'éprouve pas en tournant de vibrations transversales ou, comme on dit, ne *fouette* pas.

Le diamètre de l'arbre doit être proportionné à la puissance de la machine, de façon à ne pas absorber inutilement une grande partie de l'énergie communiquée par le moteur.

Pour un moteur de 4 chevaux, un arbre de 35<sup>mm</sup> suffit, et on le maintient par des paliers espacés de 2 mètres environ.

**Poulie fixe et poulie folle. Diamètres.** — Le mouvement

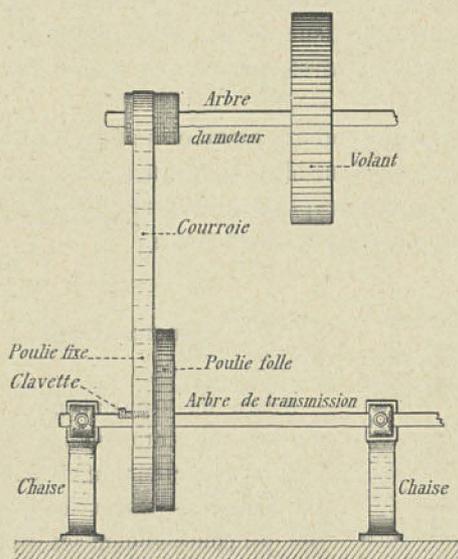


Fig. 10. — Transmission par courroie.

du moteur à l'arbre de transmission se communique ou s'interrompt au moyen de deux poulies : la *poulie fixe* et la *poulie folle* (fig. 10).

La poulie folle peut tourner librement sur son axe ; lorsqu'on fait glisser la courroie de la poulie fixe sur la poulie folle, le mouvement s'arrête de lui-même.

Le diamètre des poulies est calculé de façon que l'arbre de transmission fasse de 100 à 120 tours à la minute.

Les deux problèmes suivants permettront de connaître la relation qu'il y a entre le diamètre de la poulie de commande (arbre du moteur) et la poulie commandée (arbre de transmission).

**Problème.** — *L'arbre d'un moteur faisant 350 tours à la minute possède une large poulie de 175<sup>mm</sup> de diamètre. Celle-ci, par une courroie, commande une poulie de 585<sup>mm</sup> de diamètre. On demande combien cette dernière fera de tours à la minute.*

Il est à remarquer que si le diamètre de la poulie commandée était 2, 3, 4 fois plus grand que celui de la poulie de commande, la première ferait 2, 3, 4 fois moins de tours que la seconde.

Cherchons donc combien de fois 585 contient 175.

$$585 : 175 = 3,34.$$

Par suite, la poulie commandée tournera 3,34 fois moins vite que la première.

Nombre de tours cherché :

$$350 : 3,34 = 104 \text{ tours environ.}$$

**Problème inverse.** — *Un moteur, par une large poulie de 175<sup>mm</sup>, doit commander un arbre de transmission. Quel doit être le diamètre des poulies fixe et folle à commander pour l'arbre de transmission si l'on veut que celui-ci fasse 104 tours à la minute, sachant que le moteur fait 350 tours à la minute?*

La longueur de la courroie sans fin qui s'enroulera sur les deux poulies devant être la même, il faut que 104 fois le tour de la poulie commandée vaille 350 fois le tour de la poulie du moteur.

Or, les tours, les circonférences des poulies sont entre eux comme leurs diamètres.

Donc 104 fois le diamètre cherché vaut 350 fois 175<sup>mm</sup>, ou 61 250<sup>mm</sup>.

Diamètre cherché :

$$61\ 250 : 104 = 585 \text{ millimètres.}$$

**Transmission du capitaine Leneveu. — Le Lénix.** — Une question très importante à envisager pour les transmissions par courroies, c'est le plan nécessaire à cette installation.

Dans les conditions ordinaires, il faut que la distance entre la poulie de commande et la poulie commandée soit suffisante pour que la courroie entraîne la plus petite poulie sur un axe assez grand. S'il n'en était pas ainsi en effet, la courroie glisserait, surtout si à l'axe de la petite poulie se trouvait une forte résistance, comme c'est le cas des dynamos.

La distance entre les axes des deux poulies doit, en somme, être d'autant plus grande que l'une des poulies est plus grande par rapport à l'autre. Il en résulte que le manque de place peut souvent empêcher une installation de ce genre.

Le capitaine Leneveu a paré à cet inconvénient en forçant

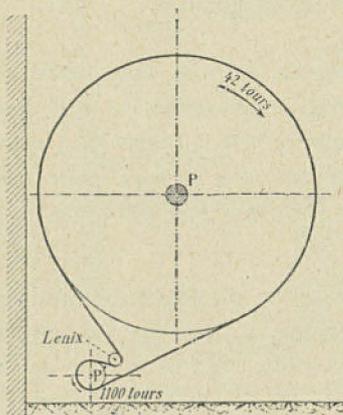


Fig. 41. — Transmission Leneveu.

Diamètre de la grande poulie, 3<sup>m</sup>,50.  
 Diamètre de la petite poulie, 0<sup>m</sup>,135.  
 Distance des axes, 2<sup>m</sup>,50.  
 Forces transmises avec courroies de 100<sup>mm</sup>,  
 12 HP.

la courroie, au sortir de la petite poulie, à passer sur un galet de renvoi (fig. 41) de telle sorte que la petite poulie se trouve entraînée sur près des 3/4 de sa circonférence et qu'une courroie de faible largeur suffit pour l'entraînement.

On a pu ainsi, avec un « Lénix », relier par une courroie 2 poulies, la grande P de 1<sup>m</sup>,75, la petite P' de 0<sup>m</sup>,07 de rayon et dont la distance des axes était seulement égale à 2<sup>m</sup>,50. Une courroie simple de 100<sup>mm</sup> suffisait à assurer à la

poulie entraînée une puissance de 12 HP.

**Applications.** — Les deux problèmes précédents permettront de savoir de même : 1° à quelle vitesse tournera une machine-outil commandée par une poulie déterminée ; 2° inversement, quel est le diamètre de la poulie nécessaire pour faire tourner la machine-outil à une vitesse voulue.

**Transmission par engrenages.** — Au lieu de se servir de poulies et de courroies on peut transmettre le mouvement par des engrenages. Le calcul des engrenages à utiliser est semblable à ceux que nous venons de voir : il suffit de remplacer les diamètres des volants par le nombre des dents des engrenages.

**Exemple.** — *Un industriel a acheté d'occasion un petit moteur marchant à 1 200 tours à la minute. Il désirerait, avec ce moteur, faire tourner un arbre de transmission à la vitesse de 300 tours à la minute en utilisant une roue de commande en « cuir vert » de 18 dents. Quel devra être le nombre de dents de la roue commandée ?*

La roue commandée devant tourner  $1\ 200 : 300 = 4$  fois moins vite que le pignon en cuir, il faut que sa circonférence soit 4 fois plus grande que la circonférence de celui-ci ; elle doit donc avoir  $18 \times 4 = 72$  dents.

## 6<sup>e</sup> LEÇON

### MISE EN MARCHÉ ET MISE AU REPOS D'UN MOTEUR

---

#### Mise en marche d'un moteur. — La demi-compression.

Le mélange de gaz et d'air employé dans les moteurs à explosion ne donne tout son effet que s'il a été préalablement comprimé. Cette compression primitive doit atteindre environ 4 à 5<sup>ks</sup> par centimètre carré pour les moteurs à essence et 6 à 10<sup>ks</sup> pour les moteurs à gaz. On cherche d'ailleurs à réaliser de fortes compressions parce que, l'expérience le montre, le rendement du moteur s'en trouve considérablement augmenté.

Il en résulte, pour peu que la section du cylindre soit grande, qu'il faut exercer un effort considérable pour mettre le moteur en route. Ainsi, tandis qu'un moteur de 2 ou 3 chevaux peut être facilement mis en route à pleine compression, cela devient impossible pour un moteur plus puissant.

Pour obvier à cet inconvénient, on ne fait subir primitivement au mélange détonant qu'une demi-compression. Pour cela, une came spéciale, dite *came de demi-compression*, fait soulever la soupape d'admission un peu plus tard que d'ordinaire. Il y a ainsi moins de gaz comprimé et par suite une compression moindre.

Avant de mettre un moteur en route, il est bon de contrôler le fonctionnement des leviers d'admission et d'échappement en les faisant mouvoir à la main. Dans le cas où ils n'obéiraient pas parfaitement au rappel des ressorts qui les commandent, il faudrait les nettoyer au pétrole et ne pas faire de mise en marche tant que ces leviers ne fonctionnent pas convenablement.

Dans les moteurs à essence, il faut aussi, pour la mise en marche, diminuer beaucoup l'arrivée de l'air utilisé dans le mélange détonant, quitte à la régler définitivement quand le moteur fonctionne.

### Échauffement d'un moteur. — Le thermo-siphon.

Les gaz qui sont brûlés derrière le piston tendent à échauffer le cylindre. Or la

pratique démontre, et la théorie confirme que, plus un moteur s'échauffe, plus il perd de puissance. C'est pour diminuer cet échauffement qu'on entoure le moteur d'une circulation d'eau constamment refroidie.

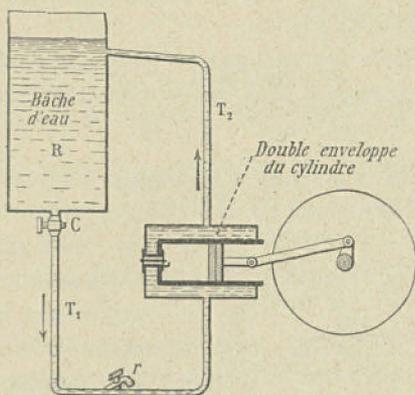


Fig. 12. — Installation d'un thermo-siphon.

Les flèches indiquent la circulation de l'eau.  
C, clef pour fermer l'arrivée de l'eau.  
r, robinet purgeur.

Dans le thermo-siphon, la circulation de cette eau est basée sur ce fait, que l'eau chaude, plus légère que l'eau froide, tend à monter à la surface de celle-ci. La figure 12 indique ce qui se passe : l'eau froide, provenant

d'un réservoir R, arrive par un tuyau  $T_1$  au bas de la double enveloppe entourant le cylindre ; elle s'échauffe, s'élève dans le tuyau  $T_2$  et arrive à la partie supérieure du réservoir R où elle se refroidit au contact de l'air, puis redescend ; et ainsi de suite. Certains constructeurs hâtent le refroidissement de l'eau qui s'échauffe en la faisant passer dans un tambour dont l'axe est entraîné par le moteur lui-même, et dont les palettes projettent vivement cette eau sur les parois.

### Mise au point d'un moteur.

Beaucoup de moteurs, paraissant marcher normalement, ne produisent qu'une partie quelquefois bien faible de la puissance pour laquelle ils ont été construits. Qu'une soupape s'ouvre trop tôt ou trop tard, qu'elle ne se lève pas suffisamment, que l'étincelle d'allumage ne se produise pas au moment voulu, le moteur ne « donne » pas.

Nous terminerons l'étude des moteurs en indiquant dans ce paragraphe les précautions à prendre pour assurer leur mise au point et leur bon rendement.

**Réglage des commandes de soupape.** — 1<sup>o</sup> Soupape d'aspiration. — Cette soupape doit s'ouvrir après le passage au point

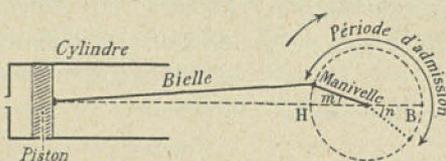


Fig. 13. — Admission.

H, point mort haut.

B, point mort bas.

$m$ , angle de retard d'ouverture à l'admission (10 à 25°).

$n$ , angle de retard de fermeture à l'admission (15 à 30°).

le plus haut du piston<sup>1</sup>, quand celui-ci commence à redescendre (début de l'aspiration). Elle doit se fermer après le passage au point le plus bas. Ce « retard à la fermeture » doit

1. Le « haut » d'un cylindre en est le fond.

augmenter avec la vitesse de rotation du moteur ; il a pour cause la vitesse limitée du gaz appelé par l'aspiration. Le retard angulaire qui en résulte pour la bielle peut ainsi varier de 15 à 30° (*fig. 13*).

2° **Soupape d'échappement.** — Afin d'éviter aussi que, à l'échappement, le piston travaille inutilement pour refouler le gaz brûlé, il faut faire ouvrir celle-ci beaucoup plus tôt que ne l'indique sa position théorique.

La soupape d'échappement doit ainsi s'ouvrir normalement quand la manivelle a sur sa position la plus basse une avance angulaire de 30 à 60°, suivant la vitesse du moteur (*fig. 14*).

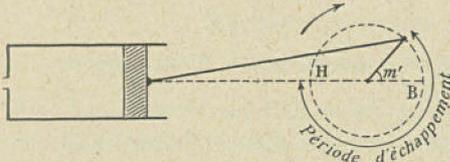


Fig. 14. — Échappement.

$m'$ , angle d'avance à l'échappement (30 à 60°).

Il faut avoir soin que l'échappement ne se produise pas à contre-temps, mais après la période de compression et de détente par explosion, c'est-à-dire un peu avant la fin du 3<sup>e</sup> temps.

La soupape d'échappement doit d'ailleurs se fermer normalement quand le piston est au point le plus haut de sa course.

**Course des soupapes.** — Pour une raison semblable à celle qui exige « l'avance à l'échappement », il est nécessaire que la soupape d'échappement offre, quand elle est levée, un passage suffisant au gaz refoulé. Ainsi, tandis que 2 à 5<sup>mm</sup> suffisent, suivant la grandeur des cylindrées, pour la course de levée de la soupape d'admission, la soupape d'échappement doit se lever de 3 à 10<sup>mm</sup> — en moyenne du quart de son diamètre — suivant les cylindrées et la vitesse de rotation du moteur.

**Rodage des soupapes.** — Nous avons appris qu'il faut une bonne compression du gaz pour que l'explosion donnée par l'allumage produise tout son effet. Or les soupapes, frappant sur leurs sièges et se trouvant, en particulier la soupape d'échappement, soumises à une très haute température, s'oxydent très rapidement. L'adhésion parfaite des soupapes à leurs sièges ne se conserve pas longtemps et le moteur, qui cependant paraissait bien réglé, perd beaucoup de sa puissance. Il faut donc prendre l'habitude de roder régulièrement les soupapes d'un moteur en service, et en particulier la soupape d'échappement.

#### Vérification de la mise au point d'un moteur.

Il est d'ailleurs facile — et c'est là une précaution utile — de s'assurer qu'un moteur est convenablement réglé. En employant le frein à courroie qui a été indiqué dans ce cours, on est averti à chaque instant, suivant le poids qui peut être supporté, de la puissance rendue par le moteur.

Le meilleur réglage, par exemple d'une commande de soupape, se vérifiera ainsi par tâtonnement, d'une façon empirique : c'est celui qui permettra d'obtenir avec le frein la plus grande puissance possible.

Le frein n'est même pas indispensable pour le contrôle du réglage. D'une manière générale, un déplacement d'organe sera avantageux s'il en résulte pour le moteur un accroissement de vitesse du volant, ce qu'il est toujours facile de constater, soit avec un « compte-tours », soit même avec une montre à secondes.

REMARQUE I. — Dans ce qui précède nous supposons, bien entendu, que l'arrivée du gaz est constante : il importe qu'elle corresponde à la consommation normale du moteur, en temps

de service à pleine charge, qui, nous le savons, correspond au meilleur rendement.

REMARQUE II. — Nous supposons également le bon graissage des différents organes du moteur, l'absence de graissage pouvant faire gripper le cylindre, fondre le coussinet de la tête de bielle et même arrêter le moteur. A ce sujet il est bon de rappeler une précaution élémentaire de surveillance d'un moteur en service : c'est de s'assurer à la main que les coussinets ne chauffent pas.

### Machine au repos.

Quand une machine est au repos, on la débarrasse, en ouvrant le petit robinet purgeur, de l'eau qui entoure le cylindre. Cette opération est de rigueur en hiver, car la glace que formerait l'eau en se congelant pourrait, à cause de l'expansion de volume qui en résulte, faire éclater le cylindre <sup>1</sup>.

Il est bon de donner aussi à la bielle de la machine au repos la position qui correspond à la détente des ressorts.

Il faut éviter avec soin les dépôts de poussières sur les machines que l'on désire bien entretenir. Les poussières, en effet, peuvent, en se mêlant à l'huile, entrer dans les coussinets, dans les articulations, qu'elles usent plus vite. On y arrive en protégeant d'une housse la machine au repos.

Lorsqu'une machine est en mauvais état, que dans les parties peu accessibles il y a des cambouis (dépôts graisseux de poussière et d'huile oxydée, rancie), on la nettoie facilement

---

1. Il ne faut pas se contenter d'enlever une partie de l'eau qui entoure le cylindre, il est nécessaire de l'enlever complètement. Nombre de moteurs ont été fendus et mis hors d'usage parce qu'on avait négligé de suivre exactement cette prescription.

au moyen d'un gros pinceau qu'on trempe dans le pétrole ordinaire ou même dans l'essence de pétrole.

Il est recommandé aussi de dégraisser de temps à autre les coussinets d'une machine en y faisant passer du pétrole.

Il est très utile également de chasser la vapeur d'eau qui peut se produire dans la salle du moteur par un courant d'air intermittent, ou mieux par un petit calorifère qui évitera complètement les causes d'oxydation.

---

## 7<sup>e</sup> LEÇON

### **CAUSES D'ARRÊT D'UN MOTEUR ET MOYENS D'Y REMÉDIER**

---

Les causes d'arrêt d'un moteur sont multiples ; nous distinguerons celles qui sont dues à l'allumage, et que nous étudierons plus tard, de celles qui sont dues à des causes purement mécaniques.

Les tableaux suivants indiquent les conditions ordinaires dans lesquelles ces derniers arrêts se produisent, leurs causes probables et les moyens d'y remédier.

Moteur à essence.

MANIFESTATIONS EXTÉRIEURES	CAUSES PROBABLES	MOYENS D'Y REMÉDIER
1 <sup>o</sup> Le moteur tourne difficilement à la main.	<p><i>a.</i> — Les segments sont collés à la paroi interne du cylindre ou dans les rainures du piston.</p> <p><i>b.</i> — Les segments sont cassés.</p> <p><i>c.</i> — Il y a manque de graissage.</p>	<p><i>a.</i> — « Dégommer » les segments en versant dans le cylindre quelques gouttes d'essence par des ouvertures spéciales.</p> <p><i>b.</i> — Remplacer les segments.</p> <p><i>c.</i> — Graisser partout.</p>
2 <sup>o</sup> Le moteur tourne trop facilement et la compression du mélange gazeux est insuffisante ou nulle.	<p><i>a.</i> — Le gaz s'échappe par la bougie, celle-ci pouvant être mal vissée . . . ou fendue . . .</p> <p><i>b.</i> — La soupape d'aspiration ne ferme pas hermétiquement sur son siège.</p> <p><i>c.</i> — La soupape d'échappement plaque mal sur son siège.</p> <p><i>d.</i> — Les ressorts des soupapes ont perdu leur élasticité.</p> <p><i>e.</i> — La tige d'une soupape est cassée.</p> <p><i>f.</i> — Les joints du fond du cylindre ou du plateau d'allumage ne sont pas étanches, étant brûlés ou crevassés.</p>	<p><i>a.</i> — Visser à fond la bougie. Remplacer la bougie.</p> <p><i>b.</i> — Roder la soupape avec de l'émeri très fin et de l'huile ou remplacer la soupape.</p> <p><i>c.</i> — Diminuer la longueur du levier de commande de la soupape d'échappement et vérifier le contact; il doit être parfait pendant les 3 premiers temps du cycle.</p> <p><i>d.</i> — Remplacer les ressorts.</p> <p><i>e.</i> — Remplacer cette tige.</p> <p><i>f.</i> — Remplacer ces joints avec des plaques spéciales d'amiante. On découpe avec des ciseaux le carton d'amiante et on le laisse séjourner dans l'eau puis dans l'huile avant de l'employer.</p>
3 <sup>o</sup> Le moteur marche irrégulièrement, les leviers ayant des mouvements saccadés et irréguliers.	Les tiges des soupapes sont encrassées et glissent mal dans leurs guides.	Démonter et nettoyer les tiges et les soupapes. Nettoyer au pétrole et à fond toutes les articulations.

## Moteur à gaz.

Les moteurs à gaz de ville ou à gaz pauvre sont sujets aux mêmes causes d'arrêt que les moteurs à essence; s'ils n'ont pas les causes d'arrêt que présente la carburation et que nous verrons plus tard, ils en ont d'autres dues à la canalisation.

MANIFESTATIONS EXTÉRIEURES	CAUSES PROBABLES	MOYENS D'Y REMÉDIER
1° Il ne vient pas de gaz par le robinet purgeur se trouvant sur la conduite d'arrivée du gaz.	La canalisation est obstruée ou il y a trop ou trop peu d'eau dans le compteur.	Nettoyer la canalisation. Vérifier le niveau d'eau du compteur: s'il ne coule pas d'eau, en ajouter; s'il en coulait trop, laisser couler l'excédent.
2° Une fuite de gaz se signale par ses émanations dans le voisinage du compteur.	Il y a une fuite dans la canalisation ou à la soupape du mélange.	Ouvrir d'abord portes et fenêtres, flamber ensuite la canalisation avec une bougie en suivant les tuyaux, pour chercher par où s'échappe le gaz. Démonter la soupape de la caisse de mélange et la roder.
3° Le moteur s'arrête et on ne réussit plus à le remettre en mouvement tout en laissant l'arrivée du gaz.	Manque de pression du gaz ou pression de l'air dans le tuyau. Dépôt d'eau dans la canalisation.	Ouvrir les purgeurs et laisser échapper l'eau. Maintenir les purgeurs ouverts pendant un moment, et s'il ne vient pas de gaz, avertir la C <sup>ie</sup> du gaz.
4° Le moteur s'arrête, reprend et s'arrête à nouveau.	Dépôt d'eau ou de cambouis dans la canalisation d'échappement.	Purger la canalisation d'échappement et, en cas d'insuccès, la démonter et la nettoyer à fond.

## 8° LEÇON

### MOTEURS HYDRAULIQUES : ROUES ET TURBINES

---

Les moteurs hydrauliques sont particulièrement intéressants à étudier : ils sont simples et par suite peu déréglables ; enfin, et ce qui mérite ici notre attention, ils sont d'un entretien presque nul.

Les moteurs hydrauliques utilisent :

1° soit le poids de l'eau avec les roues hydrauliques, les turbines à réaction ;

2° soit la vitesse, la force vive de l'eau qui est cédée au moteur sous forme de pression : roue de Poncelet, turbines ordinaires ;

3° soit même les deux actions à la fois : turbines américaines.

#### Captage des eaux.

Si l'on met à part les chutes d'eaux naturelles, le captage des eaux se fait par des barrages : déversoirs ou vannes (*fig. 15 et 16*). Les déversoirs, en surélevant le niveau de l'eau en amont, produisent une différence de niveau qu'il est facile d'utiliser à l'endroit voulu par des roues hydrauliques ou par des turbines.

Dans les vannes, la hauteur du niveau de l'eau au-dessus

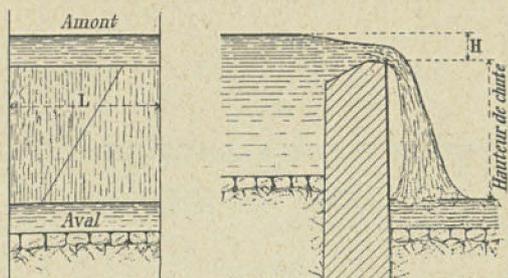


Fig. 15. — Déversoir.

Vue de face

La hauteur de chute et le débit du cours d'eau déterminent la puissance utilisable.

de l'orifice inférieur détermine une pression de  $n$  kilos par centimètre carré sur cette ouverture, pression qui peut se communiquer aux aubes d'une turbine.

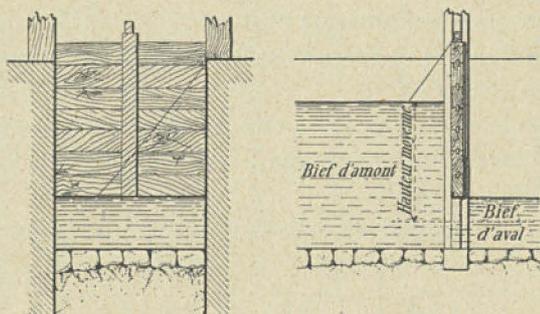


Fig. 16. — Vanne.

Vue de face.

La hauteur du niveau d'amont au-dessus du « niveau moyen » d'aval détermine la pression utilisable et par suite la vitesse de l'écoulement.

### Puissance disponible par déversoir.

La puissance de l'eau disponible à un barrage dépend du débit de la rivière, c'est-à-dire du nombre de litres qui pas-

sent par seconde à l'endroit considéré et de la hauteur de chute du barrage.

**Petit cours d'eau.** — S'il s'agit d'un très petit cours d'eau, comme c'est le cas général, on utilisera toute l'eau disponible et la puissance se déduira facilement des grandeurs suivantes : section du cours d'eau, vitesse de l'eau, hauteur de chute.

**Section du cours d'eau.** — La section du cours d'eau se déterminera approximativement comme il suit.

On prendra les différentes profondeurs de l'eau dans la section à des distances égales les unes des autres, 25<sup>cm</sup> par exemple. La moyenne de ces profondeurs donnera sensiblement la profondeur qu'aurait ce cours d'eau si la section était rectangulaire ; il suffira donc de la multiplier par la largeur du cours d'eau pour obtenir la section cherchée.

**Vitesse du courant.** — La vitesse se déterminera au moyen d'un petit flotteur (un simple bouchon suffit) qu'on abandonnera au milieu du courant ; la distance qu'il aura parcouru en une minute donnera facilement le nombre de mètres parcourus par seconde c'est-à-dire la vitesse du courant.

**Application.** — *Un cultivateur songe à utiliser un cours d'eau qui se trouve près de sa ferme. Les profondeurs de ce cours d'eau, mesurées de 25<sup>cm</sup> en 25<sup>cm</sup> (la largeur est de 1<sup>m</sup>,75), sont respectivement 30, 35, 38, 40, 50 et 15 centimètres ; la vitesse du courant est de 15 mètres à la minute. On demande quelle serait la puissance disponible si l'on installait un barrage de 75 centimètres.*

La somme des profondeurs du cours d'eau est de

$$30 + 35 + 38 + 40 + 50 + 15 = 208 \text{ centimètres.}$$

La profondeur moyenne est de  $208 : 6 = 34$  centimètres.

La section du cours d'eau est de

$$1^m,75 \times 0,34 = 0^{m^2},60.$$

Le courant, d'autre part, parcourt en une seconde

$$15^m : 60 = 0^m,25.$$

La quantité d'eau (en mètres cubes par seconde) passant au barrage sera de  $0,60 \times 0,25 = 0^{m^3},150$ , soit 150 litres d'eau.

Ces 150<sup>kg</sup> d'eau tombant d'une hauteur de 0<sup>m</sup>,75 fourniront par seconde un travail de

$$150 \times 0,75 = 112^{kgm}, 50.$$

REMARQUE. — En réalité, le débit de l'eau est inférieur à 0<sup>m^3</sup>,150, car l'eau qui est au fond de la rivière coule plus lentement que celle qui est à la surface. Si nous supposons, comme on le fait dans la pratique, une diminution égale au cinquième, nous obtiendrons, pour la puissance réellement disponible,

$$112^{kgm},5 \times \frac{4}{5} = 89^{kgm},$$

soit  $89 : 75 = 1,2$  cheval-force.

En supposant que la roue hydraulique employée ait un rendement de 70 %, nous trouverons pour la puissance rendue définitivement

$$1,2 \text{ HP} \times 0,70 = 0,84 \text{ HP},$$

soit plus de  $3/4$  de cheval.

### Puissance disponible par vanne.

La puissance disponible dépend :

1° de l'ouverture de la vanne, qu'on doit modifier suivant l'importance du cours d'eau ;

2° de la hauteur du niveau au-dessus de l'orifice de la vanne <sup>1</sup>.

---

1. Ou plus exactement : au-dessus du niveau moyen de l'orifice de la vanne.

La *pression* de l'eau sur une paroi — de  $1^{\text{dm}^2}$ , par exemple — est égale au poids de l'eau supportée par cette paroi : elle s'exprime en kg *par décimètre carré*. Si l'on découpe dans cette paroi un orifice de  $1^{\text{dm}^2}$ , cette pression aura pour effet de lancer l'eau avec une force égale et avec une vitesse que l'expérience peut donner.

Le Tableau suivant indique ces vitesses :

HAUTEUR DE CHUTE (en mètres)	VITESSE (en mètres par seconde)
0 <sup>m</sup> , 25 . . . . .	2 <sup>m</sup>
0, 50 . . . . .	3, 10
0, 75 . . . . .	3, 80
1 <sup>m</sup> . . . . .	4, 40
1, 25 . . . . .	4, 95
1, 50 . . . . .	5, 40
1, 75 . . . . .	5, 85
2 <sup>m</sup> . . . . .	6, 20
2, 25 . . . . .	6, 65
2, 50 . . . . .	7 <sup>m</sup>
2, 75 . . . . .	7, 35
3 <sup>m</sup> . . . . .	7, 70

Nous allons voir dans un exemple que ces éléments suffisent pour déterminer la puissance disponible.

*Un industriel a, près de son usine, un cours d'eau assez important, dont la profondeur moyenne est de 1<sup>m</sup>,25. Il désirerait l'utiliser au moyen d'un barrage par vanne. En supposant que le cours d'eau a un débit assez considérable pour pouvoir alimenter continuellement une vanne de 35<sup>dm</sup><sup>2</sup>, sans que le niveau de l'eau baisse sensiblement, on demande quelle sera la puissance disponible.*

Examinons l'orifice de la vanne ; sa hauteur moyenne au-dessous du niveau de l'eau est de 1 mètre, par exemple.

La pression sur  $1^{\text{dm}^2}$  de cet orifice est donc égale au poids

d'une colonne d'eau de  $1\text{dm}^2$  de base, et de  $10\text{dm}$  de hauteur, c'est-à-dire au poids de 10 litres d'eau ou  $10\text{kg}$ .

Cette force de  $10\text{kg}$ , que possède l'eau, est capable de déplacer celle-ci avec une vitesse de  $4\text{m},40$  à la seconde (voir Tableau), c'est-à-dire d'effectuer un travail de

$$10 \times 4,40 = 44\text{kgm}$$

à la seconde.

Le même travail pouvant s'effectuer par chaque  $\text{dm}^2$  de l'orifice, la puissance totale disponible par seconde est de

$$44\text{kgm} \times 35 = 1540\text{kgm}.$$

Cette puissance vaut, en HP,

$$1540 : 75 = 20,5\text{ HP}.$$

### Les turbines.

La pression de l'eau déterminée par les barrages s'utilise aujourd'hui de préférence par des *turbines*, dont le rendement, quand le débit est convenable, peut être supérieur à 80 %. D'ailleurs, par leur encombrement restreint et leur facilité d'emploi, les turbines sont appelées à remplacer totalement les roues hydrauliques : on en construit de toutes les puissances, de  $1/20$  de HP à plus de 1000 HP.

Voyons donc comment elles fonctionnent.

Le barrage établit dans le cours d'eau deux niveaux différents : le bief d'amont et le bief d'aval. Une chambre en maçonnerie (ou une cuve métallique), la bêche, termine le bief d'amont ; l'eau ne peut donc s'écouler dans le bief d'aval qu'en passant dans la turbine.

**Turbines à réaction.** — Dans la turbine à réaction, l'eau pénètre avec violence dans la cage de la turbine (*fig. 17*), puis s'en échappe par des ouvertures — *aubes fixes* — ména-

gées dans le fond et vient, à la sortie, buter contre un plateau dont les ouvertures — *aubes mobiles* — sont inclinées

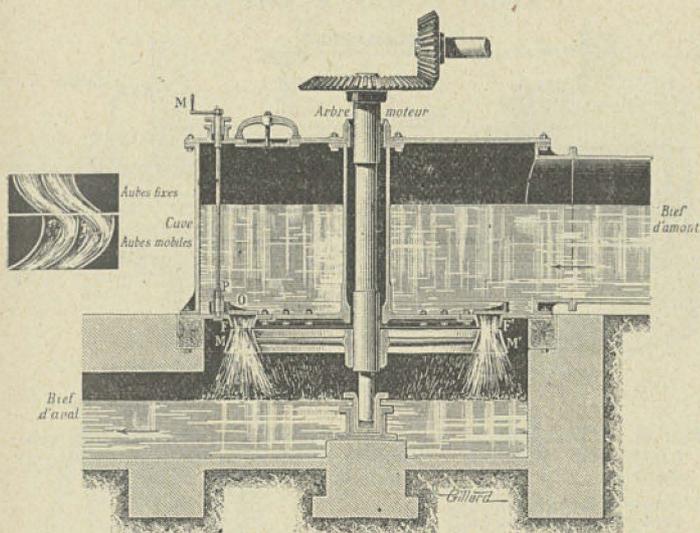


Fig. 17. — Turbine à réaction.

Pour passer du bief d'amont dans le bief d'aval, l'eau traverse le fond du réservoir-cuве. En quittant les aubes fixes, elle va frapper les aubes mobiles.

en sens contraire des aubes fixes. C'est l'axe de ce plateau mobile qui recueille l'énergie à produire.

On règle la vitesse du plateau mobile, proportionnellement aux besoins et au débit du cours d'eau, en obturant plus ou moins les orifices des aubes fixes.

**Turbines américaines.** — Dans les turbines dites américaines, les aubes sont portées latéralement par l'arbre de la turbine (*fig. 18*).

L'eau pénètre de la chambre de maçonnerie dans la caisse de la turbine, en se dirigeant d'abord vers l'arbre mobile, puis s'échappe par le fond de la caisse (*fig. 19*).

La forme des aubes est d'ailleurs calculée pour que la pression de l'eau qui s'échappe leur reste perpendiculaire, et

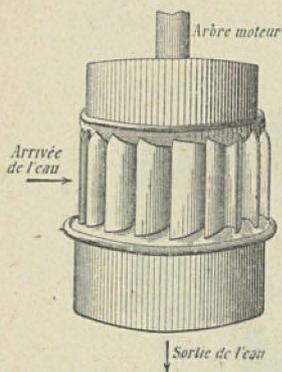


Fig. 18 — Turbine centripète dite « américaine ».

L'eau passe du bief d'amont dans le bief d'aval en traversant la turbine. Elle y pénètre en se dirigeant vers le centre et en pressant sur les aubes mobiles.

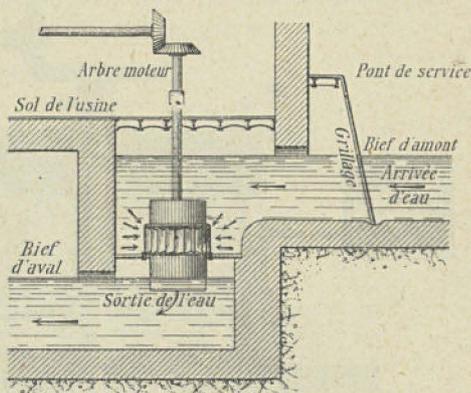


Fig. 19. — Installation d'une turbine centripète, montrant la chambre en maçonnerie où est installée la turbine.

comme la surface totale de toutes ces aubes est considérable, on voit que la pression totale sur cet orifice d'échappement peut être très élevée. C'est ce qui explique la puissance remarquable des turbines sous un volume très restreint.

## 9<sup>e</sup> LEÇON

### LES MOTEURS A VENT

Le nombre des moteurs à vent augmente chaque jour : on les établit pour l'élévation des eaux à la surface du sol,

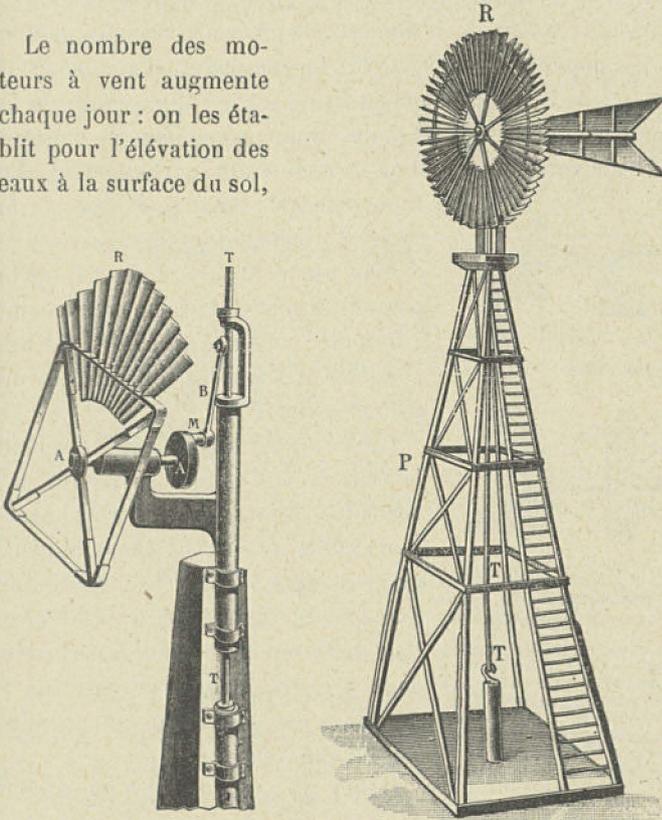


Fig. 20. — Moulin à vent ou éolienne.

Le mouvement de rotation de l'axe AA de la roue R se transforme en mouvement alternatif par la manivelle M et la bielle B commandant la tige guidée TT de la pompe.

Vue d'ensemble de l'appareil avec le pylône en fer P supportant l'éolienne. En R, la roue motrice formée de lames cloisonnées montées sur une armature en fer.

pour l'élévation des eaux dans les réservoirs destinés à alimenter des fermes ou même des petites villes. Les « éoliennes » peuvent servir également à actionner des appareils qui n'ont pas besoin de travailler à heure fixe, comme, dans une ferme, les hache-paille, coupe-racines, tarares, concasseurs, trieurs, appareils de moutures, bluteries, etc. On peut même les employer à l'éclairage électrique domestique grâce aux accumulateurs.

Les moteurs à vent (*fig. 20*) se composent d'une roue R formée de lames cloisonnées fixées sur le bâti en fonte de la roue, comme le sont les lames d'une persienne, en laissant un vide entre elles tout en se recouvrant partiellement. Le

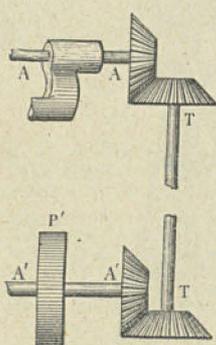


Fig. 21. — Schéma de la transmission du mouvement pour rotation.

Le mouvement de rotation de l'axe AA de la roue produit la rotation de l'axe A'A' des appareils de commande au moyen d'un système d'engrenages coniques.

TT, arbre de transmission qui tourne sur place.  
P', poulie de commande.

de la rotation de l'axe de la roue AA à l'arbre de commande A'A' (*fig. 21*) des appareils au moyen d'un système d'engrenages dont l'installation se comprendra aisément d'après la figure 21.

mouvement de rotation de l'axe de la roue est transmis par une manivelle M et une bielle B à la tige TT de la pompe qui possède ainsi un mouvement alternatif ; cette tige est guidée par des glissières. Le tout est supporté par un pylône en fer P.

Dans les conditions normales, quand le vent est ordinaire (environ 10<sup>m</sup> par seconde), la roue, grâce à un gouvernail mobile automatiquement, se place normalement à la direction du vent de façon à lui présenter toute sa surface. En cas de tempête, le gouvernail, poussé dans la direction du vent, entraîne la roue dans cette direction, et la rotation cesse d'elle-même.

Quand on veut produire un mouvement rotatif, on opère la transmission

### Qualités d'un moteur à vent.

Un bon moteur à vent doit :

- 1° posséder une roue à la fois très légère et très résistante ;
- 2° pouvoir s'orienter au vent rapidement et d'une façon automatique ;
- 3° pouvoir résister aux plus grands vents sans se détériorer ;
- 4° posséder un système de réglage qui assure à la roue une vitesse de rotation maximum, pour laquelle l'installation est faite.

### Puissance d'un moteur à vent.

La puissance disponible d'une éolienne dépend évidemment du diamètre de la roue motrice ou plus exactement de la surface qu'elle présente au vent.

La surface de la roue motrice grandit beaucoup plus vite que le diamètre (elle est 4 fois plus grande pour un diamètre double) ; c'est pourquoi les puissances disponibles s'élèvent vite avec le diamètre des roues :

1 huitième de cheval pour une roue de	2 <sup>m</sup> ,50	de diamètre
1 demi-cheval pour une roue de	3 <sup>m</sup> ,50	—
3 chevaux pour une roue de	6 <sup>m</sup>	—

REMARQUE. — Il est bien entendu que la résistance que doit présenter la roue au vent augmente également comme le carré de sa surface ; c'est pourquoi il est nécessaire que le pylône-support et l'armature de la roue présentent une grande solidité.

Quantité d'eau qui peut être élevée. — La quantité d'eau qui peut être élevée par une éolienne dépend de sa

puissance ; on peut d'ailleurs, comme nous allons le voir, l'en déduire facilement.

**Exemple.** — *Un cultivateur a fait monter une éolienne de 3<sup>m</sup>,50 de diamètre produisant 1 demi-cheval de force par un vent moyen de 10 mètres à la seconde ; il lui fait actionner une pompe aspirante pour remplir un bac d'alimentation ; sur quel débit à l'heure pourra-t-il compter ?*

Remarquons qu'un cheval de travail rendu par une pompe pourrait produire 75 kilogrammètres à la seconde, ce qui correspondrait à l'élévation de 75 kilos d'eau ou 75 litres d'eau à la seconde à 1 mètre de hauteur.

D'après les données, la roue motrice transmet 1 demi-cheval à la pompe ; celle-ci, à cause des pertes dues au frottement du piston contre le cylindre, du poids de la tige soulevée à chaque aspiration, n'en rend sensiblement que la moitié, soit un quart de cheval.

Ce quart de cheval est utilisé seulement pendant le temps que la pompe aspire, c'est-à-dire pendant la moitié du temps du fonctionnement de la pompe.

En résumé, au point de vue de l'élévation de l'eau, il n'y a donc d'utilisé, d'une façon permanente, qu'un huitième de cheval. Ainsi on pourra soulever par seconde

$75^l : 8 =$  environ 9 litres d'eau à 1 mètre de hauteur, soit

$9^l : 5 = 1,80$  à 5 mètres de hauteur ou  $0,90$  à 10 mètres.

Les débits correspondants, à l'heure (3 600 secondes), seraient de 32 400 litres à 1 mètre ou 6 480 litres à 5 mètres ou 3 240 litres à 10 mètres.

On comprend d'ailleurs que le débit d'eau soulevée varie avec l'espèce de pompe employée.

---

## 10<sup>e</sup> LEÇON

### LES ACCUMULATEURS HYDRAULIQUES

---

Parmi les forces motrices qui nous intéressent particulièrement dans le cas où nous nous plaçons, on peut citer les réservoirs d'eau élevés.

Il est facile, par un exemple, de savoir quelle puissance disponible présente ainsi un réservoir d'eau d'un volume déterminé et placé à une hauteur connue.

**Exemple.** — *Un cultivateur installe pour les besoins de sa ferme un réservoir en béton armé placé à 6 mètres du sol. Ce réservoir peut contenir 25 mètres cubes d'eau, la hauteur du niveau de l'eau au fond du bassin étant alors de 3 mètres. En supposant que l'eau de ce réservoir serve à alimenter une turbine placée à 1 mètre au-dessous du sol et immédiatement au-dessus d'un second réservoir (citerne), on demande :*

1<sup>o</sup> *quelle sera la puissance disponible en supposant que la vanne d'arrivée de l'eau à la turbine règle le débit à 10 litres à la seconde ;*

2<sup>o</sup> *pendant combien de temps cette puissance sera disponible ;*

3<sup>o</sup> *combien il faudra de temps pour remplir le bassin au moyen d'une pompe centrifuge actionnée par un manège à un cheval. On sait que la pompe centrifuge Farcot employée est capable d'élever 10 mètres cubes d'eau à un mètre de hauteur en tournant à la vitesse de 645 tours à la minute <sup>1</sup>.*

---

1. Une telle pompe a 5<sup>cm</sup> de diamètre à l'orifice d'aspiration ou de refoulement.

1° Le niveau moyen de l'eau du réservoir sera situé à 4<sup>m</sup>,50 au-dessus du fond de ce réservoir, soit à 7<sup>m</sup>,50 au-dessus du sol ou encore à 8<sup>m</sup>,50 au-dessus de la turbine.

Le travail produit par les 10 litres d'eau (10<sup>kg</sup> d'eau) tombant de 8<sup>m</sup>,50 sera de

$$10 \times 8,50 = 85 \text{ kilogrammètres à la seconde.}$$

Si le rendement de la turbine est de 60 %, on voit que la puissance est de

$$85 \times \frac{60}{100} = 51^{\text{kgm}}, \text{ soit près de } 3/4 \text{ de cheval.}$$

2° Cette puissance sera disponible pendant le temps nécessaire au bassin pour se vider. Or, un débit de 10 litres à la seconde videra le bassin de 25<sup>m<sup>3</sup></sup> (25 000 litres) en 2500 secondes ou  $2500 : 60 = 40$  minutes environ.

Le bassin que nous étudions permettrait donc d'utiliser une puissance de 50<sup>kgm</sup> environ pendant 40 minutes, ou de 25<sup>kgm</sup> pendant 80 minutes, ou encore de 12<sup>kgm</sup> pendant 2<sup>h</sup>40<sup>min</sup>.

REMARQUE. — Dans ce qui précède, nous supposons que la pression de l'eau qui tombe du bassin dans la bêche de la turbine ne subit pas de perte de pression ou, comme on dit, de « perte de charge » en passant par le tuyau d'alimentation. Il faut pour cela que ce tuyau soit suffisamment large.

3° En tournant à la vitesse de 645 tours à la minute, la pompe Farcot pourra élever 10<sup>m<sup>3</sup></sup> d'eau à 1 mètre de hauteur.

Pour maintenir ce débit à une hauteur de 8<sup>m</sup>,50 (environ 9<sup>m</sup>), il faudra faire tourner la pompe 3 fois plus vite<sup>1</sup>, c'est-à-dire à la vitesse de  $645 \times 3 = 1935$  tours à la minute.

Dans ces conditions, la pompe centrifuge serait capable de refouler 10<sup>m<sup>3</sup></sup> d'eau à l'heure ; par suite le bassin de 25<sup>m<sup>3</sup></sup> serait rempli en 2 heures et demie.

---

1. On démontre que la vitesse nécessaire pour élever l'eau à une certaine hauteur est égale à la vitesse nécessaire pour l'élever à 1 mètre multipliée par la racine carrée de la hauteur d'élévation.

**Applications.** — Dans le problème que nous venons de résoudre, on peut remarquer que la pompe centrifuge utilisée remplirait le bassin sensiblement dans le même temps que celui-ci se viderait en produisant  $12^{\text{kgm}}$  de puissance.

Ces  $12^{\text{kgm}}$ , convertis en lumière au moyen d'une dynamo attelée directement à l'axe horizontal de la turbine, seraient suffisants, on le verra, pour éclairer une petite ferme. Il en résulte que, le bassin étant rempli pendant la journée, si l'on fait tourner le cheval du manège pendant la première heure de décharge, on pourrait gratuitement éclairer la ferme pendant  $2^{\text{h}30^{\text{min}}} + 1^{\text{h}} = 3^{\text{h}30^{\text{min}}}$ , qui est la durée d'une veillée ordinaire à la campagne. Dans tous les cas, on pourrait ainsi s'éclairer très régulièrement puisque le bassin se vide d'une façon parfaitement continue, aussi longtemps qu'on ferait tourner le cheval.

**Conclusions.** — Le problème précédent montre tous les avantages que l'on peut retirer dans une ferme du système : Manège-Pompe et Turbine-Dynamo.

Le manège permettra d'obtenir une force variable qu'on utilisera directement pour la plupart des machines-outils, et le réservoir donnera une force parfaitement fixe et continue que la turbine-dynamo transformera en lumière pour l'éclairage direct.

Il serait d'ailleurs facile d'obtenir une puissance plus élevée : il suffirait, par exemple, de placer la turbine plus au-dessous du niveau du sol, ce qui augmenterait la hauteur de chute : on utiliserait alors une turbine à axe vertical commandant par engrenage la dynamo placée sur le sol de la ferme ou de l'atelier.

On pourrait également augmenter le débit du réservoir, soit en augmentant la capacité de ce réservoir, soit, mieux, en augmentant la puissance de la pompe centrifuge d'alimentation.

**Exemple.** — Un industriel possède un moteur de 6 HP qu'il désire employer pour éclairer son atelier et sa maison au moyen d'une turbo-dynamo installée à 1<sup>m</sup> au-dessous du sol et d'un bassin d'alimentation placé à 6<sup>m</sup> d'élévation. Sachant que le moteur peut actionner la pompe centrifuge pendant toute la durée de l'éclairage, on demande :

1° quel devra être le débit de la pompe, si l'on a soin, pour mieux utiliser la chute, de maintenir constant le niveau de l'eau de ce réservoir à 3<sup>m</sup> au-dessus du fond (par un léger excès d'eau et un trop-plein) ;

2° quelle sera la force qui sera distraite du moteur pour faire tourner la pompe centrifuge à la vitesse convenable.

On sait d'ailleurs que l'éclairage désiré doit être celui de 14 lampes de 16 bougies, correspondant à une énergie électrique d'environ 90<sup>kgm</sup>. Le rendement de la turbine sera évalué à 60 % ; celui de la dynamo à 80 %.

1° La hauteur du niveau supérieur de l'eau au-dessus de l'axe de la turbine sera de  $3^m + 6^m + 1^m = 10^m$ .

1 litre d'eau tombant par seconde produirait dans la turbine un travail de 10<sup>kgm</sup>.

La turbine transmettrait à la dynamo les  $\frac{60}{100}$  de cette puissance, soit

$$10^{\text{kgm}} \times \frac{60}{100} = 6^{\text{kgm}}.$$

Enfin, la dynamo rendrait en lumière

$$6^{\text{kgm}} \times \frac{70}{100} = 4^{\text{kgm}},8.$$

En résumé, 1 litre d'eau produirait en tombant une énergie électrique de 4<sup>kgm</sup>,8. Pour obtenir 90<sup>kgm</sup> d'énergie électrique il faudrait donc

$$90 : 4,8 = 18^l,7.$$

Ce résultat serait obtenu facilement au moyen d'une pompe Farcot ayant 8<sup>cm</sup> d'orifice d'aspiration et de refoulement, qui

pourrait soulever  $22^{\text{m}^3}$  à l'heure à 10 mètres de hauteur en tournant à la vitesse de 1440 tours à la minute.

2° Si nous supposons que le niveau de l'eau de la citerne soit à  $1^{\text{m}}$  au-dessous de la turbine, on voit que la puissance à distraire du moteur sera celle qu'il faut pour soulever  $18^{\text{l}},7$  à  $11^{\text{m}}$  de hauteur, soit

$$18,7 \times 11 = 205^{\text{kgm}},7, \text{ soit } 205,7 : 75 = 2,8 \text{ HP.}$$

En résumé, le bassin d'eau élevé accumule le travail que l'on a dépensé pour le remplir : il ne le rend pas intégralement, mais il peut le rendre très régulièrement ; il joue, pour l'éclairage, le même rôle qu'un accumulateur ordinaire ; nous l'appellerons l'*accumulateur hydraulique*.

REMARQUES. — Il est intéressant de remarquer que, à l'encontre des accumulateurs électriques, l'accumulateur hydraulique n'exige aucun entretien et peut se conserver presque indéfiniment. D'autre part, l'eau employée dans le système proposé forme un circuit continu entre la citerne et le réservoir ; la même eau pourra donc servir indéfiniment.

Cas particulier. — Il peut arriver que l'on n'ait pas de citerne, mais un puits à sa disposition ; le même procédé serait encore applicable : seule, la nature de la pompe pourrait varier :

1° quand la différence entre les niveaux extrêmes de l'eau (élévation et refoulement compris) n'est pas supérieure à 15 mètres, il est préférable d'employer la pompe centrifuge, qui donne un très grand débit sous un faible encombrement ;

2° quand l'élévation est plus grande que  $15^{\text{m}}$ , deux cas peuvent se présenter :

a) la différence entre le plan d'eau inférieur et le plan du moteur est inférieure à  $8^{\text{m}}$ , et dans ce cas on emploiera une pompe horizontale ou verticale à double effet (c'est-à-dire aspirante et foulante), pompe que le moteur utilisera actionnera par une courroie ;

b) si cette différence est plus grande que 8<sup>m</sup>, comme dans un puits très profond, il faudra descendre, dans le puits, à 4 ou 5<sup>m</sup> au-dessus du niveau de l'eau une pompe verticale aspirante et foulante dont la tige sera actionnée par le moteur placé au niveau du sol.

Dans ce cas particulier, le réservoir en élévation, notre accumulateur hydraulique, pourra servir en même temps à la distribution de l'eau dans toute l'habitation.

---

DEUXIÈME PARTIE

L'ÉLECTRICITÉ

---

11<sup>e</sup> LEÇON

NOTIONS GÉNÉRALES D'ÉLECTRICITÉ

---

L'électricité. — Le courant électrique.

On ne connaît pas la nature de l'électricité; d'ailleurs, ses effets nous intéressent seuls ici et nous allons les étudier.

1<sup>o</sup> **Pression du courant** : *le mètre et le volt*. — Chacun sait que si l'on réunit par un tube deux réservoirs d'eau placés à des hauteurs, à des *niveaux* différents, il s'établit un *courant* entre les deux réservoirs, courant qui persiste tant qu'il y a une différence de niveaux entre les deux extrémités du tube.

Les machines électriques — piles ou dynamos — ont de même pour but de créer une différence de niveaux électriques entre les deux extrémités d'un tube, un fil métallique. Quand il en est ainsi, le fil est parcouru également par un courant — *courant électrique* — facilement reconnaissable parce qu'il *échauffe le fil et fait dévier l'aiguille aimantée*. Ainsi, la *différence de niveaux électriques* ou, comme on dit, la *différence de potentiel* suffit à produire un courant, un tra-

vail électrique, comme la différence de niveaux peut produire un courant d'eau, un travail hydraulique.

Pour l'eau, le niveau zéro est celui de la mer ; pour l'électricité, le niveau, le potentiel zéro, est celui du sol.

Le niveau 1, qui s'appelle 1 mètre en hydraulique, s'appelle 1 volt en électricité.

*Le volt est l'unité de niveau, de potentiel électrique, et c'est la différence de niveaux, la différence de voltage, qui détermine la pression du courant.*

2° **Débit du courant** : *le litre et l'ampère.* — La quantité d'eau qui passe pendant une seconde dans la section du tuyau vu plus haut ou, comme on dit, le *débit* du courant, dépend non seulement de la pression de cette eau (différence des niveaux extrêmes), mais aussi de la section du tuyau, de sa résistance au courant : elle s'exprime en litres.

Ainsi, *l'intensité, ou le débit du courant, augmente avec la pression et diminue avec la résistance.* Il en est de même pour le courant électrique ; son débit ou son intensité augmente avec la différence de voltage aux deux extrémités du fil et diminue avec la résistance du fil, au fur et à mesure que la section diminue.

L'unité de courant électrique s'appelle *ampère, quantité d'électricité qui passe en 1 seconde dans chaque section d'un fil, quand la pression du courant électrique est de 1 volt et quand le fil a l'unité de résistance.*

La pression et le débit du courant électrique se mesurent avec des appareils spéciaux : le voltmètre et l'ampèremètre.

3° **Travail du courant électrique** : *le watt.* — Lorsque, par l'effet du courant électrique, un poids de 1<sup>kg</sup> d'eau est tombé de 1 mètre de hauteur, il a effectué, nous le savons, un travail de  $1^{\text{kg}} \times 1^{\text{m}} = 1^{\text{kgm}}$ . De même, *quand l'unité de masse électrique, l'ampère, est tombée de 1 volt de hauteur, il y a un*

travail électrique d'accompli. *Ce travail, quand il est effectué en 1 seconde, s'appelle le watt.* Le watt vaut sensiblement  $1/10$  du kgm.

**Application.** — *Combien un cheval-force vaut-il de watts ?*

$1^{\text{kgm}}$  par seconde vaut sensiblement 9,8 watts.

Donc 1 HP ou  $75^{\text{kgm}}$  par seconde vaut

$$9^{\text{v}},8 \times 75 = 736 \text{ watts.}$$

---

## 12<sup>e</sup> LEÇON

### LA DYNAMO

---

#### Définitions.

Anciennement, avec les piles, on ne pouvait produire de courant électrique sans user un corps quelconque, le zinc, par exemple ; aujourd'hui, grâce à la dynamo, on transforme directement le travail mécanique en électricité.

Pour faire tourner avec une certaine vitesse une bobine de

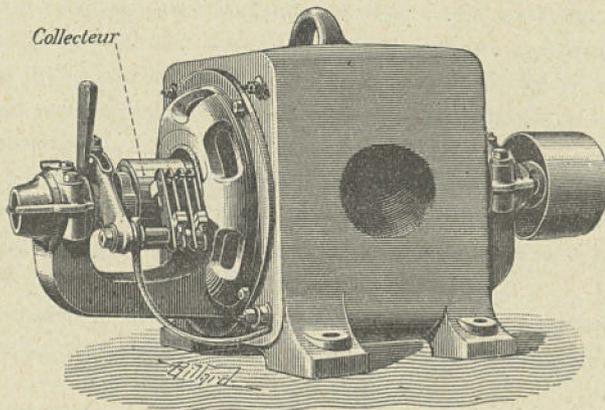


Fig. 22. — Dynamo.  
En avant, le collecteur.

fil de cuivre placée sur un axe, il faut effectuer un certain travail. Si l'on place maintenant cette bobine de fil entre les

branches d'un aimant, on reconnaîtra immédiatement que la résistance du mouvement augmente : il faudra plus de travail pour faire tourner l'axe à la même vitesse. Le supplément de travail fourni est transformé directement en électricité.

Une *dynamo* (fig. 22) n'est autre chose qu'un aimant, entre les mâchoires duquel tournent une série de bobines de fil qui forment l'anneau de Gramme.

Toutes ces bobines communiquent entre elles par l'intermédiaire de petites pièces de cuivre, centrées autour de l'axe et qui forment le *collecteur*.

C'est sur ce collecteur que viennent s'appuyer les deux

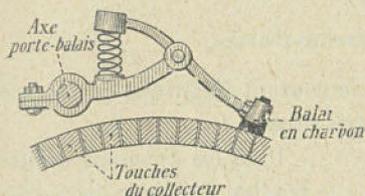


Fig. 23. — Collecteur et balais.

balais (fig. 23), ordinairement en charbon, qui sont, en somme, les deux « pôles » de la machine. C'est la différence de voltage entre les deux pôles qui détermine la pression du courant.

Cette différence de voltage dépend, on le comprend, du nombre des bobines qui se déplacent, de leur vitesse de rotation et aussi de la puissance de l'aimant. Les dynamos que l'on vend dans le commerce diffèrent justement par ces différents points. Les constructeurs garantissent certaines constantes : l'*intensité*, le *voltage* du courant, qu'elles peuvent produire à une *vitesse* donnée.

Ainsi, une dynamo tournant à 1800 tours — ce qui exigera, par exemple, une force de 3,5 HP — pourra former un courant de 18 ampères à 110 volts.

### Excitation de la dynamo.

**Électro-aimant.** — Les aimants des dynamos employées dans l'industrie sont des *électro-aimants* (fig. 24), c'est-à-dire

morceaux de fer doux plus ou moins gros, pouvant être recourbés en forme d'U et autour desquels on a enroulé convenable-

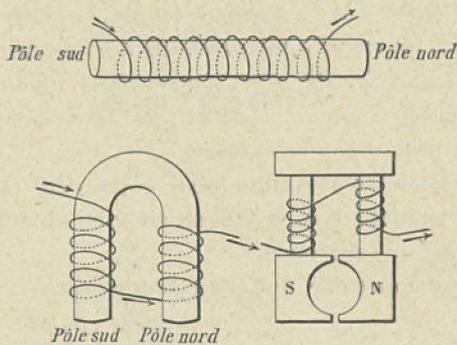


Fig. 24. — Electro-aimants.

ment un fil électrique : c'est le courant électrique qui forme l'aimant, d'où le nom d'électro-aimant.

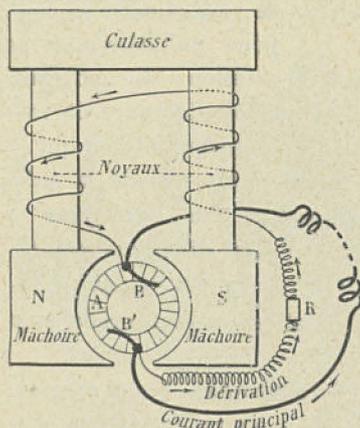


Fig. 25. — Electro-aimant en dérivation.

N et S, les deux pôles de l'électro.  
B et B', les balais ou pôles de la dynamo.  
A, anneau de Gramme placé entre les mâchoires.

En R, position du rhéostat d'excitation sur le courant dérivé qui traverse l'électro.

Dans les dynamos industrielles, c'est une partie du courant formé qui passe dans l'électro-aimant ; celui-ci est, comme on dit, en « dérivation » (fig. 25) sur le courant principal. D'ailleurs, le peu de magnétisme qui existe toujours dans les grosses masses métalliques suffit, quand l'anneau de Gramme tourne dans l'électro-aimant, à produire dans cet anneau le courant principal initial, qui permettra à l'électro de s'aimanter davantage et ainsi de suite.

En résumé, *une partie plus ou moins grande du courant produit par la machine ne peut être utilisée à l'extérieur ; elle sert pour la machine elle-même, pour l'excitation de son électro-aimant.*

Une machine est d'autant meilleure qu'elle exige un courant d'excitation plus faible. Les dynamos qui ont le meilleur rendement demandent un courant d'excitation variant entre 10 et 15 % du courant principal.

---

## 13<sup>e</sup> LEÇON

### ACHAT D'UNE DYNAMO. — RENDEMENT. PRIX DE REVIENT DU CHEVAL-ÉLECTRIQUE. VÉRIFICATIONS PRATIQUES

---

#### Achat d'une dynamo.

L'intensité du courant que peut produire une dynamo augmente avec la vitesse de celle-ci ; mais plus la vitesse augmente, plus les coussinets s'usent et consomment d'huile.

Nous avons donc un second élément d'appréciation : *la meilleure dynamo sera celle qui, pour donner un même résultat, tournera le moins vite* : une dynamo qui produirait 15 ampères à 110 volts en tournant à 1800 tours seulement sera meilleure qu'une autre dynamo qui produirait le résultat précédent à 2500 tours.

Un autre élément d'appréciation consiste dans l'échauffement plus ou moins grand qui se produit dans une dynamo en usage continu. Comme cet échauffement est pris — car la chaleur est une forme de travail — sur l'énergie fournie par le moteur à la dynamo, il en résulte qu'*une dynamo qui s'échauffe beaucoup a un rendement inférieur*.

Les bons constructeurs fournissent des dynamos dont le rendement est au moins de 82 %, rendement qui augmente d'ailleurs avec la puissance de la machine, et dont la tempé-

rature ne dépasse pas 30 à 40°, au bout de quelques heures de marche. Dans le rendement d'une machine, intervient encore la fraction du courant qu'il faut utiliser pour l'excitation de la machine.

### Vérification pratique du rendement.

D'ailleurs, c'est à l'acheteur intelligent à vérifier lui-même le rendement de la dynamo et c'est ce que nous allons examiner dans un exemple.

Supposons que le rendement d'un moteur ait été trouvé, comme nous l'avons vu précédemment, égal à 3,5 chevaux, correspondant à un poids de 21<sup>kg</sup>, supportés par la jante du frein.

Attelons ce moteur à la dynamo étudiée et faisons varier le rhéostat d'excitation, pour que la vitesse reste la même, soit, par exemple, 350 tours à la minute ; nous reconnaitrons que pour conserver cette vitesse nous ne pouvons plus faire porter au volant qu'un poids inférieur, égal à 15<sup>kg</sup>, par exemple. Donc 21<sup>kg</sup> — 15<sup>kg</sup> ou 6<sup>kg</sup> de puissance, soit les 6/21 de la puissance du moteur, ont été absorbés par la dynamo. Celle-ci exige donc une puissance de

$$3,5 \text{ HP} \times \frac{6}{21} = 1 \text{ HP.}$$

La machine a donc absorbé un cheval de force.

Reste maintenant à savoir ce que la machine rend comme électricité. Supposons que le courant produit soit alors de 5,5 ampères, à la pression de 110 volts ; le travail correspondant, d'après ce que nous avons vu, est égal à

$$110 \text{ volts} \times 5,5 \text{ ampères} = 605 \text{ watts,}$$

ou, sensiblement, 60<sup>kgm</sup>,5 puisqu'il faut environ 10 watts pour faire 1<sup>kgm</sup>.

Ainsi donc, pour 1 HP, c'est-à-dire  $75^{\text{kgm}}$  absorbés par seconde, la machine produit  $60^{\text{kgm}}$  sous forme d'électricité. Le rendement de la dynamo est donc

$$60 : 75 = 0,80, \text{ c'est-à-dire de } 80\%.$$

**Prix de revient du cheval-force électrique.** — Le prix du cheval-force électrique se déduira de ce qui précède et des conditions dans lesquelles la dynamo est actionnée. Par ordre de grandeur décroissante, le cheval-force coûte davantage dans un moteur à essence que dans un moteur à gaz de ville, celui-ci coûte davantage que le moteur à gaz pauvre; enfin le prix du cheval-force d'un moteur à gaz pauvre se trouve plus élevé que celui d'un moteur hydraulique.

On comprend donc que, suivant l'origine de la force, le prix du cheval-force électrique varie; nous allons prendre le cas particulier du moteur de 3,5 HP qui a été étudié jusqu'ici.

**Exemple I.** — *Une dynamo est actionnée par un moteur à gaz de ville. Celui-ci a consommé en 1 heure 1900 litres de gaz, payé 0<sup>fr</sup>,20 le mètre cube. La dynamo a formé pendant ce temps un courant de 12 ampères à 110 volts. On demande le prix du cheval-force électrique.*

Énergie produite en watts :

$$110 \text{ volts} \times 12 \text{ ampères} = 1320 \text{ watts};$$

en chevaux de force :

$$1320 : 736 = 1,8 \text{ HP. (1 HP} = 736 \text{ watts.)}$$

Dépense occasionnée pour 1900 litres de gaz :

$$0^{\text{fr}},20 \times 1,9 = 0^{\text{fr}},38.$$

Prix du cheval-force électrique :

$$0^{\text{fr}},38 : 1,8 = 0^{\text{fr}},21.$$

**Applications.** — Il résulte de ce qui précède que l'on peut avoir un cheval-force électrique ou 736 watts pour 21 centimes.

Nous verrons qu'une bougie fournie par une lampe à incandescence absorbe sensiblement 3,5 watts.

Par conséquent, pour une dépense de 21 centimes, on pourrait entretenir pendant 1 heure  $736 : 3,5 = 210$  bougies, soit 21 lampes de 10 bougies ou 13 lampes de 16 bougies. Dans les chambres ordinaires, les lampes de 10 bougies suffisent pour l'éclairage. On voit ainsi combien la lumière électrique est économique.

De plus, il est à remarquer que cette économie augmenterait considérablement si la force primitive était donnée par un courant d'eau, au moyen d'une turbine.

*Exemple II. — Dans une installation où l'électricité est formée par une chute d'eau, on vend le kilowatt-lumière à raison de 0<sup>fr</sup>,45 l'heure, et le kilowatt-force à raison de 0<sup>fr</sup>,28. Un cultivateur, qui jusque-là actionnait sa batteuse au moyen de 3 chevaux de ferme, hésite à l'actionner au moyen d'une petite machine électrique (dynamo-réceptrice) alimentée par le courant de l'usine. Il se demande donc quelle serait la dépense journalière à prévoir, sachant que, pour faire marcher sa batteuse, la dynamo exigerait un courant de 25 à 30 ampères sous 110 volts, la journée de travail étant de 8 heures.*

La puissance maximum demandée au courant pour faire tourner la batteuse serait de

$$30 \times 110 = 3300 \text{ watts ou } 3,3 \text{ kilowatts.}$$

La dépense par heure serait de

$$0^{\text{fr}},28 \times 3,3 = 0^{\text{fr}},92.$$

La dépense par journée de 8 heures serait de

$$0^{\text{fr}},92 \times 8 = 7^{\text{fr}},36.$$

Si l'on ajoute qu'un courant de 30 ampères à 110 volts permet de battre 600 bottes par jour, au lieu de 450, résultat ordinaire donné par 3 chevaux, on voit la réelle économie que présentera l'emploi des chevaux-électriques.

## 14<sup>e</sup> LEÇON

### INSTALLATION ET EMPLOI D'UNE DYNAMO. LE RHÉOSTAT D'EXCITATION

---

#### Mise en place.

La dynamo est achetée, il s'agit de l'installer. Comme pour le moteur, nous lui réservons un bâti spécial en béton et ciment dont la disposition sera réglée pour que la courroie du moteur puisse entraîner convenablement la poulie de la dynamo.

A cause de la vitesse de celle-ci, il est de toute importance que l'axe de la dynamo et l'axe du moteur soient rigoureusement parallèles. S'il n'en était pas ainsi, la courroie sauterait ou produirait sur les coussinets une usure irrégulière.

**Graissage.** — Le graissage des deux paliers de la dynamo se fait généralement au moyen de bagues qui entourent l'axe librement et qui baignent dans l'huile.

**Sens de la rotation.** — Il est nécessaire de faire tourner la dynamo dans le même sens, sinon l'électro-aimant pourrait se dépolariser, ou même ne conserverait aucune aimantation, auquel cas la machine ne s'exciterait plus. Quand il en est ainsi, il suffit d'aimanter d'abord l'électro-aimant au moyen

du courant d'une pile pour lui redonner ses propriétés premières. Il peut arriver d'ailleurs qu'une machine qu'on vient de recevoir et de mettre en place ne fonctionne pas pour une autre raison : c'est qu'en voyageant, si la dynamo est restée un certain temps à l'humidité, les fils isolés se sont recouverts de vapeur d'eau. L'électricité se perd dans les armatures. Il suffit alors de faire du feu pendant quelque temps dans la salle de la dynamo pour que celle-ci retrouve sa valeur primitive.

**Rhéostat d'excitation.** — Nous savons que plus la dynamo tourne vite, plus le voltage et par suite l'intensité du courant augmentent. On peut donc augmenter l'intensité d'une

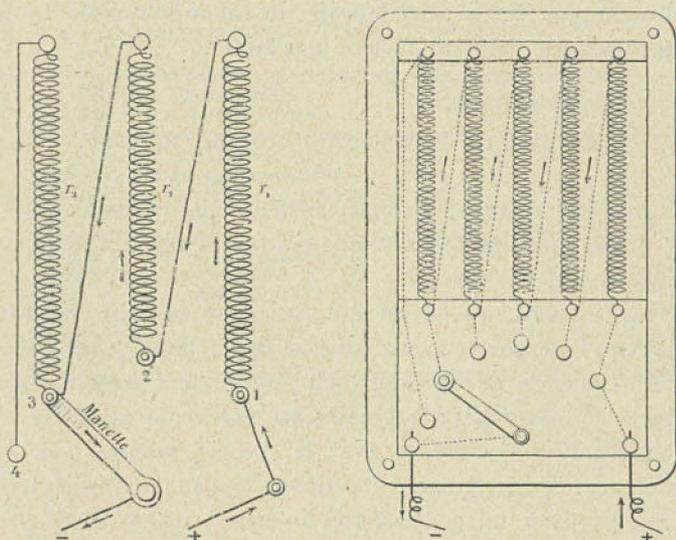


Fig. 26. — Rhéostat d'excitation.

1, 2, 3, 4, plots de contact.

dynamo en augmentant la vitesse du moteur. Mais ce procédé est mauvais car un moteur est généralement construit pour

une vitesse donnée, une vitesse de régime. Quand on veut faire varier l'intensité du courant, il est plus commode de changer la puissance de son aimant en faisant varier l'intensité de son courant d'excitation : c'est justement le but du *rhéostat d'excitation*.

Le rhéostat, dans lequel passe le courant d'excitation, est tout simplement formé par un fil, en maillechort généralement, de longueur et par suite de résistance variable (*fig. 26*). Suivant que l'on interpose dans le circuit, au moyen d'une simple manivelle, une longueur plus ou moins grande du fil du rhéostat, on obtient pour l'électro-aimant un courant d'excitation moins ou plus intense.

En résumé, quand on n'introduit pas de résistance, l'aimant devient plus fort ; si, au contraire, on donne au rhéostat toute sa résistance, l'aimant devient plus faible.

### Emploi de la dynamo comme moteur.

La dynamo possède une propriété des plus curieuses :

Quand on la fait tourner, elle produit un courant : elle est *génératrice*.

Inversement, quand on fait passer un courant dans son électro, l'anneau de la machine se met à tourner avec rapidité. L'énergie mise ainsi en jeu peut servir à faire tourner des machines-outils ; la dynamo est *motrice* ou *réceptrice*.

L'expérience, d'accord avec la théorie, montre que, au moment où une dynamo motrice se met en mouvement, il peut y passer un courant très intense, capable de fondre les fils du moteur : c'est pour obvier à cet accident qu'on introduit dans le circuit, au démarrage, toute la résistance d'un *rhéostat d'excitation*.

Lorsque le moteur a atteint sa vitesse normale, on diminue jusqu'à zéro la résistance du rhéostat.

**Sens du courant.** — Le courant qui arrive dans la dynamo-motrice, par les balais, traverse l'anneau de Gramme d'une part, l'électro en dérivation de l'autre. Quel que soit le sens de ce courant, l'expérience montre que la dynamo-motrice tourne toujours dans le même sens : le sens contraire à celui dans lequel elle tournerait si elle était génératrice.

**Calage des balais.** — La position des balais n'est pas indifférente. Il faut les placer de façon qu'ils produisent sur les collecteurs le moins d'étincelles possible.

### Précautions à prendre pour l'emploi d'une dynamo.

Nous les résumons dans le Tableau suivant :

MACHINE EN MARCHÉ GÉNÉRATRICE OU MOTRICE	MACHINE AU REPOS
1° Faire tourner la machine à vide (c'est-à-dire sans communication avec la ligne) et vérifier le graissage. 2° Appliquer les balais. 3° Mettre le rhéostat d'excitation sur sa plus forte résistance. 4° Mettre en communication la dynamo avec les fils de ligne. 5° Diminuer la résistance du rhéostat jusqu'au voltage voulu.	Soulever ou retirer les balais.

## 15<sup>e</sup> LEÇON

### LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE. ARC ÉLECTRIQUE ET LAMPES A INCANDESCENCE

#### Arc électrique.

Quand un courant électrique suffisant vient à passer entre deux baguettes de charbon en contact et que l'on écarte légèrement les deux pointes de charbon, une lumière jaillit, vive et éblouissante : c'est l'arc électrique.

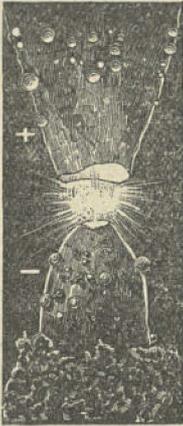


Fig. 27. — Arc électrique.

Le charbon positif se creuse, s'use vite ; aussi le fabrique-t-on plus gros que le négatif.

C'est le cratère du charbon positif qui envoie le plus de lumière.

La température très élevée de cet arc (évaluée à plus de 3000 degrés) fait volatiliser le charbon qui est entraîné du positif au négatif. C'est pourquoi le charbon positif s'use plus vite en formant un cratère éclairant (fig. 27).

**La bougie électrique.** — Pour comparer les différentes lumières entre elles, on choisit une unité d'intensité de lumière : c'est la bougie électrique.

*La bougie électrique est la dixième*

me partie de la lumière donnée par un bec Carcel, d'où son nom de bougie décimale.

Le pouvoir éclairant d'un arc dépend de l'écartement entre les charbons, lequel peut varier avec l'intensité du courant employé : pour obtenir un arc de 2<sup>mm</sup>, il faut déjà un courant de 6 ampères. On est cependant arrivé à obtenir des arcs électriques avec des courants de 2 ampères; ces arcs valent plus de 100 bougies électriques.

**Le régulateur.** — Au fur et à mesure que l'arc jaillit, les charbons qui le produisent (bien qu'on les fabrique en matière très dure) s'usent. La distance des pointes augmente et l'arc s'éteint bientôt. L'usage de l'arc électrique comme

source de lumière entraîne donc celui d'un appareil ayant pour fonctions :

1° de mettre les charbons en contact avant de les séparer (allumage);

2° de les amener et de les maintenir à la distance convenable (réglage).

C'est le rôle des régulateurs.

Il y a différentes sortes de régulateurs (*fig. 28*). Leur description sortirait du cadre de cet ouvrage.

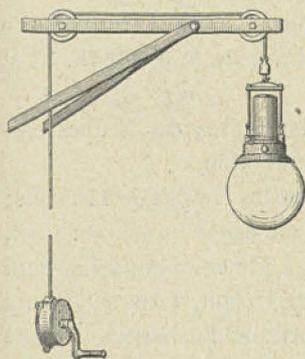


Fig. 28. — Lampe à arc montée, avec son régulateur et son globe de verre dépoli.

Une poulie-manivelle permet de l'abaisser pour le remplacement des charbons.

### Lampes à incandescence.

Quand le courant électrique passe dans un fil métallique très fin, celui-ci s'échauffe et rougit : c'est le principe des lampes à incandescence. Un fil de platine porté au rouge

pourrait servir de lampe à incandescence. Cette lampe d'ailleurs s'userait vite : le fil deviendrait rapidement cassant, ou fondrait ; c'est pourquoi on se sert de filaments de charbon (le charbon a une grande résistance électrique) qu'on place dans des ampoules de verre. On diminue généralement l'oxydation de ce filament de charbon en faisant le vide dans ces ampoules.

Malgré les précautions prises, le filament de charbon se volatilise et forme sur le verre de l'ampoule, bien net à l'origine, un léger dépôt de couleur brune : la lampe s'use ; le filament finit par se rompre après une durée variant entre 300 et 600 heures.

**Intensité des lampes.** — La lampe électrique industrielle a ordinairement un pouvoir éclairant de 3, 5, 10, 16, 32 et même 100 bougies.

Plus le filament des lampes est long, plus ces lampes exigent une pression, un voltage considérable.

Les lampes les plus courantes sont les lampes de 110 volts ; leur consommation dépend de leur intensité lumineuse : ainsi, la lampe commune de 16 bougies à 110 volts consomme un demi-ampère environ. Les lampes Osram, Tantale, Prisma et d'autres lampes à filament métallique d'invention récente produisent 50 bougies sous cette faible consommation d'un demi-ampère sous 110 volts.

Le pouvoir éclairant d'une lampe diminue graduellement avec le temps, même si le courant qui doit l'alimenter a toujours le voltage qui est demandé. Ainsi une lampe de 16 bougies, bien conduite, n'a plus au bout de 500 heures qu'un pouvoir éclairant de 10 bougies.

**Remplacement des lampes.** — Chaque lampe est munie d'un « culot » qui permet de faire communiquer les deux extrémités du filament avec les deux conducteurs de la distribu-

tion électrique. L'ampoule s'emboîte dans le culot de lampe comme une baïonnette au bout d'un fusil (culot à baïonnette) (fig. 29).

Ainsi, quand la lampe est usée, on l'enlève tout simplement de son culot et on la remplace par une autre.

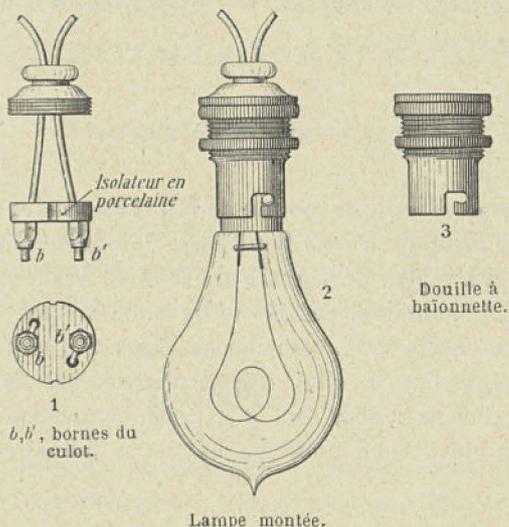


Fig. 29. — Lampe à incandescence.

**Nombre de lampes que peut alimenter une dynamo.** — Ce nombre varie avec l'énergie électrique absorbée par chaque lampe. Les lampes électriques ordinaires consomment de 3 à 4 watts par bougie électrique ; mais on est arrivé à fabriquer des lampes qui exigent seulement 2,5 watts par bougie.

**Application.** — Une dynamo produit un courant de 40 ampères à 110 volts. Combien pourrait-elle alimenter de lampes de 10 bougies, sachant que les lampes employées exigent 4 watts par bougie ?

Energie électrique disponible en watts :

$$10 \text{ ampères} \times 110 \text{ volts} = 1100 \text{ watts.}$$

Nombre de bougies correspondantes (à 4 watts par bougie) :

$$1100 : 4 = 275 \text{ bougies.}$$

Réponse : 275 bougies, soit 27 lampes de 10 bougies ou 17 lampes de 16 bougies.

### Lampes à vapeur de mercure.

Un courant électrique continu de 110 volts passant dans la vapeur de mercure la rend lumineuse. On obtient ainsi avec des lampes à vapeur de mercure une lumière très douce et de plus très économique. Ces nouvelles lampes, dont le prix d'achat est encore élevé, commencent à être très employées ; l'énergie électrique qu'elles exigent n'atteint pas un demi-watt par bougie : elles sont donc, comme rendement, de 6 à 8 fois plus économiques que les lampes ordinaires.

---

## 16<sup>e</sup> LEÇON

### AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS D'UNE INSTALLATION ÉLECTRIQUE

---

Le mode d'installation d'éclairage électrique dans une ferme ou dans une petite industrie dépend de la nature du moteur et de la durée de son emploi journalier.

#### Éclairage direct.

Quand le moteur, actionnant la dynamo prévue, lui fournira une force déterminée, cette dynamo produira une quantité de lumière facile également à prévoir, d'après ce qui a été dit précédemment.

Que le moteur vienne à faiblir, par suite du surcroît de travail demandé par la mise en marche d'une machine-outil, l'énergie fournie à la dynamo faiblit immédiatement comme la quantité de lumière qui en résulte.

Il est à remarquer que cette diminution d'énergie a moins d'effet dans les arcs électriques que dans les lampes, car si les lampes exigent pour produire un effet convenable une pression de 110 volts, par exemple, les arcs n'exigent qu'une pression beaucoup plus faible, d'une cinquantaine de volts environ.

D'autre part, si l'on songe à augmenter la pression du cou-

rant pour obvier à l'insuffisance de pression due au fonctionnement de la machine-outil, on s'exposera, quand celle-ci faiblira ou s'arrêtera, à voir le moteur « emballer » et les lampes brûler.

Dans tous les cas, on voit les inconvénients de l'éclairage direct. Si on voulait lui donner de la régularité dans le résultat, il faudrait exercer une personne (un enfant intelligent suffirait) pour surveiller et régler l'arrivée de l'essence ou du gaz d'une part, la position du rhéostat d'excitation de l'autre.

### Avantages de l'arc électrique.

Quoi qu'il en soit, il résulte des lignes précédentes que : à la ferme et dans la petite industrie, l'emploi de l'arc électrique est préférable à celui des lampes à incandescence.

Une nouvelle confirmation de cette manière de voir, c'est que, dans les cas où nous nous plaçons, les petites variations de lumière n'ont qu'une importance secondaire, car il importe moins de lire que de travailler.

De plus l'éclairage par arc, à égalité de lumière, est beaucoup moins coûteux que l'éclairage par lampe : le prix des charbons que l'on remplace est insignifiant, et l'on fabrique aujourd'hui de petites lampes à arc de 100 à 300 bougies, et d'un prix très faible.

Un des graves inconvénients de l'éclairage direct, est qu'il cesse quand le moteur s'arrête.

Si donc l'on veut produire la lumière en éclairage direct, il faut examiner ce qu'il en coûte, lorsque, les machines-outils ayant terminé leur travail, on fait tourner le moteur exclusivement pour la lumière.

La réponse à cette question dépend :

- 1° du prix du gaz, de l'essence qui sert à alimenter le moteur;
- 2° du nombre de lampes ou d'arcs à entretenir.

**Mode d'emploi d'un moteur. — La pleine charge.**

Avant d'examiner les différents cas qui peuvent se présenter, étudions d'abord dans quelles circonstances il convient d'utiliser un moteur.

Imaginons par exemple un moteur de 4 à 6 HP capable d'actionner une batteuse, ce qui correspond à tous les besoins de la culture moderne.

Supposons maintenant, pour fixer les idées, que le moteur tourne à une vitesse de 350 tours à la minute.

Nous remarquons d'abord que, pour entretenir le moteur à *vide* à cette vitesse, sans qu'il y ait d'énergie disponible pour une machine-outil ou une dynamo, il faudra toujours faire une première dépense de gaz : c'est la *dépense de fonds du mouvement* ; elle correspond ici, par exemple, à 1 cheval 1/2.

A partir de là, si nous attelons le moteur à une dynamo, la vitesse diminuera immédiatement, et pour maintenir la vitesse de régime — de 350 tours à la minute — il faudra faire une dépense supplémentaire de gaz : c'est ce travail supplémentaire qui sera transformé en électricité.

Supposons, par exemple, que le rendement de la dynamo soit de 82 % ; cela veut dire que si le moteur donne à la dynamo 1 HP ou 736 watts, la dynamo n'en rendra que les  $82/100$ , soit  $736 \times \frac{82}{100} = 600$  watts environ. A raison de 4 watts par bougie électrique, cela correspond à 150 bougies ou à 15 lampes de 10 bougies.

Ainsi, quand nous donnons à la machine la quantité de gaz correspondant à 2 HP 1/2 de force, il y a :

1 HP 1/2 absorbé par le moteur ;

1 HP fourni par le moteur à la dynamo et qui se transfor-

mera en 600 watts seulement d'électricité (15 lampes de 10 bougies ou 9 lampes de 16 bougies).

Le tableau suivant se comprendra sans difficulté :

GAZ DONNÉ A la machine (dépense de fonds)	GAZ DONNÉ A la dynamo (dépense utile)	DÉPENSE TOTALE	RECETTE ÉLECTRIQUE
1 HP 1/2	1 HP	2 HP 1/2	600 watts = 9 lampes de 16 bougies ou 15 lampes de 10.
	2 HP	3 HP 1/2	1200 watts = 18 lampes de 16 ou 30 de 10.
	3 HP	4 HP 1/2	1800 watts = 27 lampes de 16 ou 45 de 10.

Ce tableau montre d'une façon évidente :

1° Que le rendement utile d'un moteur augmente avec sa puissance ;

2° Qu'il y a toujours intérêt à faire marcher le moteur à « pleine charge », la dépense initiale de fonds qui est constante (ici 1 HP 1/2) se répartissant sur un nombre de chevaux plus grand.

### Consommation, rendement et puissance.

Les Tableaux de la p. 86 montrent ce que coûtent sensiblement des puissances de 2 HP et 4 HP avec différents moteurs sous charges variables et ce qu'on peut en obtenir au point de vue lumière.

Nous insistons sur ce fait que, même en pleine charge, la consommation du cheval-heure dépend toujours de la puissance du moteur : elle diminue au fur et à mesure que la puissance augmente.

Ainsi, pour les moteurs à essence de 0 à 6 HP, la consommation d'essence de pétrole diminue en moyenne de 550<sup>e</sup> à

350<sup>s</sup> par cheval-heure<sup>1</sup>. Au-dessus de 6 HP, certains moteurs arrivent à ne plus consommer que 325<sup>s</sup>, et même 300<sup>s</sup> d'essence par cheval-heure.

On construit de la même façon des petits moteurs à pétrole ordinaire d'éclairage (coûtant 0<sup>fr</sup>,30 à 0<sup>fr</sup>,35 le litre) ou à pétrole lourd (coûtant un peu moins) et consommant environ un demi-litre de pétrole par cheval-heure alors que la consommation diminue rapidement avec la puissance.

Les moteurs à gaz de ville voient leur consommation diminuer de 700 litres à 600 litres de 0 à 6 HP, et de 600 litres à 450 litres par cheval-heure au-dessus de 6 HP.

Les moteurs à gaz pauvre (que l'on construit à partir de 6 HP et même de 5 HP 1/2), consomment, en moyenne, de 700<sup>s</sup> de charbon maigre français (au prix ordinaire de 30<sup>fr</sup> la tonne) à 350<sup>s</sup> pour les fortes puissances : de 1<sup>m3</sup>,5 à 1<sup>m3</sup> environ de gaz par cheval-heure.

Pareil fait existe aussi pour les machines à vapeur : tandis qu'une machine à vapeur de 6 HP à échappement libre consomme 3<sup>kg</sup> de charbon, une machine de 100 HP avec condenseur et détente variable arrivera à consommer 1000<sup>g</sup> et même 800<sup>g</sup> de charbon par cheval-heure.

---

1. 1 litre d'essence de pétrole pèse 700 grammes.

### Puissance de 2 HP

NATURE DU MOTEUR	COUT DES 2 CHEVAUX-HEURE (GAZ DE VILLE A 0 <sup>f</sup> ,20 — ESSENCE A 0 <sup>f</sup> ,40)	LAMPES ALIMENTÉES PAR une même dynamo	PRIX DE L'ÉCLAIRAGE ÉQUIVALENT (par bec Auer N° 1)
Moteur Hydraulique de . . . 2 HP	amortissement	17 lampes de 16 bougies	17 becs Auer N° 1 consommant chacun 100 litres de gaz, soit 1700 litres à 0 <sup>f</sup> ,20 le m <sup>3</sup> : 0 <sup>f</sup> ,34
Moteur à Gaz pauvre de . . . 10 HP (travaillant au 5 <sup>e</sup> de charge)	environ 8 mètres cubes de gaz . . . 0 <sup>f</sup> ,15 (5 m <sup>3</sup> à vide + 3m <sup>3</sup> utiles)		
Moteur à Gaz de ville de . . . 4 HP (travaillant en demi-charge)	environ 1300 litres de gaz . . . 0 <sup>f</sup> ,26 (650 litres à vide + 660 utiles)		
Moteur à Essence de . . . . . 2 HP (en pleine charge)	environ 1 litre 1/2 d'essence. . . 0 <sup>f</sup> ,60 (300g à vide + 800g utiles = 1100g)		
Moteur à Essence de . . . . . 4 HP (en demi-charge)	environ 2 litres d'essence. . . . 0 <sup>f</sup> ,80 (600g à vide + 800g utiles = 1400g)		
Moteurs Humains (25) de . . . 2 HP (en évaluant la puissance du manœuvre à 1/12 de cheval).	25 hommes à 0 <sup>f</sup> ,30 l'heure. . . 7 <sup>f</sup> ,50		

### Puissance de 4 HP

NATURE DU MOTEUR	COUT DES 4 CHEVAUX-HEURE	LAMPES ALIMENTÉES	PRIX DE L'ÉCLAIRAGE ÉQUIVALENT (par bec Auer N° 1)
Moteur Hydraulique de . . . 4 HP	amortissement	35 lampes	34 becs Auer N° 1, 3400 litres de gaz : 0 <sup>f</sup> ,68
Moteur à Gaz pauvre de . . . 10 HP (travaillant aux 2/5 de charge)	environ 11 m <sup>3</sup> de gaz . . . . . 0 <sup>f</sup> ,20 (5 m <sup>3</sup> à vide + 6 m <sup>3</sup> utiles)		
Moteur à Gaz de ville de . . . 4 HP (en pleine charge)	environ 1980 litres de gaz . . . 0 <sup>f</sup> ,40 (650 litres à vide + 1330 litres utiles)		
Moteur à Essence de . . . . . 4 HP (en pleine charge)	environ 3 litres d'essence. . . 1 <sup>f</sup> ,20 (600g à vide + 1600g utiles = 2200g)		
Moteurs Humains.	50 Hommes à 0 <sup>f</sup> ,30 l'heure . . 15 <sup>f</sup>		

Ces Tableaux montrent à quel point il peut être utile de se munir d'un moteur.  
Ils montrent aussi qu'il y a, à côté d'une question d'intérêt, une véritable question d'humanité à remplacer le moteur « manœuvre » par le moteur mécanique.

## 17<sup>e</sup> LEÇON

### ÉCLAIRAGE DIRECT

---

#### Emploi rationnel d'un moteur.

Il est important de se convaincre des principes qui viennent d'être indiqués, principes qui forment la base de l'emploi rationnel d'un moteur.

Voici, à titre de document, les résultats d'expériences faites sur un moteur à gaz de ville d'une puissance maximum de 4 HP, moteur travaillant d'une façon très régulière.

PUISSANCE EFFECTIVE MESURÉE A LA JANTE	GAZ CONSOMMÉ en 1 heure	NOMBRE DE LAMPES ALIMENTÉES (Lampes de 16 bougies <sup>1</sup> à 110 volts)	DÉPENSE (à 0 <sup>f</sup> ,20 le m <sup>3</sup> de gaz)
0 HP (à vide, 350 tours)	650 litres	0	0 <sup>f</sup> ,13
1 HP	1000 litres	9	0 <sup>f</sup> ,20
2 HP (Moteur en demi-charge)	1330 litres	18	0 <sup>f</sup> ,27
3 HP	1650 litres	27	0 <sup>f</sup> ,33
4 HP (Moteur en pleine charge)	1980 litres	36	0 <sup>f</sup> ,40

De ce Tableau il résulte que, à partir de 1 cheval, la consommation moyenne utile de gaz par cheval-heure est de 330 litres.

---

1. Une lampe de 16 bougies à 110 volts équivaut sensiblement, comme lumière, à un bec Auer n° 4 qui consommerait environ 100 litres de gaz à l'heure. L'avantage est cependant à la lampe.

La dépense « de fonds » pour entretenir un moteur à vide à la vitesse de 350 tours est de 650 litres, soit équivalente à la puissance de 2 HP, c'est-à-dire à près de la moitié de la puissance du moteur.

Si nous examinons les résultats au point de vue lumière, nous constatons que :

les 18 premières lampes données par le moteur coûtent 27 centimes;

les 18 dernières lampes ont coûté seulement 40 — 27 centimes ou 13 centimes : *moins de la moitié des précédentes.*

### Conclusions.

**I. Ferme de petite culture.** (Moteur de 4 chevaux). — De ce qui précède, on voit que dans les fermes de petite culture, où 5 à 6 lampes électriques seulement sont nécessaires, l'éclairage par moteur est trop coûteux. Il n'y aura lieu de faire une installation de dynamo que si l'on possède, non un moteur à essence, mais un moteur hydraulique.

**II. Ferme de moyenne culture.** — Ces conclusions restent les mêmes dans les fermes de moyenne culture, dans le cas où les bâtiments étant ramassés, on n'a besoin pour l'éclairage de la ferme que de 7 à 8 lampes au plus.

Dans le cas où l'on aurait besoin de plus de 8 lampes, il y aurait avantage à faire une installation électrique.

On utiliserait alors l'éclairage direct en faisant marcher simultanément la dynamo avec les autres machines-outils, l'éclairage étant ici supplémentaire.

Pour cela, on réserverait pour la soirée, de 4 heures à 7 heures par exemple, tout le travail mécanique de la ferme en combinant les différentes machines-outils entre elles de façon qu'elles n'absorbent ensemble sensiblement que 1/2 HP.

L'énergie donnée au moteur se trouve alors ainsi répartie :

Dépense de fonds. . . . .	1 1/2 HP
Dépense pour les machines-outils . . . . .	1/2 HP
Dépense pour la lumière électrique. . . . .	1 HP
Total. . . . .	3 HP.

En résumé, il vaut mieux, pour la dépense, ne pas utiliser un moteur, quand la puissance qu'on lui demande est inférieure à la moitié de celle qu'il pourrait produire.

C'est pour cette raison aussi que dans une ferme de moyenne culture, il n'est pas bon d'utiliser l'éclairage direct quand on n'a point d'autre travail à exiger du moteur.

**III. Ferme de grande culture.** — Dans une ferme de grande culture, où l'éclairage est une question importante, il y a lieu de faire fonctionner le moteur pour la lumière seule.

Étant donné qu'on y a généralement besoin d'une puissance supérieure à 4 HP, il y a intérêt, non pas à acheter un moteur à essence plus puissant, mais à installer un moteur à gaz pauvre.

Si le coût de l'installation est plus élevé, le prix de revient du cheval-force, estimé à 2 ou 3 centimes pour un moteur de 10 HP, permettra de ne pas être trop parcimonieux ni de la force demandée ni de la lumière.

Une autre raison de l'adoption d'un moteur à puissance plutôt élevée réside dans la grandeur de la ferme où les différentes machines-outils sont disséminées.

Il est alors, en effet, très difficile de commander ces machines avec des transmissions ordinaires, tant à cause de la force perdue dans ces longues transmissions qu'à cause du prix de revient de ces transmissions. Mais avec l'électricité, il devient facile de commander les groupes de machines par de petites dynamos réceptrices dont le prix est très modique,

l'encombrement très restreint et la mise en marche très facile à effectuer.

IV. **Industrie.** — Les considérations précédentes s'appliquent à la petite industrie. Comme généralement les moteurs y sont toujours en marche, on voit que l'installation de la lumière électrique s'y imposera davantage.

---

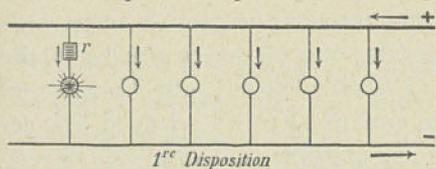
## 18<sup>e</sup> LEÇON

### INSTALLATION DE L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

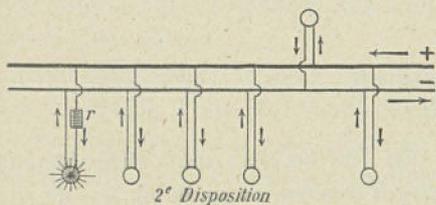
Il y a différentes façons d'installer les lampes et les arcs électriques. Dans le cas où nous nous plaçons, la longueur des bâtiments à éclairer n'est pas très considérable, par suite le passage du courant dans les fils principaux (1<sup>o</sup> celui qui amène le courant du pôle positif de la dynamo; 2<sup>o</sup> celui qui le ramène au pôle négatif) ne diminue pas sensiblement la pression de ce courant; c'est pourquoi nous n'étudierons qu'un seul mode de montage des lampes et des arcs : le montage dit *en parallèle*.

#### Installation des lampes.

Deux dispositions peuvent être adoptées, suivant la forme des bâtiments à éclairer.



1<sup>re</sup> Disposition



2<sup>e</sup> Disposition

Fig. 30. — Lampes montées en parallèle.

des bâtiments à éclairer.

Dans la 1<sup>re</sup> disposition (*fig. 30*), les fils principaux peuvent être assez éloignés; on les réunit par des fils secondaires qui forment comme des ponts entre les fils principaux. C'est sur ces ponts

que se placent les lampes. Il est facile de comprendre ce qui se passe : l'écoulement de l'électricité dans les fils secondaires est semblable à l'écoulement de l'eau par des petits canaux qui réuniraient deux grands canaux parallèles ayant des niveaux différents.

Le même phénomène se produit dans la 2<sup>e</sup> disposition, mais ici, les fils principaux étant à côté l'un de l'autre, on peut les engainer dans de petites rainures parallèles ménagées dans des baguettes de bois spéciales. Ainsi les fils de la ligne sont protégés, ce qui est préférable pour la sécurité de l'installation.

#### Installation des arcs.

Les arcs peuvent s'installer dans les dérivations comme les lampes mais comme ils demandent une pression moins élevée, il faut d'abord commencer par réduire la pression du courant qui les alimente. Pour cela on installe sur la dérivation, avant l'arc, une résistance électrique (fil de maillechort généralement) qui abaisse la pression, aux bornes de la lampe, de 110 à 60 volts environ.

Lorsqu'on a deux arcs à installer, on peut éviter la perte d'énergie due à l'interposition de la résistance supplémentaire en plaçant les deux arcs à la suite l'un de l'autre. L'expérience montre que le courant entrant à 110 volts dans le premier arc possède à la sortie une pression suffisante pour entretenir le deuxième arc.

#### L'isolement des fils. — Le court-circuit.

Les fils électriques que l'on emploie sont généralement protégés par des enveloppes tressées, de coton ou de soie, ou par une couche de caoutchouc.

Il est à recommander de n'employer que des fils bien isolés, et de bien les placer à l'abri de l'humidité, et *a fortiori* de la pluie.

C'est une mauvaise économie que de se contenter de fils mal protégés : l'humidité (il y en a toujours plus ou moins dans l'air) détériore bientôt l'enveloppe, et le fil s'oxyde. Si à ce moment les deux fils principaux sont peu éloignés, et s'il y a entre eux un chemin humide, l'électricité, au lieu de passer par les lampes suivantes, où une résistance l'attend, passe par le chemin de moindre résistance, le chemin le plus court, le plus court circuit, d'où le nom de *court-circuit*.

La résistance des lampes les plus éloignées étant ainsi évitée, on devine que l'intensité du courant qui s'établit après le court-circuit augmente subitement. Ce courant peut alors faire fondre une partie des fils et les gouttes métalliques, projetées, comme des fusées, peuvent provoquer des incendies. C'est le grand danger que présentent les courts-circuits.

#### Perte des lampes. — Les plombs-fusibles.

Dans le cas le plus ordinaire, la partie du courant qui ne peut plus se déverser dans les lampes au delà de la formation du court-circuit, se déverse dans les lampes qui se trouvent en avant (*fig.* 30). Les charbons de ces dernières lampes dans lesquels passe un courant trop intense, sont alors exposés à brûler subitement.

C'est pour éviter la perte des lampes qu'on interpose dans le circuit, avant les lampes, des fils de plomb fusibles. Le diamètre de ces fils est calculé de façon qu'ils fondent au moment où le courant deviendrait dangereux pour les lampes.

Les courants supportés par des lampes de 110 volts sont de

1/2 ampère pour la lampe de 16 bougies.

1/3 ampère — 10 —

Les courants supportés par les arcs varient avec le diamètre des charbons des arcs :

DIAMÈTRE DES CHARBONS	INTENSITÉ DU COURANT
2 millimètres	2 à 3 ampères
4 —	3 à 5 —
5 —	4 à 6 —
7 —	7 à 10 —

La petite lampe à arc Bardon, par exemple, utilise un courant de 2 ampères, soit autant que 4 lampes électriques de 16 bougies, tout en produisant plus de 100 bougies.

**Diamètre des plombs-fusibles.** — Il reste maintenant à connaître le diamètre des plombs-fusibles que nous aurons soin de placer en plus grand nombre possible, pour protéger, soit les lampes, soit les fils de ligne, soit la dynamo elle-même.

Il faut d'abord évaluer — ce qui se fait facilement d'après les données précédentes et le nombre de lampes ou d'arcs à alimenter à la suite du point considéré — quel courant maximum doit passer en ce point.

On se conformera alors au Tableau suivant :

INTENSITÉ SUPPORTÉE EN AMPÈRES	DIAMÈTRE DES « FUSIBLES »
2	0 <sup>mm</sup> ,5
3 à 10	1 <sup>mm</sup>
10 à 15	1 <sup>mm</sup> ,5
15 à 20	2 <sup>mm</sup>

Le diamètre des fils de cuivre à employer pour la canalisation doit être également proportionné à l'intensité du courant qu'ils auront à supporter. Le Tableau suivant nous le fait connaître :

INTENSITÉ DU COURANT	DIAMÈTRE CONVENABLE
1 à 2 ampères	1 millimètre.
2 à 10 —	2 —
19 à 20 —	4 —

*Application.* — Soit à éclairer une ferme de la façon suivante :

			CONSUMMATION
<i>Salle à manger</i>	1	lampe de 16 bougies.	1/2 ampère
<i>Cuisine</i>	1	— 16 —	1/2 —
<i>Ecuries</i>	2	— 16 —	1 —
<i>Cave</i>	1	— 16 —	1/2 —
<i>Chambres à coucher</i>	2	— 16 —	1 —
<i>Cour</i>	1	arc de 150 —	2 —

L'intensité totale du courant principal étant de 5<sup>amp</sup>,5, on voit ainsi qu'un diamètre de 2 millimètres est nécessaire pour les fils principaux, les lampes et l'arc exigeant séparément un fil de 1 millimètre.

Quant aux plombs-fusibles à utiliser, ils devront avoir un diamètre de 0<sup>mm</sup>,5 devant les lampes et de 1<sup>mm</sup> dans la ligne principale et pour l'arc.

REMARQUE. — Il est très important de ne pas chercher à remplacer les plombs qui fondent trop souvent par des plombs d'un plus grand diamètre. En effet, si la production du courant augmentait subitement, il en résulterait une mauvaise protection des lampes et des arcs; de plus, les résistances du rhéostat d'excitation pourraient être amenées au rouge et communiquer le feu au tableau de distribution quand celui-ci est en chêne.

## 19<sup>e</sup> LEÇON

### INSTALLATION ET ENTRETIEN D'UNE LIGNE ÉLECTRIQUE

Nous avons déjà vu comment s'installe la dynamo. Examinons maintenant comment on aménagera la ligne principale, ou les différentes lignes (cas où les bâtiments de la ferme sont séparés les uns des autres).

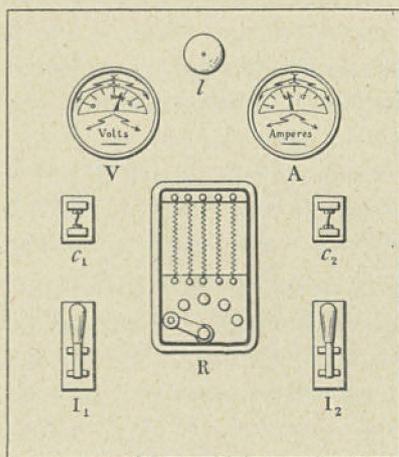


Fig. 31. — Petit tableau de distribution.

V, voltmètre.  
A, ampèremètre.  
R, rhéostat d'excitation.  
I<sub>1</sub> et I<sub>2</sub>, interrupteurs de lignes.  
c<sub>1</sub> et c<sub>2</sub>, coupe-circuit.  
l, lampe-témoin.

#### Le tableau.

Le départ de ces lignes se fait généralement, non pas des pôles — les balais — de la dynamo, mais d'un petit tableau, d'où l'on peut à volonté :

1<sup>o</sup> Interrompre les différents circuits. — *Interrupteurs.*

2<sup>o</sup> Mesurer la pression du courant. — *Voltmètre.*

3<sup>o</sup> Mesurer le débit. — *Ampèremètre.*

4<sup>o</sup> Faire varier le débit de la dynamo par la variation de

la résistance du courant d'excitation. — *Rhéostat d'excitation.*

Le tableau de distribution (*fig. 31*) est en général en marbre ou en ardoise, mais il peut être également en bois de chêne bien sec.

### Pose des fils.

Il est bon, comme nous l'avons déjà vu, de protéger les fils des lignes

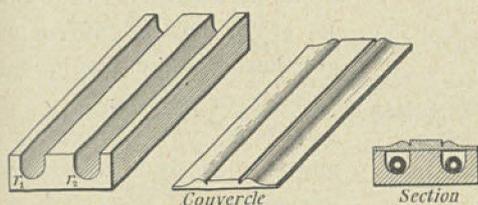


Fig. 32. — Bois moulurés.

Les deux fils se posent dans les rainures  $r_1$  et  $r_2$ .

principales en les plaçant dans des bois moulurés formant gaine (*fig. 32*) que l'on trouve couramment dans le commerce.

Les fils non protégés ainsi mécaniquement se posent d'ailleurs facilement sur de petits isolateurs en porcelaine, qui coûtent très peu, et que l'on fixe sur les murailles ou sur les cloisons au moyen de simples clous.

**Traversée des murs, des plafonds, des planchers.** — Quand les fils doivent traverser des parois (murs, plafonds, planchers), il faut les préserver avec soin de l'humidité ou des dépôts de poussière.

Pour cela, après avoir percé dans la paroi un trou convenable, de 1 centimètre par exemple, au moyen d'une tarière, on y place à demeure un tube, le *fourreau*, en plomb ou en cuivre, dont on rabattra les deux extrémités sur les deux parois opposées du mur. On y passera ensuite les 2 fils en les isolant avec soin du tube par une tresse d'un corps non conducteur, d'amiante ou de caoutchouc par exemple.

**Raccordement des fils.** — Le raccordement des fils (*fig. 33*)

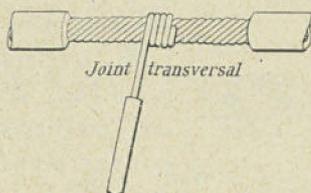


Fig. 33. — Différents modes de ligature.

peut se faire suivant la longueur quand il s'agit de prolonger le fil, ou transversalement quand on veut établir une dérivation sur la ligne principale.

On mettra préalablement à nu les parties des fils à raccorder et l'on fera les différentes jonctions, comme l'indiquent les figures ci-jointes.

Lorsque le raccordement sera terminé, on le recouvrira soigneusement, pour l'isoler, d'un ruban de toile caoutchoutée, la *toile isolante* du commerce.

### Coupe-circuit.

Nous avons vu que, dans une bonne installation, les coupe-circuit doivent être multipliés. Il faut en mettre au début de chaque ligne, devant chaque lampe si possible ou au moins devant chaque groupe de 3 ou 4 lampes.

Le coupe-circuit est également de rigueur devant les dynamos réceptrices; celles-ci devant donner du mouvement en recevant un courant déterminé, elles seraient vite hors d'usage si le courant devenait trop fort.

Dans tous les cas, le diamètre des fusibles doit être approprié au courant à supporter, suivant les indications données précédemment.

On les placera de façon qu'ils soient facilement accessibles et qu'il n'y ait aucune matière combustible autour d'eux.

### Pose des lampes.

Les lampes se posent très facilement. Le culot d'une lampe possède un petit bloc de matière isolante (porcelaine) percé de deux ouvertures et muni de deux petites bornes avec écrous (*fig. 29*).

On engage les deux fils du courant dans les ouvertures du culot et l'on fixe leurs extrémités mises à nu aux écrous des deux bornes.

Lorsque la lampe sera installée sur son culot, le courant passera d'une borne à l'autre par l'intermédiaire du fil de charbon qui rougira. La seule précaution à prendre est que chacun des deux fils reste bien isolé de son voisin et de la masse métallique du culot de la lampe.

### Entretien des lampes.

L'entretien des lampes est presque nul, il se réduit à nettoyer de temps à autre les contacts et à s'assurer qu'ils fonctionnent bien sous la pression des ressorts.

### Pose des arcs.

Les lampes à arc doivent être munies :

- 1° d'un rhéostat, qui abaissera la pression à 55 volts ;
- 2° d'un coupe-circuit, qui protégera le régulateur de la lampe ;
- 3° d'une enveloppe et d'un cendrier, qui mettront le voisinage à l'abri des projections de charbon incandescent.

### Entretien des arcs.

L'entretien convenable des arcs est assez difficile. Il faut d'abord remplacer régulièrement les charbons : l'oubli de

cette règle pourrait entraîner, quand les charbons sont presque usés, la fusion des porte-charbons. Il faut ensuite, tous les 2 ou 3 jours, s'assurer que les porte-charbons se déplacent facilement et que sous l'action du courant la distance des charbons n'est pas trop grande. L'intensité du courant dépensé peut augmenter, en effet, nous le savons, et considérablement, avec cette distance.

Pour ces deux raisons, remplacement répété des charbons et réglage difficile de la lampe, les cultivateurs et les petits industriels qui n'ont généralement que très peu de temps à consacrer à la surveillance de leur réseau, préfèrent la lampe à l'arc. Ce choix se justifie de plus en plus chaque jour par la construction de lampes puissantes (32, 50, 100 bougies) et de faible consommation. La nouvelle lampe Osram par exemple produit un éclairage de 50 bougies avec une consommation de 0<sup>amp</sup>,4 seulement sous 110 volts.

Comme le rhéostat s'échauffe au passage du courant, il est prudent de le fixer sur une matière incombustible.

### Entretien de la dynamo.

Nous résumons ci-dessous les règles à suivre pour le bon entretien de la dynamo.

1° Ne laisser aucun outil, aucune masse de fer dans le voisinage immédiat de la dynamo, car le magnétisme de l'électro pourrait en souffrir.

2° Ne se servir pour le graissage que d'huile minérale de bonne qualité et de burettes en zinc ou en cuivre (le zinc et le cuivre ne sont pas magnétiques). Mettre de l'huile en quantité suffisante mais sans exagération pour éviter les projections sur le collecteur ; le niveau de l'huile ne doit pas atteindre l'axe.

3° S'assurer, en les touchant à la main, que les paliers ne chauffent pas, et que le graissage est suffisant.

4° Vérifier de temps à autre l'état des balais. Ces balais sont généralement en charbon; leur partie frottante doit prendre exactement la forme des collecteurs, sur lesquels ils doivent appuyer légèrement. Si, après un certain temps, la surface des balais devient luisante, le contact et par suite la prise de courant se font mal; il faut alors renouveler, avec unelime appropriée, la surface du charbon. Il faut également vérifier la pression des balais sur le collecteur et la rétablir en appuyant plus fortement sur le ressort. Cette pression doit être environ de 80 grammes par balai.

5° Nettoyer, pour une raison semblable, la surface du collecteur d'abord avec un morceau de papier de verre très fin puis avec une peau de chamois recouverte de blanc d'Espagne ou de rouge d'Angleterre. Ne jamais employer de papier d'émeri pour ce nettoyage, qui doit être fait chaque jour de marche.

6° Eviter avec soin toute poussière dans la dynamo. Pour cela, on la nettoie régulièrement avec un chiffon de toile légèrement graissé. Protéger particulièrement les balais et le collecteur. (On vend d'ailleurs aujourd'hui, dans ce but, des dynamos complètement entourées d'une enveloppe.) C'est pour cette raison aussi qu'il est bon de recouvrir d'une housse la machine au repos.

7° Il est recommandé également de ne porter que des vêtements collants (vareuse ou veston), l'usage de vêtements flottants (blouses ou tabliers) pouvant, auprès de la courroie de commande, provoquer des accidents.

8° Enfin caler convenablement les balais; pour cela on desserre un peu le collier et l'on déplace légèrement les balais jusqu'à la disparition des étincelles.

---

## 20° LEÇON

### CAUSES D'EXTINCTION DE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE. — REMÈDES

---

Nous sommes arrivés à une partie très importante pour la pratique. Si beaucoup de personnes hésitent à acheter un moteur parce qu'elles ne sont pas mécaniciens, un plus grand nombre encore hésitent à faire chez elles une installation électrique, parce que celle-ci semble encore plus difficile à conduire qu'un moteur.

Tout va donc bien le jour du départ de l'ouvrier électricien qui a été chargé de faire l'installation ; mais l'ouvrier s'en va pour longtemps : une lampe s'éteint, puis une autre, puis une autre encore et l'on reste perplexe et dans l'obscurité.

#### Recherche de la cause d'extinction d'une lampe.

Il est cependant facile de reconnaître la cause d'extinction d'une lampe en procédant méthodiquement, en remontant peu à peu du point où l'on constate le mal à l'origine du courant.

Il suffira de suivre exactement, dans leur ordre, les indications du Tableau suivant.



### Recherche du court-circuit.

Généralement, la cause d'arrêt de la lumière est une des cinq premières causes considérées au Tableau; elle est facile à trouver si l'on procède avec méthode.

Le seul cas qui puisse offrir de la difficulté est celui d'un court-circuit. On arrive rapidement à le reconnaître si l'on possède un appareil — un témoin — capable d'indiquer le passage du courant.

**Boussole et lampe-témoin.** — Les ouvriers électriciens se servent dans ce but d'une petite boussole de poche. Cette

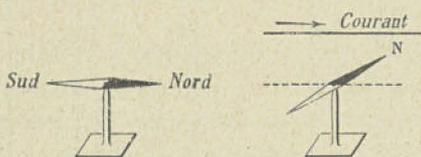


Fig. 34. — Boussole-témoin.

*Aiguille aimantée.*  
La partie bleue se dirige vers le Nord.

L'aiguille se met en croix avec le courant.

boussole se compose d'une aiguille aimantée (*fig. 34*) entourée de fil électrique. Quand le courant passe dans ce fil, l'aiguille aimantée se met en croix avec le plan du courant.

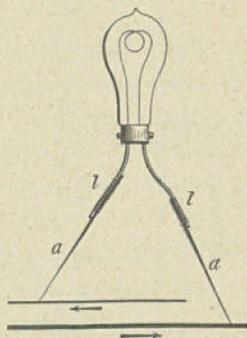


Fig. 34bis. — Lampe-témoin.

*l, l, ligatures.*  
*a, a, aiguilles.*  
La lampe s'illumine quand le courant passe.

On peut d'ailleurs remplacer la boussole-témoin par une simple lampe électrique montée dans sa douille et aux bornes de laquelle aboutissent deux fils d'environ un décimètre.

Munissons ces deux fils de deux pointes, deux morceaux d'aiguilles à tricoter par exemple; plaçons maintenant chaque pointe en contact avec les deux fils du circuit examiné

(fig. 34 bis) : la lampe s'éclairera quand il y aura du courant, elle ne s'allumera pas dans le cas contraire.

On voit donc qu'il suffira de promener sa lampe-témoin le long de la ligne, en commençant par une extrémité, par la dynamo par exemple, pour arriver nécessairement à l'endroit où le courant se perd.

REMARQUE. — Dans ce qui précède nous avons supposé que les deux fils de ligne étaient l'un près de l'autre. S'il n'en était pas ainsi, il serait toujours facile de vérifier le dérangement de la ligne avec une simple pile ou un élément d'accumulateur et une petite boussole de poche. Il suffirait de vérifier successivement sur chacun des deux fils s'il n'y a pas, soit un contact à la terre, soit une rupture.

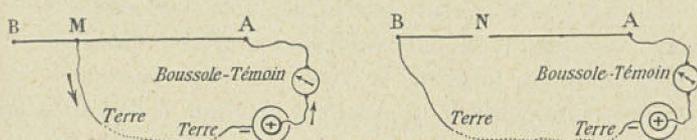


Fig. 35.

(I). — Vérification d'un contact à la terre.

(II). — Vérification d'une rupture.

*Vérifier un contact à la terre.* — Soit AB le fil à vérifier (fig. 35, I). Isolons l'extrémité B : joignons l'extrémité A au pôle positif de la pile ou de l'accumulateur en intercalant entre les deux la boussole-témoin, et réunissons le négatif de la pile à la terre. Si l'aiguille aimantée de la boussole se dévie, c'est que le fil AB touche en quelque endroit la terre qui fait alors fonction de fil de retour.

Dans le cas contraire, le fil AB est bien isolé ou peut offrir une rupture avant son contact à la terre.

*Vérifier une rupture.* — Il suffira, dans la disposition précédente (fig. 35, II), de mettre l'extrémité B à la terre : s'il n'y a pas de rupture le courant passera et s'il y a une rupture, l'aiguille aimantée restera immobile.

## 21° LEÇON

### ECLAIRAGE INDIRECT. — ACCUMULATEURS

---

L'éclairage indirect ou par accumulateurs s'impose quand on a à sa disposition une source de force naturelle : courant d'eau, aéro-moteur. Ces sources de force étant essentiellement variables, il est impossible de les utiliser directement (en attelant la turbine, la roue, ou l'aéro-moteur à la dynamo) pour obtenir un éclairage régulier. Il faut alors se servir d'un intermédiaire qui agira comme réservoir d'électricité : la batterie d'accumulateurs.

#### Principe des accumulateurs.

Une des propriétés les plus curieuses du courant électrique est de décomposer l'eau.

Si, dans un vase en verre (*fig. 36*) au fond duquel aboutissent deux fils de platine terminant les deux parties du circuit électrique (l'une venant du pôle positif, l'autre du pôle négatif), on verse de l'eau et quelques gouttes d'acide, on voit, aussitôt que le courant passe, de nombreuses bulles de gaz se dégager sur les deux fils et qu'on peut recueillir dans de petites éprouvettes ; ces bulles de gaz sont les éléments de l'eau : l'hydrogène et l'oxygène.

Or, fait curieux, si l'on réunit par un fil les deux extré-

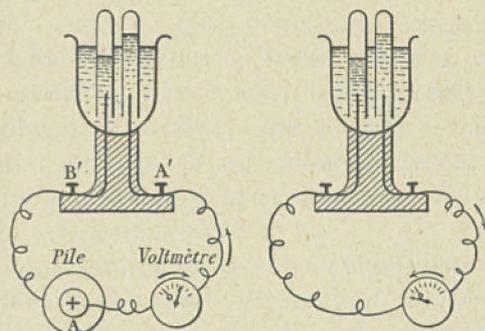


Fig. 36. — Principe des accumulateurs.

*Courant primaire.*

La source du courant est la pile.

Le courant décompose l'eau et produit des gaz.

*Courant secondaire.*

La source du courant est dans la réserve des gaz qui diminue. L'aiguille du voltmètre va en sens contraire.

mités A' et B', on voit ces gaz diminuer peu à peu, en même temps qu'un courant de sens inverse au courant primitif circule dans le fil. Ce courant déterminé par les gaz s'appelle *courant secondaire*, par opposition au

courant primitif qui avait produit les gaz : le *courant primaire*.

Les réserves de gaz hydrogène et oxygène agissent comme une source d'électricité, de telle sorte que si l'on réussit à « accumuler » de grands volumes de ces gaz sur des supports convenables on obtiendra une source puissante d'électricité : c'est le principe des accumulateurs.

### Les différents types d'accumulateurs.

Les accumulateurs diffèrent entre eux par la nature et la forme des supports destinés à retenir les gaz de l'eau ; nous ne décrirons que les accumulateurs au plomb.

Dans ces accumulateurs, c'est le plomb qui sert de support ; on le garnit, pour le rendre plus poreux, pour donner aux accumulateurs une « capacité » plus grande, de pâtes obtenues en mélangeant de l'acide sulfurique à des oxydes de

plomb (accumulateurs du type Faure). Pour que ces pâtes adhèrent mieux, les lames de plomb présentent soit des rainures, soit des alvéoles.

Dans chaque élément il y a donc un certain nombre de lames de plomb; elles sont reliées entre elles en deux séries: les lames impaires ou positives<sup>1</sup>, recouvertes de litharge, les lames paires ou négatives recouvertes de minium. Ces plaques baignent dans de l'eau acidulée à l'acide sulfurique, à 22° Baumé.

Les éléments d'une batterie sont reliés les uns aux autres

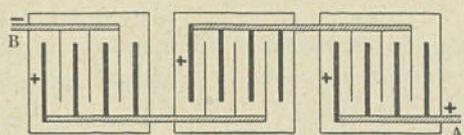


Fig. 37. — Accumulateurs groupés en série.

Dans chaque élément, les lames figurées en gros trait sont les positives.

Ces lames sont reliées (connexions en hachures) aux lames négatives de l'élément voisin.

Les dernières lames positives et négatives libres forment les pôles positif A et négatif B de la batterie.

en « série », c'est-à-dire que le pôle positif de chaque élément est réuni au pôle négatif de l'élément suivant

(fig. 37). Dans ces conditions il y a un pôle positif libre à une extrémité, et un pôle négatif

libre à l'autre extrémité: le premier est le pôle positif de la batterie, le second en est le pôle négatif.

### Capacité des accumulateurs et puissance disponible.

La *capacité* utilisable d'un élément d'accumulateur est la quantité d'électricité qu'il peut fournir en se déchargeant jusqu'au moment où son voltage baisse brusquement: elle est en général égale à 10 ampères-heure par kg de plomb,

1. On a reconnu que les plaques positives s'usaient plus vite que les plaques négatives, c'est pourquoi il y a en général dans chaque élément une plaque positive de plus qu'il n'y a de plaques négatives.

c'est-à-dire qu'un kilo de plomb peut fournir un courant de 10 ampères pendant 1 heure. Pendant cette décharge, le voltage du courant est sensiblement égal à 2 volts.

De ce qui précède, il résulte que 2 éléments en série ayant chacun 1 kilo de plomb pourraient produire pendant une heure un courant de 10 ampères sous 4 volts. De même une batterie de 60 éléments en série produirait pendant une heure un courant de 10 ampères sous 120 volts par chaque kilo de plomb d'élément.

La *puissance disponible* par kilo de plomb est donc celle qui correspond à un courant de 10 ampères sous la pression de 2 volts, soit de  $10 \times 2 = 20$  watts pendant une heure.

Edison est parvenu à construire des accumulateurs capables de fournir, pendant une heure, une puissance de 25 et même de 27 watts par kilo de plomb.

*Applications. I. — Une batterie d'accumulateurs est formée de 30 éléments en série. Chaque élément a 12 kilos de plomb. On demande quelle est la capacité et la puissance de la batterie.*

Les 12<sup>kg</sup> de plomb peuvent produire un courant de  $10 \times 12 = 120$  ampères pendant une heure (soit encore un courant de 60 ampères pendant 2 heures ou de 30 ampères pendant 4 heures ou de 15 ampères pendant 8 heures, etc.).

La pression de ce courant, à raison de 2 volts par élément, serait de  $2 \times 30 = 60$  volts.

Ce courant, de 120 ampères pendant une heure, pourrait produire pendant ce temps un travail de  $120 \times 60 = 7200$  watts, soit, à raison de 736 watts par cheval-force, une puissance disponible de  $7200 : 736 =$  un peu moins de 10 HP pendant une heure.

II. — *Un industriel se propose d'alimenter pendant 20 heures 10 lampes de 16 bougies à 110 volts, avec une batterie d'accu-*

mulateurs. On demande : 1° quel devra être le nombre d'éléments de la batterie; 2° le poids de plomb par élément. On supposera que les lampes consomment 4 watts par bougie et par seconde<sup>1</sup>.

1° Si le voltage à la décharge était régulièrement de 2 volts par élément, le nombre d'éléments en série nécessaires pour obtenir une pression de 110 volts serait de  $110 : 2$ , soit 55 éléments.

Comme le voltage baisse au fur et à mesure (il passe de 2<sup>v</sup>,2 à 1<sup>v</sup>,8), on prendra 60 éléments.

2° Pour alimenter 10 lampes de 16 bougies, soit 160 bougies, il faudra, à raison de 4 watts par bougie,

$$4 \times 160 = 640 \text{ watts par seconde (moins de 1 HP).}$$

Cette puissance devra d'ailleurs, d'après les conditions du problème, être répétée pendant 20 heures.

D'autre part, les 60 éléments peuvent produire pendant 1 heure et par chaque kilo de plomb, un courant de 10 ampères que nous supposerons à une pression de 110 volts, soit  $110 \times 10 = 1100$  watts.

Ces 1100 watts disponibles chaque seconde pendant une heure ne produiraient plus, s'ils étaient répartis sur 20 heures, que

$$1100 : 20 = 55 \text{ watts.}$$

Pour obtenir 640 watts au lieu de 55, il faudra donc

$$640 : 55 = 12 \text{ kilos environ de plomb par élément.}$$

REMARQUE. — On voit ainsi que le poids de plomb de la batterie est à lui seul de  $12^{\text{kg}} \times 60 = 720^{\text{kg}}$  et ceci explique le prix relativement élevé des accumulateurs.

---

1. Le watt a, jusqu'ici, été défini dans le texte comme le dixième du kilogrammètre.

Le watt a été indiqué pour le Joule, qui est d'un emploi moins courant. Il n'est pas inutile d'indiquer que l'énergie doit *se renouveler* : tant de dixièmes de kilogrammètre par chaque seconde; il le faut pour la compréhension du problème.

### Installation d'une batterie d'accumulateurs.

Tous les efforts en vue d'une bonne installation doivent tendre à éviter les pertes d'électricité. On est averti de ces pertes lorsque la batterie, isolée des fils de ligne, a un voltage qui baisse continuellement.

**Pertes extérieures.** — Les pertes extérieures proviennent de la vapeur d'eau qui se trouve dans l'air et de l'eau des accumulateurs qui s'évapore d'autant plus que la température est plus élevée. Cette vapeur d'eau se condense à la surface des vases ; l'électricité passe alors des électrodes de l'élément au sol par l'intermédiaire de la paroi devenue ainsi conductrice.

De ce qui précède on déduit facilement les précautions à prendre dans une installation d'accumulateurs :

1° Placer les éléments dans un local sec, frais, bien aéré à cause des gaz qui se dégagent de la batterie ;

2° Les disposer sur des étagères non conductrices (bois goudronné), en les séparant les uns des autres ;

3° Eviter tout contact des éléments avec les parois de la chambre ;

4° Isoler les éléments des traverses sur lesquelles ils reposent. On les place pour cela sur des supports spéciaux, en verre, présentant une gorge circulaire remplie de pétrole (le pétrole est parfaitement isolant) ;

5° Eviter, par de la sciure de bois, l'humidité dans le bas des étagères.

**Pertes intérieures.** — Les pertes intérieures proviennent soit du contact direct des plaques de pôles différents, soit du contact accidentel de ces plaques par suite de la désagrégation et de la chute des matières poreuses qu'elles soutiennent.

Dans les deux cas, il en résulte des courts-circuits qui affaiblissent le débit et abaissent le voltage.

Pour les éviter :

1° on sépare les lames de plomb par de minces lames de bois, des tampons de caoutchouc, ou des baguettes de verre ;

2° on donne aux vases de verre ou de grès vernissé une profondeur suffisante pour que les dépôts formés ne puissent atteindre la partie inférieure des lames de plomb.

---

## 22<sup>e</sup> LEÇON

### CONDUITE ET ENTRETIEN DES ACCUMULATEURS

---

#### 1<sup>o</sup> Charge.

Pour charger des accumulateurs, nous savons qu'il faut y faire passer un courant. Ce courant ne doit pas être trop intense, car les plaques de plomb se désagrègeraient et se détérioreraient vite.

L'intensité du courant de charge doit être de 1 ampère environ par kilogramme de plomb. Le voltage atteint d'abord 2 volts par élément et s'y maintient assez longtemps.

A la fin de la charge, au bout d'une dizaine d'heures, le voltage s'élève jusqu'à 2,5 par élément et les gaz viennent se dégager abondamment à la surface du liquide. A ce signe on reconnaît que la batterie est chargée. Les diverses plaques ont alors des couleurs différentes : les plaques positives sont devenues d'une teinte rougeâtre (oxyde de plomb peroxydé) ; les plaques négatives sont d'un bleu noirâtre (oxyde de plomb réduit).

#### 2<sup>o</sup> Décharge.

De même, la décharge des accumulateurs ne doit pas être trop rapide.

L'intensité du courant de décharge doit varier entre 1 et

2 ampères par kilo de plomb. Si l'intensité du courant de décharge était trop élevée, la puissance rendue serait beaucoup moindre et la batterie serait détériorée.

Le voltage, qui au début est de 2<sup>v</sup>,1, s'abaisse bientôt à 1<sup>v</sup>,9 où il se maintient pendant longtemps, pour tomber rapidement ensuite. Il faut arrêter la décharge quand le courant tombe à 1<sup>v</sup>,8 par élément.

### 3° Entretien.

Nous résumerons comme il suit les précautions à prendre pour la bonne conduite des accumulateurs.

1° Les plaques doivent toujours être entièrement recouvertes d'eau acidulée (à 23° Baumé<sup>1</sup> en pleine charge).

2° La batterie au repos doit toujours être chargée.

3° Si la batterie doit être longtemps sans emploi, il faut enlever l'eau acidulée par un siphon et la remplacer par de l'eau pure. On évite ainsi la « sulfatation » des plaques, qui en amoindrirait considérablement la valeur.

**Batterie sulfatée. — Régénération.** — On reconnaît qu'une batterie est sulfatée à la couleur blanche des plaques; on le reconnaît également à ce que le liquide des vases est devenu très pauvre en acide (1 ou 2° Baumé).

La capacité des plaques sulfatées est très faible et une batterie sulfatée est inutilisable. C'est pour cette raison qu'il ne faut pas abaisser le voltage d'une batterie au-dessous de 1<sup>v</sup>,8 par élément parce qu'alors la sulfatation se produit très vite.

Pour régénérer une batterie sulfatée, il faut bien se garder

---

1. Un tel liquide contient environ 1 volume d'acide pour 7 volumes d'eau ou encore 15 grammes d'acide pour 35 grammes d'eau.

Il est recommandé de n'employer que de l'eau très pure, distillée si possible, ou de l'eau de pluie filtrée, et de faire usage non d'acide sulfurique du commerce, mais d'acide concentré à 66° Baumé.

de donner au liquide l'acidité voulue (18 à 23° Baumé) par une addition supplémentaire d'acide. Il faut au contraire enlever l'eau acide des éléments et la remplacer par de l'eau légèrement acidulée (5° B); on y fait passer le courant de charge pendant très longtemps dans le sens + — et l'on constate alors que les plaques se désulfatisent en rendant l'acidité au liquide et que le voltage de la batterie redevient normal.

REMARQUE. — Par ce qui précède, on voit l'utilité que présente, pour l'entretien des accumulateurs, un pèse-acide de Baumé.

*Application.* — On a une batterie de 60 éléments ayant chacun 8 kilos de plomb. On demande :

- 1° quelle doit être l'intensité du courant de charge;
- 2° quand il faudra arrêter la charge;
- 3° quelle doit être l'intensité du courant de décharge;
- 4° quand il faudra arrêter la décharge.

Réponses : 1° L'intensité du courant de charge, à raison de 4 ampère par kg. de plomb, doit être sensiblement égale à 8 ampères. Le voltage moyen du courant de charge sera de  
 $2,1 \times 60 = 126$  volts.

2° Les accumulateurs seront chargés quand le voltage atteindra

$$2,5 \times 60 = 150 \text{ volts,}$$

au bout de 8 à 10 heures.

3. L'intensité du courant de décharge doit varier entre 8 et 16 ampères.

4° On arrêtera le courant de décharge quand le courant de toute la batterie sera tombé à

$$1,8 \times 60 = 108 \text{ volts.}$$

REMARQUE. — Une batterie bien entretenue peut durer de 5 à 10 ans.

---

## 23<sup>e</sup> LEÇON

### UTILISATION D'UNE BATTERIE D'ACCUMULATEURS

#### 1<sup>o</sup> Charge et disjoncteur.

Dans le cas que nous examinons, la force naturelle dont on se sert (vent ou cours d'eau) pouvant varier ou même s'interrompre, il peut arriver que la

dynamo commandée tourne moins vite et que son voltage passe au-dessous de celui de la batterie. Dans ce cas, celle-ci se décharge dans la dynamo, qui fonctionne alors comme une réceptrice, et peut brûler les fils de l'induit : la dynamo serait perdue.

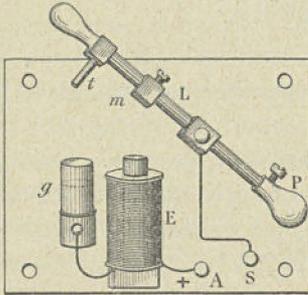


Fig. 38. — Disjoncteur à mercure.

Le courant de la dynamo arrive en A, passe dans l'électro-aimant E et maintient la masse de fer m s'il est assez intense.

Il passe alors dans le godet à mercure g et de là, par la tige en cuivre t, dans le levier L, pour ressortir en S.

Pour éviter cet accident, on protège d'abord la dynamo par des plombs-fusibles convenables et l'on intercale entre la dynamo et la batterie un appareil qui interrompt le courant

de charge quand l'intensité de celui-ci descend au-dessous d'une certaine limite : c'est là le rôle du *disjoncteur*.

Le disjoncteur de la figure 38 se compose d'un électro-aimant E avec un godet à mercure et d'un levier L avec une masse de fer  $m$  et un contrepoids P. Le courant de la dynamo arrive dans l'électro-aimant, et, si son intensité est suffisante, il maintient la masse de fer du levier, passe dans celui-ci par l'intermédiaire du godet à mercure  $g$ , et de là dans la batterie.

Si l'intensité du courant de la dynamo est trop faible, le levier, qui n'est pas suffisamment attiré, se déclanche à cause du contrepoids, et le courant est interrompu.

On voit qu'il suffit de régler à la main la position du contrepoids pour obtenir l'interruption à telle ou telle intensité de courant.

REMARQUE. — Avec le disjoncteur simple qui précède, il faudra, pour continuer la charge interrompue de la batterie, abaisser à la main le levier du disjoncteur quand le voltage de la dynamo sera devenu suffisant.

Pour éviter ce travail supplémentaire qui demande d'ailleurs une surveillance continue, on emploie un *conjoncteur-disjoncteur*, dans lequel le levier est attiré automatiquement par l'électro-aimant aussitôt que le voltage est redevenu normal.

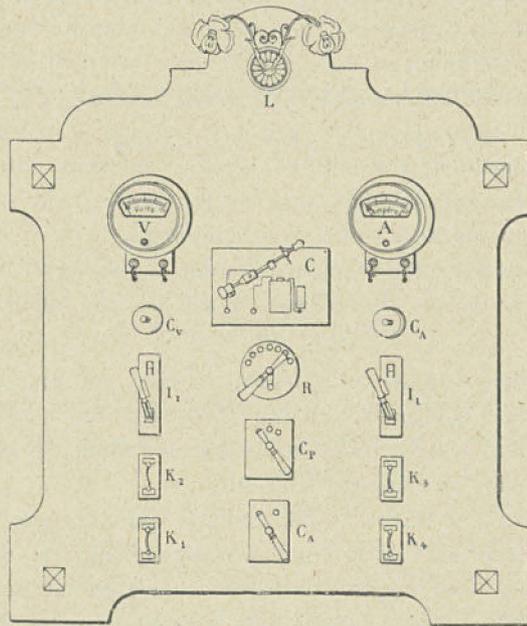
## 2<sup>o</sup> Décharge et réducteur.

Quand une batterie se décharge, le voltage, nous le savons, s'abaisse de  $2^v,4$  à  $1^v,8$  par élément, soit, par exemple, de 126 à 108 volts pour une batterie de 60 éléments.

On ne pourrait donc songer à utiliser le courant total de la batterie pour alimenter les lampes commerciales à 110 volts, car ces lampes s'useraient trop vite.

Pour obvier à cet inconvénient, on n'utilise pas, au début de la décharge, tous les éléments de la batterie ; on en prend par exemple 52 (car  $2^v,4 \times 52 = 110^v$  environ), puis on

ajoute les 8 éléments de réserve au fur et à mesure que le voltage tend à baisser. La batterie comprend ainsi successi-



*Appareils ordinaires.*

- Rh, rhéostat d'excitation.
- V, voltmètre.
- A, ampèremètre.
- K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>, K<sub>3</sub>, K<sub>4</sub>, coupe-circuit.
- I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, interrupteurs de lignes.
- L, lampes-témoins.



*Appareils supplémentaires.*

- C, conjoncteur.
- R, réducteur de décharge.
- C<sub>v</sub>, commutateur d'ampèremètre.
- C<sub>v</sub>, commutateur de voltmètre.
- C<sub>p</sub>, commutateur principal.

Fig. 39. — Grand tableau de distribution.

vement 52, 53, 54, 56, 58, puis 60 éléments et son voltage se maintient sensiblement constant.

Ce résultat est obtenu avec le *réducteur de décharge*.

Le réducteur de décharge R (fig. 39) se compose d'un certain nombre de « plots » communiquant avec les différents élé-

ments de réserve. Sur ces plots peut s'appuyer un levier à manche isolant dont l'axe correspond avec la ligne à éclairer. Sur le 1<sup>er</sup> plot le courant des 52 premiers éléments est envoyé dans la ligne ; sur le 2<sup>e</sup> plot, 53 éléments sont utilisés et ainsi de suite.

### Tableau de distribution.

Le tableau de distribution d'une installation ordinaire, sans accumulateurs, comprend, nous l'avons déjà vu :

- 1° un rhéostat de champ (pour l'excitation de la dynamo) ;
- 2° un voltmètre ;
- 3° un ampèremètre ;
- 4° des coupe-circuit ;
- 5° des interrupteurs de ligne ;
- 6° une ou plusieurs lampes-témoins.

Quand l'installation comprend une batterie d'accumulateurs, il faut en plus (*fig. 39*) les appareils suivants :

- 1° un conjoncteur ou mieux un conjoncteur-disjoncteur ;
- 2° un réducteur de décharge ;
- 3° un commutateur d'ampèremètre ;
- 4° un commutateur de voltmètre ;
- 5° un commutateur principal.

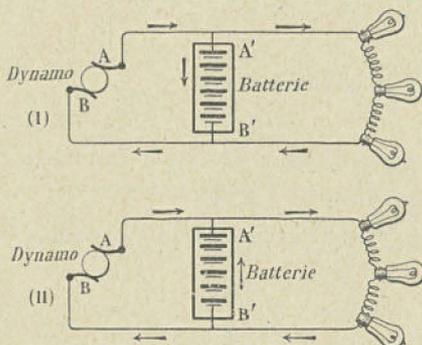
Les commutateurs d'ampèremètre et de voltmètre sont de simples leviers qui, en s'appuyant à volonté sur deux plots différents convenablement reliés, permettent de mesurer l'ampérage et le voltage soit du courant de charge de la dynamo, soit du courant de décharge de la batterie.

Quant au commutateur principal, il permet de mettre la batterie en communication soit avec la dynamo, soit avec la ligne à éclairer, soit enfin avec la dynamo et la ligne.

### Manœuvre des appareils.

I. **Charge de la batterie.** — Il s'agit de faire passer le

courant de la dynamo dans la batterie. Les opérations à faire sont les suivantes :



1° Mettre le commutateur principal sur la dynamo (position dynamo-batterie) ;

Fig. 40. — Montage d'une batterie en parallèle.

(I) La dynamo alimente la batterie et la ligne.

(II) La ligne est alimentée par la dynamo et la batterie.

A et B, pôles + et - de la dynamo.

A' et B', pôles + et - de la batterie d'accumulateurs. La batterie est en dérivation sur la ligne.

2° Placer les commutateurs de voltmètre et d'ampèremètre sur la dynamo ;

3° Abaisser le disjoncteur.

II. **Éclairage par la batterie.** — Nous voulons maintenant éclairer la ligne par la batterie, le moteur étant au repos. La manipulation est la suivante :

1° Mettre le commutateur principal sur la ligne (position batterie-ligne) ;

2° Placer les commutateurs d'ampèremètre et de voltmètre sur la batterie ;

3° Lever le disjoncteur ;

4° Mettre en contact les interrupteurs de ligne.

III. **Éclairage en parallèle.** — Dans certains cas, le moteur ne sert pas exclusivement à produire le courant. Un

meunier, par exemple, utilise la roue de son moulin ou sa turbine non seulement à éclairer son bâtiment, mais aussi et surtout à faire tourner ses appareils de meunerie.

Un brasseur ou tout autre industriel peut de même se proposer d'utiliser l'excès de force de son moteur pour s'éclairer.

Dans ces différents cas, il y a intérêt à utiliser ce qu'on appelle l'éclairage *en parallèle*.

Dans cette disposition (*fig. 40*), la batterie se trouve en dérivation sur le courant de la ligne ; il en résulte que, si le voltage de la dynamo s'élève, l'excès de courant chargera la batterie (la ligne et la batterie sont alimentées simultanément, parallèlement). Si au contraire, par suite de l'affaiblissement du moteur ou du travail supplémentaire qu'on peut lui demander, le voltage de la dynamo s'abaisse, la batterie lui vient en aide pour fournir du courant à la ligne.

La batterie, appelée alors « batterie-tampon », agit dans ces conditions comme un régulateur de courant.

Voici, pour terminer, la manipulation à suivre pour obtenir l'éclairage en parallèle :

1° Mettre le commutateur principal sur la position dynamo et ligne ;

2° Placer le commutateur de voltmètre et d'ampèremètre dans l'une ou l'autre position suivant ce que l'on désire connaître ;

3° Abaisser, dans le mercure, la tige de cuivre du disjoncteur.

---

## 24<sup>e</sup> LEÇON

### LES PROCÉDÉS D'ALLUMAGE AVANCE ET RETARD A L'ALLUMAGE

---

Nous connaissons maintenant les sources de courant; il nous devient facile d'étudier une des questions les plus importantes des moteurs à explosion : l'allumage.

Les procédés d'allumage du mélange détonant sont très variables ; nous les résumerons dans le Tableau suivant :

ALLUMAGE	}	1 <sup>o</sup> Par tube creux incandescent.	}	venant d'une bobine d'induction alimentée par des piles ou des accumulateurs.
		2 <sup>o</sup> Par étincelle électrique		venant d'une machine magnéto-électrique ou d'une dynamo.
		3 <sup>o</sup> Par auto-inflammation.		

#### Allumage par tube creux incandescent.

Dans ce système, l'inflammation du mélange gazeux est obtenue par un tube creux, en platine ou mieux en nickel, rendu incandescent par un brûleur auxiliaire à l'essence. Isolé pendant les 1<sup>er</sup>, 2<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> temps, ce tube est en contact avec

le mélange au 3<sup>e</sup> temps, celui de l'inflammation du gaz. Ce résultat est obtenu au moyen d'un tiroir étanche qui cache le tube et se retire automatiquement au moment voulu.

Ce système a pour avantage d'être absolument certain, puisque aucun raté ne peut se produire. Il présente en revanche de nombreux inconvénients : les tubes à incandescence sont généralement coûteux et fragiles ; ils demandent un certain temps pour la mise en route, mais surtout, à cause du temps nécessaire au tiroir pour découvrir l'allumeur, ils rendent impossible, comme nous allons le voir, l'avance à l'allumage.

**Avance et retard à l'allumage.** — Nous nous rappelons le fonctionnement des moteurs à quatre temps : le mélange d'air et de gaz, aspiré au 1<sup>er</sup> temps, est comprimé au 2<sup>e</sup> temps ; le piston est chassé au 3<sup>e</sup> temps par la combustion du mélange gazeux. Les gaz brûlés sont expulsés au 4<sup>e</sup> temps.

Cette combustion est d'ailleurs progressive ; elle se propage avec une certaine vitesse, et comme il faut que tout le gaz de la cylindrée soit brûlé à la fin du 3<sup>e</sup> temps, on voit que le moment exact où l'on doit allumer le mélange gazeux dépend de la vitesse du moteur ; on l'allumera d'autant plus tôt, d'autant plus en avance sur la position du point mort de la manivelle, que le moteur tournera plus rapidement.

Une autre considération doit aussi intervenir pour fixer le moment précis de l'allumage. L'expérience a montré, en effet, que la pression obtenue par le mélange en explosant dépend de la compression préalable qu'on lui donne. Par une bonne compression préalable, la pression finale peut ainsi passer de 6 à 13 atmosphères, c'est-à-dire de 6 à 13 kilos par centimètre carré.

La pression maximum étant ainsi obtenue, le travail du piston croit très vite, l'expérience le montre, avec l'avance à l'allumage, mais il y a évidemment des limites : la meilleure

avance à l'allumage correspond à un peu plus d'un cinquième de la course du piston, et à un peu moins d'un quart de cette course (fig. 41).

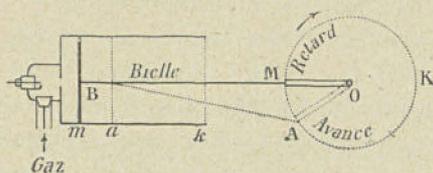


Fig. 41. — Avance à l'allumage.

M, point mort de la manivelle OM (compression maximum du gaz).

A, position d'avance à l'allumage :

$$ma = \text{un peu moins de } \frac{mk}{4}.$$

REMARQUE. — Les lignes qui précèdent montrent la supériorité de l'allumage par étincelle électrique sur l'allumage par tube incandescent : le premier seul

permet de régler avec précision le moment où l'explosion doit se produire.

**Application.** — Les dispositifs d'avance à l'allumage varient avec les constructeurs : nous en verrons un plus loin. Il est cependant une précaution générale à observer dans leur emploi : c'est qu'il ne faut jamais utiliser l'avance à l'allumage avant que le moteur n'ait atteint la vitesse voulue. Si, en effet, le moteur tournant lentement, on produisait l'explosion avant le passage au point mort, il pourrait arriver que le moteur fit marche arrière et que la manivelle ou le volant de démarrage vint brusquement blesser le mécanicien imprudent.

### Allumage par étincelle d'induction.

**Principe.** — Faisons passer le courant d'une pile ou d'un accumulateur dans une bobine à gros fil  $B_1$  (fig. 42) ; si nous interrompons ce courant par un procédé quelconque, une came par exemple, nous obtiendrons une étincelle. Cette étincelle, dite « étincelle de rupture », n'est ordinairement pas

assez chaude pour produire l'explosion du mélange gazeux.

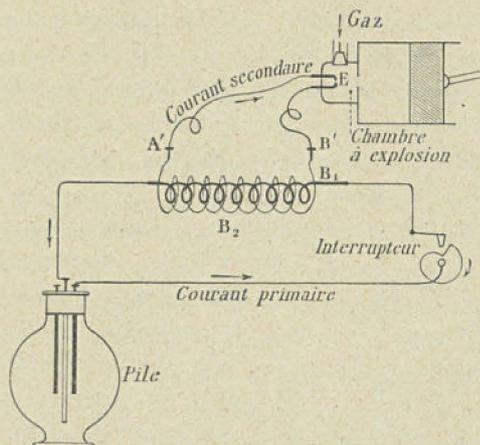


Fig. 42. — Principe de l'étincelle d'induction.

La bobine primaire  $B_1$  (à fil gros et court) est traversée par un courant.

L'interruption de ce courant produit dans la bobine secondaire  $B_2$  (à fil long et fin) un nouveau courant, un courant d'induction, à haute tension, qui détermine une étincelle en E dans la chambre à explosion.

Plaçons maintenant autour de la première bobine une bobine à fil fin et long  $B_2$  (bobine induite), nous obtenons, à chaque interruption du courant primaire, un nouveau courant très puissant, *courant secondaire* ou *courant d'induction*, capable de produire

des étincelles très chaudes.

Si donc nous mettons les deux extrémités  $A'$ ,  $B'$  de la bobine d'induction en communication avec deux fils isolés placés dans la chambre à explosion et à distance convenable, nous pourrions nous servir de l'étincelle d'induction pour enflammer le mélange.

En résumé, l'allumage par étincelle d'induction nécessite :

- 1° une pile ou un accumulateur ;
- 2° une bobine d'induction ;
- 3° un interrupteur ;
- 4° une bougie d'allumage.

**Piles.** — Les différents types de piles varient à l'infini ; toutes ont pour but de créer entre deux bornes, qui sont les

deux « pôles » positif et négatif de la pile, une différence de niveau électrique capable de produire un courant, ce courant allant d'ailleurs du pôle positif — où la tension est plus élevée — au négatif.

On arrive à ce résultat par des réactions chimiques, soit entre des corps solides et liquides (piles à liquides), soit entre matières presque sèches (piles sèches) ; ces dernières d'ailleurs dérivent du type Leclanché.

Pour les moteurs, on emploie surtout, à cause de leur

facilité d'entretien, des piles à liquides immobilisés dans de la sciure de bois ou dans un autre corps sans action chimique.

Le courant primaire utilisé pour former l'étincelle d'induction doit avoir une tension de 4 volts environ ; on l'obtient en associant 4 piles (fig. 43) ou 2 éléments

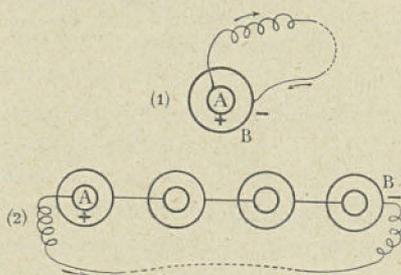


Fig. 43.

- (1) Pile seule (le pôle positif est au milieu).  
 (2) Éléments en série.

Chaque + d'élément est relié au — de l'élément voisin.  
 Le dernier + libre A est le pôle positif de la pile.  
 Le dernier — libre B est le pôle négatif.

d'accumulateurs « en série », c'est-à-dire en réunissant le pôle positif de chaque élément au pôle négatif de l'élément voisin.

**Recherche des pôles.** — On voit donc qu'il importe, quand on doit se servir de piles ou d'accumulateurs, de savoir reconnaître les pôles du courant.

a) Pour reconnaître le pôle positif d'une pile, d'un accumulateur ou d'un circuit en général, on peut se servir, soit de *papier-pôle* du commerce, soit d'un *indicateur de pôles* ou d'une simple aiguille aimantée montée sur pivot.

1° **Emploi du papier-pôle.** — On attache deux fils aux deux bornes étudiées ou aux deux fils de la ligne qui amènent le courant et l'on place les extrémités de ces fils à quelques centimètres l'un de l'autre sur du papier-pôle légèrement humecté d'eau : l'extrémité positive produit une tache violette.

2° **Emploi de l'indicateur de pôles.** — Cet appareil est basé sur la propriété que possède l'extrémité nord d'une aiguille aimantée de dévier à gauche du courant auprès duquel on place cette aiguille. Il suffira donc de faire passer le courant dans l'indicateur : le sens de la déviation de l'aiguille indiquera quel est le pôle positif.

b) Pour reconnaître le pôle positif d'un courant d'induction, il suffit de mettre les deux bornes en communication avec deux plateaux métalliques et de faire passer la décharge entre ces deux plateaux placés à une petite distance ; il jaillira des étincelles des deux plateaux : du côté positif, on observera que les étincelles sont plus brillantes et qu'elles partent d'un même point.

**Recharge des piles ou des accumulateurs.** — Les piles sèches utilisées n'ont besoin d'aucun entretien : elles servent jusqu'à épuisement, jusqu'au moment où leur voltage est trop réduit.

Les piles à liquides doivent être rechargées périodiquement : on se conformera aux instructions variables suivant le type de pile utilisé.

Quant aux deux éléments d'accumulateur, on les recharge soit avec des piles, soit avec le courant continu d'une dynamo. Il y aura d'ailleurs lieu de les recharger lorsque leur voltage sera abaissé à  $1^{\text{v}},8$  par élément, soit  $3^{\text{v}},6$  pour les deux éléments en série.

1° **Chargement par piles.** — D'après ce que nous avons vu, le voltage du courant de charge devra être supérieur à  $2^{\text{v}},4$

par élément, soit sensiblement égal à 5 volts pour deux

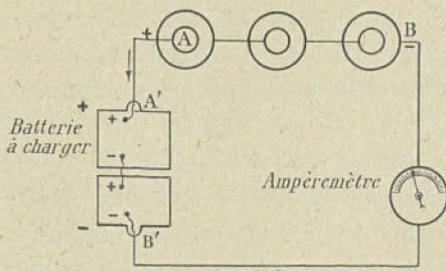


Fig. 44. — Charge des accumulateurs par des piles.

Les piles sont reliées en série.

Les accumulateurs sont reliés en série.

Le + de la pile A est relié au + de la batterie A'.

éléments ; on se servira donc de 3 ou 4 éléments de piles suivant l'espèce de pile employée ; l'opération sera terminée au bout de 12 heures environ quand le liquide bouillonnera abondamment (fig. 44).

2<sup>o</sup> Chargement par une dynamo. — Nous connaissons déjà les précautions à prendre et quelle doit être l'intensité du courant à utiliser.

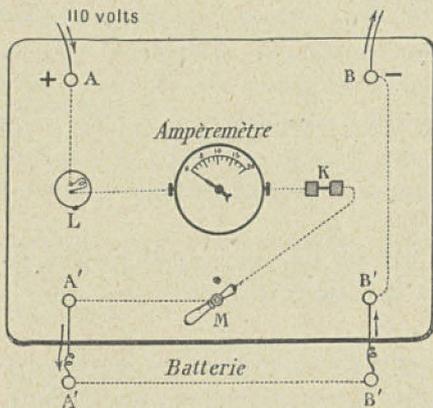


Fig. 45. — Tableau de charge.

A et B, pôles + et - de la dynamo.

L, lampe pour la résistance.

K, coupe-circuit.

M, commutateur.

A' et B', pôles + et - de la batterie à charger.

Ici, comme il s'agit de très petits éléments, un courant de 1 ampère au maximum suffira. Plus précisément, le courant devra, au début, avoir une tension de 4 volts, et l'on arrêtera quand le voltage atteindra 5 volts, au bout de 12 à 15 heures.

On voit que la chargé de ces pe-

tits accumulateurs nécessite :

1° une résistance (rhéostat ou lampe à incandescence) à introduire dans le courant de charge pour abaisser le voltage à la valeur demandée ;

2° un voltmètre (et un ampèremètre si possible) ;

3° un coupe-circuit, dans lequel la section du plomb-fusible sera déduite du courant à utiliser (ici 1 ampère) ;

4° un interrupteur pour produire l'arrivée ou l'interruption du courant.

On trouve dans le commerce ces appareils tout montés sur

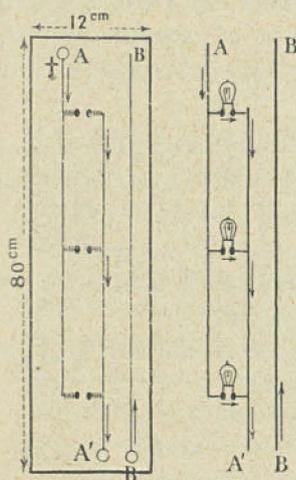


Fig. 46. — Tableau de charge simplifié.

Le courant vient de la borne positive A, passe en A' par l'intermédiaire des lampes, de là à la borne positive de l'accumulateur à charger pour revenir par le pôle négatif à la borne B.

des tableaux spéciaux ou « tableaux de charge » (fig. 45), mais on peut en faire un soi-même facilement (fig. 46) avec une simple planche ayant, par exemple, comme dimensions  $80\text{ cm} \times 12\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ . Pour cela on percera la planche de 6 petites ouvertures et on y installera les culots de 3 lampes à incandescence en se conformant aux indications de la figure. Les fils de communication sont de préférence placés au-dessous de la planche, les 6 ouvertures correspondant aux 3 fils d'arrivée du courant dans les lampes et aux 3 fils de sortie.

Dans ces conditions, on voit que, si aucune lampe n'est en place, il ne passe pas de courant dans l'accumulateur à charger.

Si l'on met en place la 1<sup>re</sup> lampe<sup>1</sup>, il y passera une certaine

1. Se servir de lampes-appiques dont les culots se visseront sur la planche.

quantité de courant ; si l'on place une seconde lampe semblable, il passera une quantité double de courant dans l'accumulateur ; une quantité triple si 3 lampes semblables sont intercalées.

On peut d'ailleurs augmenter encore cette quantité de courant en choisissant des lampes de 16 et même de 32 bougies au lieu des lampes de 10, suivant le poids de plomb des accumulateurs.

REMARQUES. I. — Il est à remarquer que la charge des petits accumulateurs sera très peu coûteuse si l'on a soin de disposer ce tableau de charge dans une chambre de travail, par exemple, les lampes à incandescence pouvant alors servir pour l'éclairage.

II. — Dans le montage de la batterie à charger, il est important de s'assurer que le positif de la ligne est uni au positif de la batterie. S'il n'en était pas ainsi, le courant passerait en sens contraire dans les accumulateurs : on s'en apercevrait d'ailleurs avec le voltmètre, car l'aiguille du voltmètre irait au-dessous du zéro ; elle « démarquerait ».

On arrivera au résultat cherché en s'assurant de la polarité comme nous l'avons vu précédemment.

---

## 25<sup>e</sup> LEÇON

### ALLUMAGE PAR BOBINE D'INDUCTION

---

#### Montage.

Le courant d'induction, comme tous les courants, a un pôle positif (l'extrémité d'où jaillit l'étincelle à la plus grande distance, parce que la tension y est plus élevée) et un pôle négatif.

Dans la pratique, le pôle négatif de la bobine d'induction pour l'allumage est relié à la masse du moteur ; par suite il n'y a plus qu'un pôle utilisé : on-dit que les bobines d'allumage sont « unipolaires ».

Il résulte de cette disposition qu'un seul fil, au lieu de deux, est nécessaire pour amener le courant dans la chambre à explosion, celui qui correspond au pôle positif de l'induit. On fait alors, grâce à la bougie d'allumage, jaillir l'étincelle entre l'extrémité de ce fil convenablement isolé et la masse du moteur.

#### Dispositions à suivre.

Voici d'ailleurs quelles sont exactement les dispositions à suivre ; elles seront faciles à réaliser si l'on remarque que les bobines d'allumage comme celles de Dion, par exemple, possèdent 4 bornes : une borne isolée à l'avant et 3 bornes à l'arrière.

1° Réunir le + du courant primaire (piles ou accumulateurs) à la 1<sup>re</sup> borne (borne marquée +) de la bobine

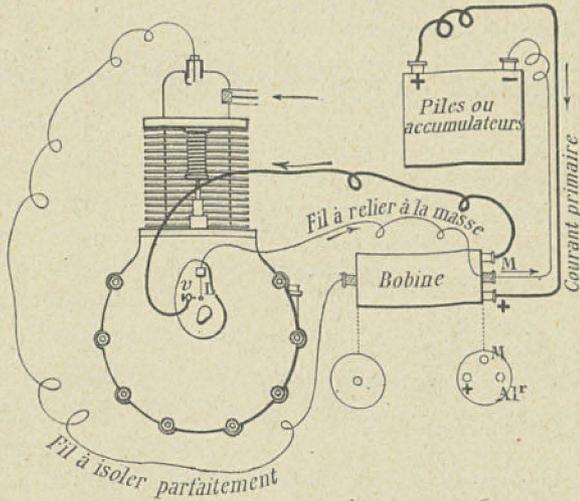


Fig. 47. — Allumage par étincelle d'induction : montage de la bobine.

- La bobine d'induction possède 4 bornes : 1 isolée à l'avant, 3 à l'arrière.
- 1° La borne isolée est réunie au centre de la bougie d'allumage (fil à isoler parfaitement).
  - 2° Le + du courant primaire est réuni à la borne + de la bobine ; le courant ressort par la 2<sup>e</sup> borne (allumeur) pour aller à la pièce fixe et isolée (la vis v) du trembleur.
  - 3° Le - du courant primaire est réuni à la borne M (masse) et à la lame L du trembleur.
  - 4° Mettre le fil de masse LM en contact avec le moteur.

d'induction (*fig. 47*). Le courant primaire ressort par la 2<sup>e</sup> borne (marquée *allumeur* ou *interrupteur*).

2° Réunir cette 2<sup>e</sup> borne à la pièce fixe, la vis, de l'interrupteur.

3° Réunir le - du courant primaire à la 3<sup>e</sup> borne (marquée M ou *masse*) et relier cette borne à la lame vibrante de l'interrupteur.

4° Réunir la 4<sup>e</sup> borne, borne isolée, qui est le pôle positif du courant d'induction, au centre de la bougie d'allumage.

REMARQUE. — Par ce qui précède, on voit que le négatif du courant primaire et le négatif du courant d'induction communiquent entre eux par la borne M et avec la masse du moteur.

On voit par suite que si le moteur utilisé était celui d'une voiturette, le mécanicien, sur la voiture, ferait partie du pôle négatif commun et qu'il serait dangereux pour lui de toucher le fil à haute tension allant à la bougie.

En résumé, les deux précautions à prendre sont de bien isoler le fil à haute tension de la bougie, et de réunir à la masse le fil reliant la borne M au trembleur.

Dans la pratique, comme la borne du trembleur fait partie de la masse du moteur, on se contente de fixer solidement la bobine par le point M à une partie métallique quelconque du moteur (réservoir d'essence par exemple). Cette disposition permet de supprimer le fil ML, dit « fil de masse ».

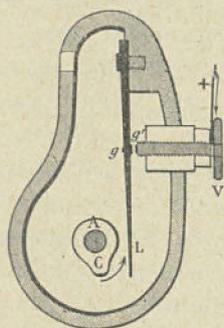


Fig. 48. — Interrupteur à trembleur mécanique.

La came à bossage C tourne avec l'axe A qui commande la soupape d'échappement. Les deux extrémités du circuit primaire aboutissent, l'une à la vis de serrage V, l'autre à la masse du moteur.

Quand la came pousse la lame vibrante contre la vis, le circuit est fermé; il se rompt aussitôt après.

**L'interrupteur.** — Il y a beaucoup de modèles d'interrupteurs, suivant que l'interruption est produite mécaniquement ou par un électro-aimant; nous n'étudierons que les interrupteurs à trembleur mécanique (fig. 48).

Dans ces interrupteurs, le + du courant primaire communique avec une vis platinée V, bien isolée de l'interrupteur, et en face de laquelle se trouve la lame vibrante L. Dans les conditions ordinaires, cette lame ne touche pas la vis V, mais une came à bossage entraînée par l'axe A peut produire le contact. Il

y a donc un contact, et par suite une rupture, à chaque tour de l'axe.

L'avance à l'allumage s'obtient très facilement par l'orientation convenable de la lame du trembleur en faisant tourner le tout autour de l'axe.

**Avantages et entretien.** — Les interrupteurs à trembleur mécanique (système Lacoste ou de Dion) présentent l'avantage d'exiger un faible courant primaire. Leur entretien est de plus très facile : il se réduit à vérifier de temps à autre la netteté des contacts, en détachant la vis et la lame, et à remplacer, quand il y a lieu, la goutte de platine de cette dernière.

**Les bougies d'allumage.** — Les bougies d'allumage (*fig. 49*)

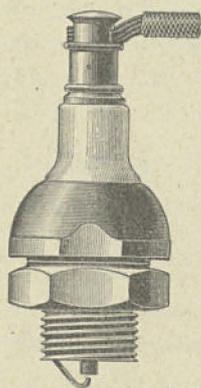


Fig. 49. — Bougie d'allumage.

se composent de deux parties ; la partie centrale communique avec le pôle positif de la bobine d'induction, et est séparée du reste de la bougie par un manchon isolant, en porcelaine généralement. Elles se fixent sur la culasse de la chambre à explosion au moyen d'un pas de vis métallique qui réunit ainsi la seconde partie de la bougie à la masse du moteur.

**Qualités d'une bonne bougie.** — On rencontre dans l'industrie une infinité de types de bougies d'allumage, qui se recommandent toutes par des qualités spéciales : nous citons au hasard les bougies Dumo, Vesta, de Dion, Luthi, Maquaire, etc.

Les qualités des bonnes bougies sont d'ailleurs faciles à trouver :

1° Elles doivent être très robustes, puisqu'elles seront,

dans la chambre à explosion, exposées à des températures et à des pressions très élevées.

2° Elles doivent présenter une partie centrale parfaitement isolée, car le courant d'induction qui les alimente est à haute tension et d'autant plus difficile à isoler.

3° Elles ne doivent pas produire de courts-circuits du fait de la précipitation du carbone pulvérulent. Cette précipitation est due à une mauvaise combustion du gaz; on y remédie en recouvrant les parties non métalliques intérieures de la bougie d'un émail sur lequel le dépôt de charbon n'a que peu d'adhérence. On évite, autant que possible, ce dépôt, en s'efforçant d'obtenir une bonne carburation du gaz.

4° Elles ne doivent pas non plus produire de courts-circuits par suite des gouttes d'huile qui pourraient y être projetées accidentellement.

5° Elles ne doivent pas non plus, de crainte d'affaiblir l'étincelle d'induction, se terminer par des pointes ou des arêtes vives, mais plutôt par des surfaces arrondies.

**Entretien des bougies.** — L'entretien des bougies consiste simplement à tenir toujours très propres les parties entre lesquelles se forme l'étincelle. On y arrive en les frottant avec du papier de verre, quand ces parties sont accessibles, et en les trempant dans l'essence dans le cas contraire.

Si l'étincelle se produit entre deux pointes, celles-ci doivent se trouver à un peu moins d'un millimètre de distance l'une de l'autre : soit un demi-millimètre.

---

## 26<sup>e</sup> LEÇON

### ALLUMAGE PAR MAGNÉTO

---

Les allumages par magnéto sont les plus usités aujourd'hui. Une magnéto peut produire :

soit une étincelle à basse tension, étincelle de « rupture », au moyen d'un interrupteur commandé par une came spéciale ;

soit une étincelle à haute tension, utilisée entre les deux pointes d'une bougie.

#### 1<sup>o</sup> Étincelle de rupture.

Dans ce système, le courant de la magnéto passe par l'interrupteur fixé dans la chambre à explosion.

Cet interrupteur se compose de deux parties.

L'une, immobile, est une tige en acier-nickel bien isolée de la masse par un manchon de stéatite ou de porcelaine, et communiquant avec le pôle positif de la magnéto.

L'autre, mobile, est formée par un double levier ayant un axe commun ; l'un de ces leviers L (*fig. 50*) est dans la chambre à explosion, l'autre L' est à l'extérieur. L'axe commun AA', qui est obligé de traverser la paroi du plateau d'allumage P, forme d'ailleurs avec celle-ci une soupape s pour empêcher toute fuite du gaz comprimé.

Dans les conditions ordinaires, un ressort attaché au levier extérieur maintient celui-ci en contact avec la borne isolée, ce qui ferme le circuit électrique. Mais au 3<sup>e</sup> temps, une came spéciale, dite « came de rupture », en agissant sur le levier extérieur par un système de tiges, fait cesser brusquement le contact, d'où l'étincelle de rupture ; le ressort ramène ensuite les leviers dans leurs positions primitives, et ainsi de suite.

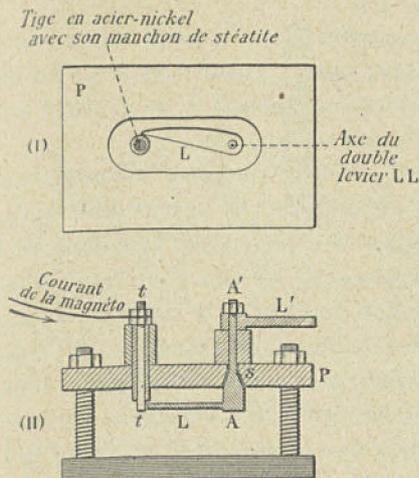


Fig. 50. — Plateau d'allumage.

(I) Dessous du plateau d'allumage P.  
(II) Plateau d'allumage soulevé.

*t*, tige en acier-nickel isolée et communiquant avec le pôle positif de la magnéto.  
*L*, levier intérieur ordinairement en contact avec *t*.  
*L'*, levier extérieur commandé par la came d'allumage.  
*AA'*, axe commun formant dans la paroi de *P* une soupape de fermeture.  
L'étincelle se forme entre *L* et *t* quand *L* est arraché du contact.

complète ; il oscille entre deux positions extrêmes, de 50 degrés environ, ce qui suffit pour assurer le courant.

**Avantages de ce système.** — Le système d'étincelle par rupture a de nombreux avantages :

1<sup>o</sup> Il est très sûr, car il évite les pièces fragiles ; de plus, l'absence de balais frotteurs permet d'obtenir toujours un bon contact pour le courant.

2<sup>o</sup> Il est très commode, car la mise en route peut se faire à très petite vitesse ; il suffit que la rupture du courant soit

brusque et c'est ce qui est obtenu par la forme spéciale de la came de rupture.

3° Enfin, l'entretien en est très facile : il suffit de graisser de temps à autre la magnéto, qui consomme très peu d'huile puisqu'elle ne tourne pas continuellement, et de nettoyer au papier de verre les deux parties du rupteur.

Nous devons signaler cependant un grave inconvénient inhérent à ce système : l'axe qui porte les leviers doit, on l'a vu, tourner à travers la paroi de la chambre à explosion ; or, le jeu nécessaire au mouvement de cet axe d'une part, et la fermeture hermétique exigée pour la forte compression du gaz d'autre part sont deux conditions qui s'opposent. En fait, après un peu de marche, il y a presque toujours des fuites plus ou moins grandes. Il en résulte non seulement des pertes de gaz, mais aussi une moins bonne utilisation du gaz qui reste à une pression moindre.

On y remédie en rodant sur son siège, quand cela est utile<sup>1</sup>, le cône, qui forme soupape, de l'axe commun des leviers L et L'.

## 2° Étincelle à haute tension. — Magnéto à bougie.

Ici, la magnéto fournit un premier courant — courant primaire — lequel, agissant sur un bobinage spécial, produira un nouveau courant — courant d'influence ou d'*induction* — qui est le courant secondaire.

C'est l'interruption du courant primaire qui provoque, dans le circuit secondaire où la bougie électrique est intercalée, une étincelle très chaude dite *étincelle d'induction*. C'est donc entre les pointes de la bougie électrique, placée dans la chambre à explosion, que jaillit l'étincelle d'induction.

1. Se servir pour cela de poudre d'émeri très fine (N° 000) mélangée avec un corps gras (savon, huile, vaseline).

**Interrupteur à came isolante.** — Voici d'ailleurs comment se produit la rupture du courant primaire: le système interrupteur est placé sur un disque  $D_2$  fixé à l'arrière de l'armature de l'anneau induit qui l'entraîne (fig. 51).

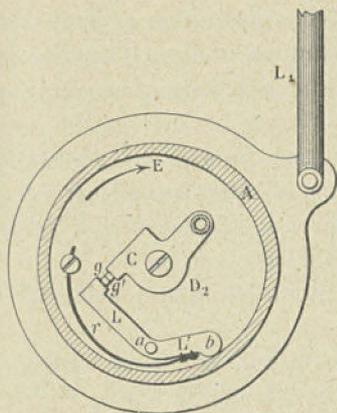


Fig. 51. — Interrupteur à came isolante.

L'interrupteur tourne avec le disque-support.

Il comprend une pièce métallique C isolée du disque et un double levier LL' maintenu en contact par un ressort r.

La rupture se fait quand le bouton b passe au-dessus de l'encoche E.

Les deux extrémités du courant primaire aboutissent, l'une à un double levier LL' mobile autour d'un axe a, et l'autre à une pièce métallique C supportée par le disque entraîneur  $D_2$  dont elle est isolée.

Enfin un anneau fixe A en matière isolante (fibre) forme gaine; son profil est celui d'une came dont l'encoche serait en  $E^1$ .

Dans les conditions ordinaires, un ressort r, qui tire le levier L', applique par suite le levier L sur la pièce de contact C et ferme donc le courant primaire. Mais, au moment où la rotation du disque amène le bouton b du levier L' dans l'encoche E, le profil de la came en fibre force alors b à se rapprocher du centre; il en résulte que L s'écarte de la pièce de contact C: d'où une étincelle de rupture du courant primaire entre les deux gouttes de platine g et g'.

**Avantages et Inconvénients de ce système.** — Ce nouveau mode d'allumage est excellent :

1. Dans les moteurs à 2 cylindres, il y a 2 encoches.

1° Il ne peut influencer, comme le précédent, sur la pression du gaz à l'intérieur du cylindre.

2° Le démontage et la vérification des pièces en sont très faciles, car la même vis qui maintient le disque entraîneur sur l'armature de l'anneau maintient également la pièce de contact sur le disque.

3° Enfin l'avance ou le retard à l'allumage s'y produit à volonté et d'une façon très facile : il suffit de déplacer l'encoche E, ce qui s'obtient en tournant, au moyen d'un levier de commandé L, l'anneau de fibre qui la forme.

Ce système est, à vrai dire, moins rustique que le précédent :

1° Il exige, à cause de la rotation rapide et continue de l'armature, un huilage parfait des paliers.

2° La forme de la came ne pouvant par elle-même amener une rupture très brusque, il importe que l'armature tourne vite, ce qui limite l'emploi de cet interrupteur aux moteurs à rotation rapide.

3° Il exige une propreté absolue de l'interrupteur. On arrive d'ailleurs à ce résultat en frottant de temps à autre les pièces du disque entraîneur avec un pinceau imbibé d'essence de pétrole.

### **Auto-inflammation.**

Il nous reste à dire quelques mots sur l'auto-inflammation. Mise en honneur dans ces derniers temps par M. Arnoux, elle est basée sur la propriété remarquable que possèdent les gaz suffisamment comprimés (30 à 35 atmosphères) de s'enflammer spontanément.

Les avantages de l'auto-inflammation sont nombreux :

1° Elle supprime tous les accessoires ordinaires d'allumage : piles, accumulateurs, bobine, interrupteur, bougies, etc.

2° Elle permet à toutes les parties du gaz de s'enflammer simultanément.

3° Enfin, à cause de la compression primitive très élevée du gaz détonant, elle permet une grande détente de ce gaz et produit par suite un plus grand rendement du moteur. On est arrivé, dans un moteur à auto-inflammation (moteur Diesel), à produire le cheval-heure avec 180<sup>g</sup> d'essence de pétrole, au lieu de 400<sup>g</sup>, consommation ordinaire.

#### **Causes d'arrêt des moteurs par manque d'allumage.**

Nous pouvons maintenant, pour terminer ce paragraphe, étudier l'une des causes d'arrêt les plus fréquentes des moteurs : le manque d'allumage dû à l'absence de l'étincelle d'induction entre les deux bornes de la bougie.

Le manque d'allumage peut avoir différentes causes qu'il importe d'indiquer méthodiquement : ces dernières sont résumées dans le Tableau ci-après.

### Moteurs à un cylindre.

CAUSES PROBABLES	VÉRIFICATIONS	REMÈDES
<p>1° La source du courant ne donne pas.</p> <p>a) Piles ou accumulateurs déchargés.</p> <p>b) La magnéto a un défaut.</p>	<p>a) Un fil isolé, partant de la borne positive et mis en contact pendant un temps très court avec la borne négative (rupture), ne donne pas d'étincelle ou donne une étincelle très faible et non bien bleue.</p> <p>L'aiguille d'un voltmètre donnerait exactement la valeur du courant, inférieure à 3<sup>o</sup>,5.</p> <p>b) On ne saurait obtenir d'étincelle à la rupture en faisant tourner la magnéto.</p>	<p>a) Remplacer la pile sèche usée. Recharger les piles à liquide de nouveau liquide. Recharger les accumulateurs.</p> <p>b) Renvoyer la magnéto au fabricant.</p>
<p>2° La rupture du courant primaire ne se fait pas par suite d'un accident au trembleur.</p> <p>a) Trembleur mécanique avec piles ou accumulateurs.</p> <p>b) Interrupteur à came de fibre avec magnéto.</p>	<p>a) Les contacts du trembleur sont salis par l'huile et quand on amène au doigt le trembleur en contact avec la vis platinée, il n'y a plus d'étincelle à la rupture.</p> <p>b) L'encoche de la came n'est plus assez marquée et le levier est toujours levé.</p>	<p>a) Nettoyer avec soin à l'essence et frotter les contacts bien à sec. Régler les pointes de contact en rapprochant la vis platinée.</p> <p>b) Creuser légèrement l'encoche avec une lime douce.</p>
<p>3° La prise de courant est mauvaise.</p> <p>a) Piles ou accumulateurs.</p> <p>b) Magnéto.</p>	<p>a) Les contacts sont mouillés ou oxydés.</p> <p>b) 1° La borne de la magnéto est mal isolée.</p> <p>2° Le joint à rotule de prise de courant est humide ou graisseux.</p>	<p>a) Nettoyer et resserrer les contacts.</p> <p>b) 1° Frotter à sec la borne et l'isolant.</p> <p>2° Frotter à sec la rotule de prise de courant.</p>
<p>4° Le fil d'arrivée du courant n'est pas bien isolé.</p>	<p>Il y a dans l'enveloppe des parties coupées, rouillées, détériorées ou des contacts humides.</p>	<p>Isoler la partie défectueuse avec du chafferton ou remplacer ce fil par un fil souple très bien isolé au caoutchouc. Eviter qu'un fil isolé ne soit trop près d'une partie chauffée.</p>

5° Mauvais contact à la bougie.	Simple examen.	Nettoyer ce contact et bien resserrer.
6° La partie centrale de la bougie est mal isolée; le courant va en court-circuit à la masse sans passer entre les pointes de la bougie.	L'isolant de la partie centrale de la bougie (porcelaine ou mica) est insuffisant, fendu ou ébranté.	Remplacer cet isolant ou mieux remplacer la bougie.
7° Le courant manque de pression. La distance des pointes de la bougie est trop grande ou la vitesse de rotation de la magnéto est trop faible pour cette distance des pointes.	On peut obtenir une étincelle en rapprochant les pointes de la bougie ou en faisant tourner plus vite la magnéto.	Régler la distance explosive (distance des pointes) à un demi-millimètre environ. Mettre toujours « en marche » assez vivement.
8° La compression du gaz est insuffisante au moment où se produit l'étincelle.	Il y a trop d'avance ou trop de retard à l'allumage.	Faire varier l'avance à l'allumage jusqu'au moment où l'étincelle se produit.
9° Le mélange gazeux à enflammer est mauvais : il y manque du gaz ou de l'essence.	Le mélange détone en diminuant la quantité d'air et augmentant l'arrivée du gaz ou de l'essence.	Régler convenablement la carburation : si l'on a une dynamo et un voltmètre à sa disposition, la carburation la meilleure est celle qui donnera le courant de voltage le plus élevé ; ce moyen est très sensible.
10° L'essence n'arrive pas ou arrive difficilement au carburateur.	Le moteur fonctionne quand on verse directement un peu d'essence dans le cylindre, mais s'arrête bientôt. De plus, quand on donne plusieurs coups successifs sur le bouton d'appel du carburateur, l'essence n'arrive pas au dehors.	Démonter le carburateur, le nettoyer. Déboucher avec soin au moyen d'un fil très fin les orifices du gicleur. Filtrer toujours l'essence utilisée.
11° L'essence arrive, mais elle est de mauvaise qualité, et, trop lourde, ne se vaporise pas facilement.	L'essence (?) employée est de mauvaise qualité : elle marque plus de 705 degrés au densimètre.	N'employer que de la bonne essence marquant de 680° à 700° au densimètre. Bien éviter de mettre de l'eau dans l'essence et ne jamais utiliser les fonds des bidons d'essence.
12° Les connexions des fils sont mal établies.		Refaire les connexions en se reportant au montage indiqué (p. 98, fig. 33).

REMARQUE IMPORTANTE. — Dans la pratique, les causes qui provoquent le plus souvent l'arrêt d'un moteur par manque d'allumage sont, par ordre de fréquence, dans : 1° le trembleur ; 2° la bougie ; 3° l'accumulateur et la bobine, cette dernière ayant quelquefois besoin d'être remplacée ; 4° les fils conducteurs. C'est donc dans cet ordre qu'il convient de faire des recherches pour un examen rapide.

Quant à la carburation, l'habitude d'un moteur apprend vite la mise au point convenable.

**Moteurs à deux cylindres.** — Dans le cas d'un moteur à deux cylindres, les « ratés » peuvent provenir de l'un ou de l'autre cylindre ; il faut donc les étudier successivement. Il suffira d'enlever le fil de communication du fil d'arrivée du courant à la bougie du premier, par exemple, pour pouvoir examiner le second suivant ce qui a été dit précédemment.

Comme il s'agit d'une installation fixe, et pour laquelle le bruit de l'échappement n'a qu'une importance secondaire, nous recommandons de faire différer l'échappement des deux cylindres, celui du premier se faisant par exemple à l'air libre, celui du second dans un pot d'échappement, pour reconnaître — à l'oreille — quel est le cylindre qui ne produit pas d'explosion.

---

## 27<sup>e</sup> LEÇON

### PRIX DE L'ÉNERGIE ET DE L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUES. — CONCLUSIONS

#### Prix moyen du kilowatt-heure.

Le prix de l'énergie électrique est facile à déduire des prix de revient de l'énergie mécanique qui varient avec la source de force employée.

Nous allons d'abord chercher le prix moyen du *kilowatt-heure*, c'est-à-dire de l'énergie capable de produire 1 000 watts par seconde et cela pendant une heure.

GENRE DE MOTEUR UTILISÉ	CONSOMMATION MOYENNE par. cheval-heure	PRIX DU combustible	PRIX DU CHEVAL- HEURE ou 736 watts y compris frais divers.	PRIX DU KILOWATT ou 1000 watts
Moteur à essence de 4 HP . . . . .	400 <sup>g</sup> essence <sup>1</sup> .	22 <sup>c</sup> ,8	25 <sup>c</sup>	34 <sup>c</sup>
Moteur à gaz de ville de 4 HP . . .	600 litres de gaz <sup>2</sup> .	12 <sup>c</sup>	15 <sup>c</sup>	20 <sup>c</sup>
Moteur à gaz pau- vre de 10 HP. . .	700 <sup>g</sup> charbon maigre <sup>3</sup> .	2 <sup>c</sup> ,4	6 <sup>c</sup>	8 <sup>c</sup>
Moteur hydraulique . . . . .	»	»	2 <sup>c</sup>	3 <sup>c</sup>

Lorsque l'énergie, au lieu d'être prise au moteur, est prise à une batterie d'accumulateurs, les prix de revient s'augmen-

1. Évaluée à 0<sup>f</sup>,40 le litre pesant 700 gram mes.
2. Payé à 0<sup>f</sup>,20 le mètre cube.
3. Payé à 30<sup>f</sup> la tonne.

tent de l'amortissement et de l'usure de la dynamo et de la batterie ; si nous évaluons cette quantité à 10 centimes au maximum, nous trouvons que le *kilowatt-heure électrique* revient :

pour un moteur à essence de 4 HP à . . . . .	45° environ
pour un moteur à gaz de ville de 4 HP à . . . . .	30° »
pour un moteur à gaz pauvre de 10 HP à . . . . .	18° »
pour un moteur hydraulique à . . . . .	13° »

Nous répétons que ce sont là des prix maxima et au-dessous desquels il est facile de descendre si l'installation, faite avec soin, est bien conduite.

### Prix de l'éclairage électrique par lampes et par arcs.

**Éclairage par lampes.** — Les lampes à incandescence absorbent une énergie facile à calculer d'après leur régime.

*Exemple : Une lampe de 16 bougies est alimentée normalement par un courant de 0<sup>amp</sup>,5 à 110 volts. On demande quelle est sa consommation par bougie.*

L'énergie totale absorbée est de

$$110 \times 0,5 = 55 \text{ watts par seconde.}$$

L'énergie absorbée par bougie est de

$$55 : 16 = 3,5 \text{ watts environ.}$$

La durée des lampes bien conduites est de 600 à 800 heures ; mais pratiquement il ne faut guère compter sur plus de 500 heures. L'intensité d'une lampe s'affaiblit régulièrement : ainsi une lampe de 16 bougies ne vaut plus que 12 bougies après 200 heures de fonctionnement, pour tomber à 10 bougies après 600 heures.

Pour conserver aux lampes leur pouvoir lumineux, il faut les « pousser », c'est-à-dire les porter à un voltage supérieur

à celui pour lequel elles ont été construites; on gagne ainsi en lumière, mais la durée des lampes diminue et n'est plus que 300 heures environ. Nous allons voir, d'ailleurs, qu'il y a intérêt, à cause du faible prix des lampes (de 40 à 60 centimes), à pousser les lampes, au lieu de les remplacer dès qu'elles donnent une lumière insuffisante.

**Problème.** — *Une lampe de 16 bougies est alimentée régulièrement par un courant de 0<sup>amp</sup>,5 à 110 volts, alors qu'une lampe de 10 bougies construite pour 105 volts produit un éclairage sensiblement égal (15 bougies au lieu de 16) si on la pousse à 110 volts et absorbe alors un courant de 0<sup>amp</sup>,35. On demande :*

1° *quelle est dans chaque lampe la consommation d'énergie absorbée par bougie ;*

2° *quelle est des deux lampes la plus avantageuse à utiliser en tenant compte du prix des lampes, estimé 0<sup>fr</sup>,50, et sachant que la durée d'une bougie poussée n'est en moyenne que de 300 heures au lieu de 500.*

1° La lampe de 16 bougies absorbe, nous l'avons vu, 3,5 watts par bougie.

La lampe de 10 bougies poussée à 110 volts consomme  $0^{\text{amp}},35 \times 110 = 38$  watts pour 15 bougies produites, soit  $38^{\text{w}},5 : 15 = 2^{\text{w}},6$  par bougie.

2° Voyons maintenant ce que coûterait dans les deux cas un éclairage de 1 000 heures en estimant à 30 centimes le kilowatt-heure électrique.

1<sup>er</sup> Cas. — Le premier mode d'éclairage exigeant 55 watts continus pendant 1 heure, exigerait en 1 000 heures 55 kilowatts-heure et deux lampes.

2<sup>e</sup> Cas. — Le deuxième mode d'éclairage exigeant 38,5 watts continus prenant 1 heure, exigerait en 1 000 heures 38,5 kilowatts-heure et trois lampes.

Les prix de ces divers modes d'éclairage pendant 1000 heures varieront évidemment avec le prix du kilowatt.

MODE D'ÉCLAIRAGE	PRIX DE REVIENT à 0 <sup>f</sup> ,30 le kilowatt	PRIX DE REVIENT à 0 <sup>f</sup> ,20 le kilowatt	PRIX DE REVIENT à 0 <sup>f</sup> ,13 le kilowatt
1 <sup>o</sup> Avec lampes de 16 bougies. Consommation : 55 kilowatts, et 2 lampes . .	$(0^f,30 \times 55)$ $+ 4^f = 17^f,50$	$(0^f,20 \times 55)$ $+ 4^f = 12^f$	$(0^f,13 \times 55)$ $+ 4^f = 8^f,15$
2 <sup>o</sup> Avec lampes de 10 bougies poussées. Consommation : 38,5 kilowatts et 3 lampes . .	$(0^f,30 \times 38)$ $+ 1^f,50 = 12^f,90$	$(0^f,20 \times 38)$ $+ 1^f,50 = 9^f,10$	$(0^f,13 \times 38)$ $+ 1^f,50 = 6^f,45$

Ce Tableau nous montre :

1<sup>o</sup> qu'il y a avantage à pousser les lampes, c'est-à-dire à n'employer, par exemple, dans une installation devant fonctionner à 110 volts, que des lampes de 105 volts ;

2<sup>o</sup> que cet avantage augmente avec le prix du kilowatt électrique.

**Éclairage par l'arc électrique.** — La dépense d'éclairage par l'arc électrique est encore bien plus faible, surtout si, afin de ne pas perdre l'énergie dépensée, sous forme de chaleur, dans la résistance qu'on ajoute ordinairement à un arc seul, on utilise deux arcs en série, sans résistance.

**Exemple :** *Un industriel, pour éclairer un atelier et une cour, emploie deux lampes à arc Lilliput, système Bardon, en série, produisant chacune 120 bougies et alimentées par un courant de 2<sup>amp</sup>,5 sous 110 volts. On demande : 1<sup>o</sup> quelle est l'énergie absorbée par 1 bougie électrique ; 2<sup>o</sup> ce que coûtera l'éclairage de sa maison à raison de 4 heures par jour, pendant 100*

jours, sachant qu'il utilise comme source de force un moteur à gaz pauvre de 10 chevaux.

1° L'éclairage total de la maison absorbe une énergie de  $110 \times 2,5 = 275$  watts. Ces 275 watts produisent d'ailleurs 240 bougies d'éclairage et la dépense d'énergie par bougie est donc de  $275 : 240 = 1^w,15$ .

2° La dépense d'énergie pour 400 heures d'éclairage serait de  $400 \times 0^w,275 = 110$  kilowatts et, comme le kilowatt revient, avec un moteur à gaz pauvre, à 20 centimes environ, on voit que la dépense demandée est de

$$0^f,20 \times 110 = 22 \text{ francs.}$$

Il faudrait ajouter à cette somme la dépense des charbons, qui est très minime.

**Conclusions.** — Le Tableau suivant permettra de comparer les prix de revient des différents modes d'éclairage, en prenant comme point de départ une intensité de 40 bougies qui suffit pour une chambre de dimensions moyennes.

NATURE DE L'ÉCLAIRAGE	CONSOMMATION	PRIX DE L'UNITÉ	PRIX DE REVIENT de 10 bougies-heure
1° Bec Papillon . . . . .	140 <sup>l</sup> de gaz	0 <sup>f</sup> ,30 le mètre cube	4 <sup>c</sup> ,2
2° Bec annulaire avec cheminée de verre . . . . .	100 <sup>l</sup> de gaz	Id.	3 <sup>c</sup>
3° Bec Auer à manchon . . . . .	50 <sup>l</sup> de gaz	Id.	1 <sup>c</sup> ,5
4° Eclairage par lampes à pétrole de 1 carcel . . . . .	1 <sup>l</sup> de pétrole p <sup>r</sup> 20 heures	0 <sup>f</sup> ,40 le litre . . .	2 <sup>c</sup>
5° Eclairage par lampes à incandescence . . . . .	40 watts	0 <sup>f</sup> ,10 l'hectowatt-heure <sup>1</sup> (pris à un secteur) . . .	4 <sup>c</sup>
6° Eclairage par lampes à incandescence . . . . .	40 watts	0 <sup>f</sup> ,02 (moteur à gaz chez soi) . . .	0 <sup>c</sup> ,8
7° Eclairage par arc (avec moteur chez soi) . . . . .	12 watts	0 <sup>f</sup> ,02 (moteur à gaz chez soi) . . .	0 <sup>c</sup> ,24

1. L'« hectowatt-heure » correspond sensiblement à l'alimentation d'une lampe de 16 bougies (55 watts) et d'une lampe de 10 bougies (40 watts). C'est pourquoi cette unité est la plus employée quand il s'agit de l'éclairage électrique.

Ce Tableau montre les avantages économiques de l'éclairage électrique. Ces avantages sont déjà appréciables dans les pays où il y a des usines électriques et où l'on peut se procurer l'énergie électrique à des prix variant de 7 à 14 centimes<sup>1</sup> l'hectowatt-heure pour l'éclairage et d'environ moitié pour la force (transmission de l'énergie à des dynamos-réceptrices).

En dehors de la supériorité économique, d'autres raisons, de commodité, de sécurité et d'hygiène (absence de fumée, de gaz brûlés, d'acide carbonique, de dégagement de chaleur appréciable) rendent facilement compréhensible l'extension chaque jour plus considérable de l'éclairage électrique.

---

1. Lille, 8 centimes l'hectowatt ; Rouen, 9 centimes ; Paris, 7 centimes jusqu'en 1910 et 5 centimes à partir de 1910.

## TROISIÈME PARTIE

# PLANS ET DEVIS

---

Nous arrivons à la troisième partie de cette étude et allons examiner, comme application de ce qui précède, différentes espèces d'installations pouvant être faites avec profit dans la ferme ou dans la petite industrie.

Nous examinerons successivement, dans ce qui va suivre, plusieurs projets correspondant à des besoins différents. Nous indiquerons les avantages respectifs de chaque projet et laisserons au lecteur le soin de choisir dans ces installations celle qui lui convient le mieux suivant ses besoins, ses convenances personnelles et la dépense maximum qu'il désire faire.

Les devis seront d'ailleurs établis suivant les prix courants les plus approchés. Enfin des croquis cotés permettront au lecteur de réaliser le mieux possible le projet qu'il aura choisi.

### **Les différentes espèces d'installations.**

Les projets d'installations, destinés à la culture, qui vont suivre, sont de différentes espèces.

1° Dans ceux qui n'ont en vue que la petite culture, on utilise de préférence le moteur cheval.

2° Dans ceux qui s'adressent à la moyenne culture, on prévoit le petit moteur à explosion, moteur rapide dont le mouvement peut être démultiplié suivant les besoins, et capable d'actionner les petites machines-outils d'une ferme. Celles-ci, en effet, comme nous l'avons vu, n'utilisant qu'un ou deux manœuvres, exigent au plus 12 à 15<sup>kgm</sup> de force, c'est-à-dire environ 1/5 de cheval.

3° Enfin les projets qui sont destinés à la grande culture comportent un moteur lent et puissant, de 6 à 12 HP par exemple, capable d'actionner la batteuse à blé, batteuse simple ou batteuse-lieuse, et de donner la lumière électrique à la ferme par l'intermédiaire d'un régulateur de force.

Nous distinguons d'ailleurs deux espèces de régulateurs :

a. — Le régulateur électrique : accumulateurs.

b. — Le régulateur hydraulique : réservoir d'eau élevé et de grande capacité.

Nous avons vu en effet, dans la première partie de ce livre, qu'un débit d'eau constant tombant d'une hauteur constante donne une puissance absolument uniforme dont le réglage s'effectuera facilement en faisant varier le débit à volonté.

---

## PETITE CULTURE

### Projet n° 1.

#### Composition de l'installation. — Devis.

Un manège. . . . .	250 <sup>fr</sup>
Une transmission. . . . .	250
	500 <sup>fr</sup>

REMARQUES. I. — Une seule transmission peut être utilisée

pour faire mouvoir deux espèces de machines-outils, placées dans deux salles différentes (*Planche I*).

II. — Le manège peut être remplacé par un moteur à essence de 3 HP. Le prix de l'installation se compose alors de :

Un moteur. . . . .	600 <sup>fr</sup>
Une transmission . . . . .	250
	850 <sup>fr</sup>

**Réalisation.** — Ce projet n° 1 n'offre aucune difficulté de réalisation ; le croquis coté qu'on trouvera plus loin en montre suffisamment l'économie. On y remarquera avec intérêt l'aménagement des différentes courroies de transmission. Les unes actionnent dans une première chambre les outils de la laiterie : écrémeuse centrifuge, baratte, malaxeur ; les autres, passant à travers des lucarnes percées dans le mur, sont destinées à entraîner les machines capables de produire de la poussière : hache-paille, tarare, scie circulaire, etc.

**Projet n° 2.**

**Composition de l'installation. — Devis.**

Un réservoir en tôle de 10 à 15 <sup>m3</sup> placé sur les maîtresses poutres de la grange . . .	900 <sup>fr</sup>
Une pompe à manège (puissance ordinaire).	300
Une transmission . . . . .	250
	1 450 <sup>fr</sup>

**Avantages.** — 1° Distribution d'eau dans la ferme.  
2° Force utilisable d'un cheval.

**Réalisation.** — Le croquis de ce projet (*Planche II*) montre que la toiture de la grange est relevée partiellement de 0<sup>m</sup>,80 au-dessus du réservoir. Cette disposition a l'avantage

de permettre l'installation d'un bac de 1<sup>m</sup>,60 de hauteur, ce qui correspond sensiblement à 15<sup>m</sup><sup>3</sup> environ ( $1,60 \times 3 \times 3$ ), réservoir d'eau très convenable pour les besoins courants de la ferme.

Si l'on voulait éviter la surélévation de la toiture, la hauteur maximum du bac serait seulement de 90<sup>cm</sup>, en prévoyant encore une inclinaison de 0,60, qui est l'inclinaison courante des toitures en tuiles mécaniques. Le réservoir pourrait contenir alors environ 7 mètres cubes d'eau.

### Projet n° 3.

#### Composition de l'installation. — Devis.

Un manège. . . . .	250 <sup>fr</sup>
Deux transmissions avec chaises, paliers et poulies, l'une pour le grenier, l'autre pour le rez-de-chaussée . . . . .	400
	<hr/>
	650 <sup>fr</sup>

**Avantages.** — Force d'un cheval pouvant être utilisée pour faire fonctionner toutes les machines-outils de la ferme. La transmission du rez-de-chaussée peut servir pour les machines ne produisant pas de poussière, comme les appareils de laiterie (écrémeuse centrifuge, baratte, malaxeur). La seconde transmission servira de préférence pour les outils nettoyeurs de grains ou machines du même genre : tarare, hache-paille, concasseur de grains, etc.

**Réalisation.** — La réalisation de ce projet, comme celle des deux projets qui vont suivre, se comprendra facilement par l'étude du projet n° 6.

## MOYENNE CULTURE

## Projet n° 4.

## Composition de l'installation. — Devis.

Un moteur à essence de 3 HP. . . . .	650 <sup>fr</sup>
Une transmission avec poulies . . . . .	250
Une pompe centrifuge. . . . .	250
Un bac d'alimentation de 5 à 10 <sup>m</sup> <sup>3</sup> . . . . .	300
	<hr/>
	1 450 <sup>fr</sup>

Avantages. — 1° L'eau est distribuée dans la ferme.

2° Le moteur peut actionner soit isolément, soit simultanément, les différentes machines sauf la batteuse.

## Projet n° 5.

## Composition de l'installation. — Devis.

Une éolienne de 1 HP $\frac{1}{2}$ en acier et montage . . . . .	1 000 <sup>fr</sup>
Deux transmissions avec chaises, paliers et poulies. . . . .	400
	<hr/>
	1 400 <sup>fr</sup>

REMARQUE. — Ce projet exige un bâtiment spécial à étage. Un bâtiment de 5<sup>m</sup> × 6<sup>m</sup> convient très bien pour cette installation.

Avantages. — La force peut être utilisée gratuitement, pourvu que le vent donne.

## Projet n° 6.

## Composition de l'installation. — Devis.

Un réservoir d'eau élevé, en béton armé ; dépense, tuyauterie comprise. . . . .	800 <sup>fr</sup>
Une pompe-manège . . . . .	650
Une turbo-dynamo . . . . .	500
Deux transmissions . . . . .	400
	2 350 <sup>fr</sup>

REMARQUE. — Ce projet nécessite un bâtiment spécial à étage. Il est d'ailleurs facile, comme nous l'avons déjà vu à la 10<sup>e</sup> leçon, de connaître *quelle est la puissance disponible, suivant le débit d'eau utilisé.*

Supposons, par exemple, qu'il s'agisse d'un réservoir d'eau de 3 mètres de hauteur et entièrement plein, dont le fond repose sur une plate-forme située à 6 mètres au-dessus du sol, la turbine actionnée par la chute étant enfoncée légèrement dans le sol et la hauteur totale de chute étant ainsi de 9<sup>m</sup>, 50, suivant les dispositions adoptées dans le projet.

Dans ces conditions, un débit de 5 litres à la seconde (18<sup>m</sup> à l'heure) produira théoriquement un travail de  $9^{\text{kgm}},50 \times 5 = 47^{\text{kgm}},5$ .

Cette puissance se trouve diminuée par le frottement (perte de charge) dans le tuyau d'amenée à la turbine. La turbine, d'autre part, est loin de rendre intégralement la puissance qui lui est donnée.

Nous estimerons le rendement à 60 %; l'énergie utilisable se trouve être de

$$47^{\text{kgm}},5 \times 0,60 = 28^{\text{kgm}},50,$$

soit un peu plus de  $\frac{1}{3}$  de HP.

Pour maintenir cette puissance constante, il suffira de

maintenir constant le niveau de l'eau dans le réservoir en la refoulant à raison de  $18\text{m}^3$  à l'heure.

Dans le cas contraire, la puissance disponible diminuera insensiblement jusqu'au moment où le réservoir sera vide.

La même eau parcourant d'ailleurs un circuit continu, pourra servir presque indéfiniment. Il suffira de parer aux pertes par évaporation.

Les plans ci-joints (*Planches III, IV et V*) donnent avec clarté les détails de la construction.

**Avantages.** — 1° L'eau est distribuée dans la ferme.

2° La force utilisable est variable à volonté et suivant les besoins.

3° Cette force peut se transformer totalement ou partiellement en lumière.

**Réalisation.** — La réalisation de ce projet sera facilitée par trois croquis.

Le croquis n° 1 donne l'image de l'installation complète.

Le croquis n° 2 donne les détails de construction du plancher en béton armé supportant le réservoir.

Le croquis n° 3 donne les mêmes détails en ce qui concerne un réservoir en béton armé de  $30\text{m}^3$  de capacité, la hauteur d'eau étant de 3 mètres.

Les calculs de résistance qui ont été faits au sujet des croquis n° 2 et n° 3 justifient d'ailleurs les dimensions adoptées.

On pourra faire, au sujet du croquis I, les remarques suivantes :

1° La pompe et les tuyaux de refoulement et de chute sont à l'abri de la gelée.

2° Les tuyaux de refoulement et de chute sont cachés et maintenus par des colonnes creuses en fonte qui, autre avantage, diminuent la portée des poutres du plancher supérieur.

3° Le manège est installé au-dessus de la citerne ; le plancher en béton armé qu'il conviendrait de prévoir dans ce cas sera suffisamment résistant.

Un inconvénient paraît se présenter : c'est celui du glissement des chevaux sur une surface unie ; on pourrait facilement le supprimer en aménageant une petite piste.

NOTA. — A l'inspection des croquis n° 2 et n° 3, le lecteur pourra se rendre compte exactement de la quantité de métal nécessaire et du cube de béton mis en œuvre. En effet, les croquis représentés à l'échelle de 0,01 donnent facilement la longueur des différentes barres ; ainsi que leurs diamètres. On en déduira leur poids (la densité du fer est 7,8), qu'on multipliera par le nombre de barres de même espèce. Ce métal coûte environ 0<sup>fr</sup>,35 le kilogramme.

Le béton pourra de même être cubé au moyen des cotes figurées. On peut l'estimer à 60<sup>fr</sup> le mètre cube mis en œuvre.

Avec un tuyau de chute de 50<sup>mm</sup> de diamètre, l'eau coulant librement, le réservoir se viderait en 1 heure 23 minutes environ.

**Réservoir en ciment armé.** — Ce réservoir est constitué par une ossature métallique noyée dans du béton. L'épaisseur du béton, portée uniformément à 10<sup>cm</sup>, est déterminée uniquement pour empêcher toute infiltration de l'eau après un colmatage qui demande quelques jours. L'ossature métallique a été calculée pour pouvoir résister seule à la pression de l'eau.

**Composition de l'ossature.** — L'ossature métallique se compose essentiellement de ceintures circulaires en acier doux, de section rectangulaire graduellement croissante du sommet à la base, et espacées d'axe en axe de 0<sup>m</sup>,20. Contre ces ceintures se dressent verticalement des montants en fer en forme de **T**, espacés de 0<sup>m</sup>,50 et qui ont surtout pour but de

répartir les pressions sur les différentes ceintures. Entre les ceintures et les montants est un treillis en fil de fer recuit de 3<sup>mm</sup> de diamètre.

Notons que la ceinture de retombée qui supporte la couverture a été calculée pour résister à la poussée de celle-ci et qu'il lui a été donné un profil en **C** approprié au genre de travail qu'elle fournit.

La couverture est composée d'une série de fers plats s'assemblant avec la ceinture de retombée, entre lesquels est un treillis de fil de fer recuit de 3<sup>mm</sup> de diamètre.

**Plancher soutenant le réservoir.** — C'est un plancher en béton armé soutenu par deux poutres en béton armé et reposant par ses 4 côtés sur la maçonnerie ; chacune des deux poutres comporte à son intérieur six aciers de 24<sup>mm</sup> de diamètre.

Quant au hourdis, il repose sur les poutres et les murs, formant comme une véritable dalle prenant appui par ses 4 côtés. Il comprend des barres d'acier de 10<sup>mm</sup> placées de 0<sup>m</sup>,10 en 0<sup>m</sup>,10.

REMARQUE. — Pour la réalisation de ce projet, particulièrement pour la construction du plancher et la fabrication du ciment armé, nous conseillons d'avoir recours à un spécialiste.

## GRANDE CULTURE

### Projet n° 7.

#### Composition de l'installation. — Devis.

Un moteur à gaz pauvre de 6 HP. . . . .	2 500 <sup>fr</sup>
Une dynamo avec son tableau . . . . .	600
Une réceptrice déplaçable sur chariot. . . . .	600
Un réservoir d'eau ordinaire. . . . .	300
	4 000 <sup>fr</sup>

**Avantages.** — 1° Force suffisante pour actionner une batteuse.

2° Force utilisable en tout point de la ferme.

3° Éclairage pouvant être important.

4° Eau pour l'alimentation.

**REMARQUE.** — Cette installation présente l'inconvénient de laisser le moteur toujours en marche quels que soient le travail ou l'éclairage demandés. Si on voulait l'utiliser pour de faibles dépenses de travail, il faudrait compléter le matériel par une batterie d'accumulateurs.

C'est ce qu'on ne manquerait pas de faire si une chute d'eau pouvait remplacer le moteur à gaz pauvre.

### Projet n° 8.

#### Composition de l'installation. — Devis.

Un moteur à gaz pauvre de 6 à 12 HP. . . . .	2500 <sup>fr</sup>
Un réservoir d'eau élevé (béton armé) . . . . .	800
Une pompe refoulant 1000 litres à la minute . . . . .	300
Une turbo-dynamo et sa tuyauterie. . . . .	600
Une transmission. . . . .	250
	<hr/>
	4 450 <sup>fr</sup>

**Avantages.** — 1° Force suffisante pour actionner directement une batteuse.

2° Force variable et régulière, grâce au réservoir d'eau, pour actionner les petites machines-outils.

3° Éclairage électrique.

**REMARQUE.** — Nous croyons inutile d'insister sur la réalisation de ces deux derniers projets et renvoyons pour cela le lecteur attentif à ce qui précède.

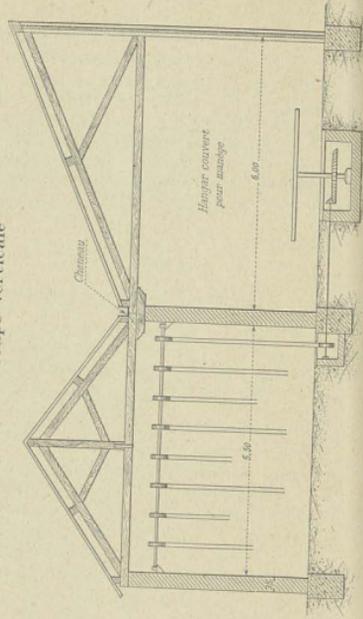
**PETITE INDUSTRIE**

Il ne nous reste qu'un mot à dire sur la petite industrie, presque tous les projets précédemment étudiés pouvant y être appliqués.

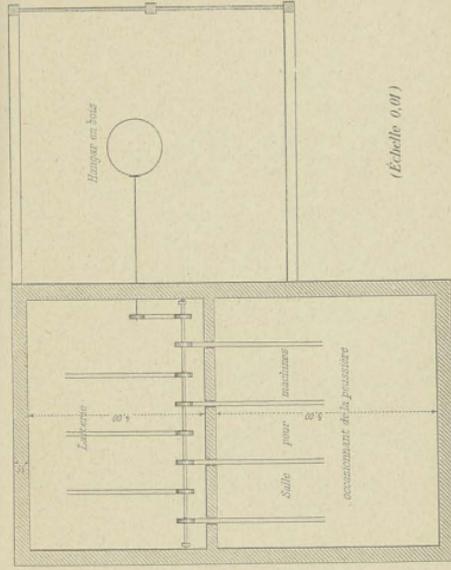
Si l'éolienne y disparaît généralement, le manège ou le moteur à essence ou à gaz pauvre y reste comme source de force plus ou moins variable; l'« accumulateur hydraulique » pourrait y être employé avec succès, dans le cas où l'on aurait besoin d'une force faible, mais rigoureusement constante.

INSTALLATION  
D'UNE FORCE MOTRICE  
POUR PETITE CULTURE

Coupe verticale

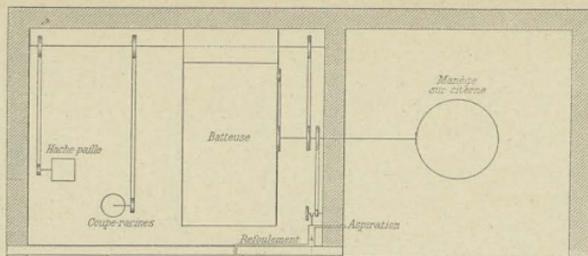


Plan coupe

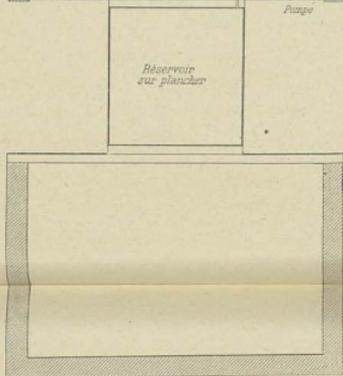


(Échelle 0,01)

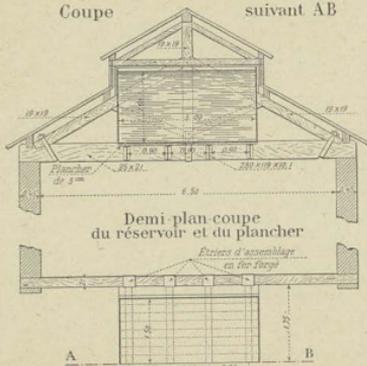
INSTALLATION  
D'UNE  
FORCE MOTRICE  
ET D'UNE DISTRIBUTION D'EAU  
POUR PETITE CULTURE



Plan-coupe d'ensemble  
(Echelle 0,01)

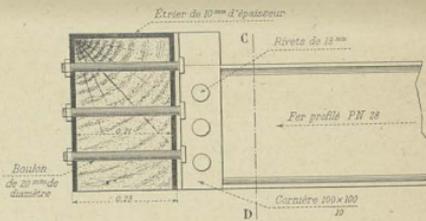


Coupe suivant AB

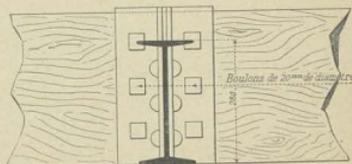


IRIS - LILLIAD - Université Lille

Détail de l'assemblage  
de l'entrait en bois  
et d'une poutre en acier  
(Echelle 0,1)

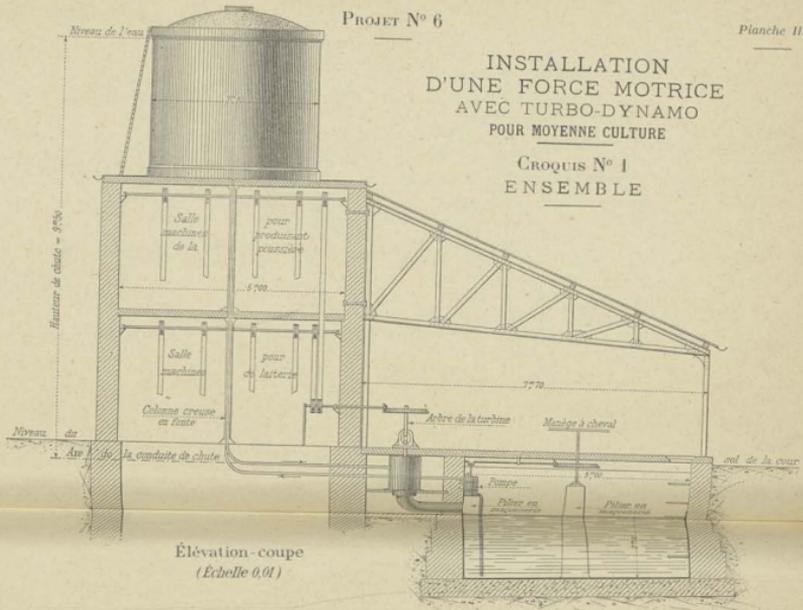


Coupe suivant CD

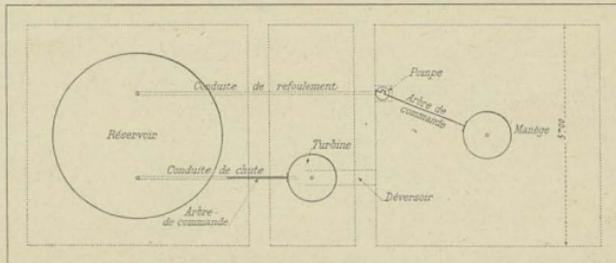


INSTALLATION  
D'UNE FORCE MOTRICE  
AVEC TURBO-DYNAMO  
POUR MOYENNE CULTURE

CROQUIS N° 1  
ENSEMBLE



Plan schématique d'ensemble



INSTALLATION D'UNE FORCE MOTRICE  
 AVEC TURBO-DYNAMO  
 POUR MOYENNE CULTURE

Choix N° 2  
 CONSTRUCTION DU PLANCHER DU RÉSERVOIR

Plan  
 au niveau du dessous des poutres  
 (Échelle 0,01)

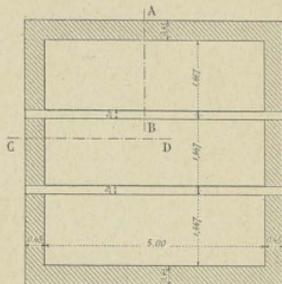
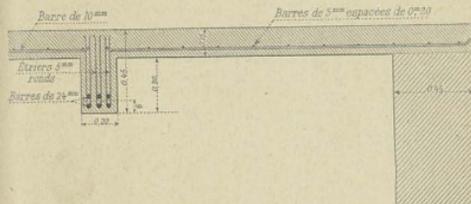


Schéma d'une poutre

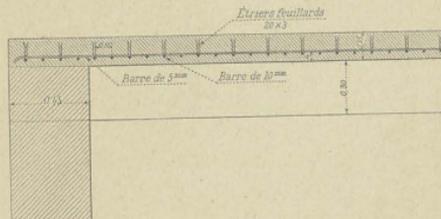
Les 2 barres extrêmes saillent



Coupe  
 suivant AB  
 (Échelle 0,04)



Coupe suivant CD







# TABLE DES MATIÈRES

---

	Pages.
AVANT-PROPOS . . . . .	VI

## Première Partie : Le Moteur.

1 <sup>re</sup> LEÇON. — <i>Notions générales sur les moteurs. — Le moteur à explosion</i> . . . . .	1
Notions préliminaires : force, travail, puissance. . . . .	1
Les moteurs. . . . .	2
Le moteur à explosion . . . . .	3
Avenir du moteur à explosion . . . . .	4
2 <sup>e</sup> LEÇON. — <i>Le moteur à essence</i> . . . . .	6
Formation du mélange détonant. . . . .	6
Admission et échappement de ce mélange . . . . .	7
Inflammation . . . . .	8
Moteurs au benzol et à l'huile de pétrole lourde . . . . .	10
3 <sup>e</sup> LEÇON. — <i>Le moteur à gaz. — Gaz de ville. — Gaz pauvre</i> . . . . .	11
Moteur à gaz de ville. . . . .	11
Moteur à gaz pauvre. . . . .	12
Avantages du moteur à gaz pauvre . . . . .	13
4 <sup>e</sup> LEÇON. — <i>Achat d'un moteur. — Puissance. — Prix de revient. — Recherches pratiques</i> . . . . .	16
Recherche de la puissance d'un moteur d'après sa consommation. . . . .	19
Recherche de la puissance au moyen des freins . . . . .	21
Dépense d'entretien . . . . .	23
5 <sup>e</sup> LEÇON. — <i>Installation et entretien d'un moteur</i> . . . . .	25
Installation de la machine. . . . .	25
Entretien de la machine. . . . .	26
Les transmissions . . . . .	29
PREUX. — Force et Lumière. . . . .	12

	Pages
6 <sup>e</sup> LEÇON. — <i>Mise en marche et mise au repos d'un moteur.</i> . . . . .	34
<i>Mise en marche d'un moteur. — La demi-compression.</i> . . . . .	34
<i>Echauffement d'un moteur. — Le thermo-siphon.</i> . . . . .	35
<i>Mise au point d'un moteur</i> . . . . .	36
<i>Vérification de la mise au point d'un moteur.</i> . . . . .	38
<i>Machine au repos</i> . . . . .	39
7 <sup>e</sup> LEÇON. — <i>Causes d'arrêt d'un moteur et moyens d'y remédier.</i> . . . . .	40
<i>Moteur à essence.</i> . . . . .	41
<i>Moteur à gaz.</i> . . . . .	42
8 <sup>e</sup> LEÇON. — <i>Moteurs hydrauliques : Roues et Turbines</i> . . . . .	43
<i>Captage des eaux</i> . . . . .	43
<i>Puissance disponible par déversoir</i> . . . . .	44
<i>Puissance disponible par vanne</i> . . . . .	46
<i>Les turbines.</i> . . . . .	48
9 <sup>e</sup> LEÇON. — <i>Les moteurs à vent</i> . . . . .	51
<i>Qualités d'un moteur à vent</i> . . . . .	53
<i>Puissance d'un moteur à vent.</i> . . . . .	53
10 <sup>e</sup> LEÇON. — <i>Accumulateurs hydrauliques.</i> . . . . .	55

## Deuxième Partie : L'Électricité.

11 <sup>e</sup> LEÇON. — <i>Notions générales d'Électricité.</i> . . . . .	61
<i>L'électricité. — Le courant électrique.</i> . . . . .	61
12 <sup>e</sup> LEÇON. — <i>La dynamo.</i> . . . . .	64
<i>Définitions</i> . . . . .	64
<i>Excitation de la dynamo.</i> . . . . .	66
13 <sup>e</sup> LEÇON. — <i>Achat d'une dynamo. — Rendement. — Prix de revient du cheval-électrique. — Vérifications pratiques</i> . . . . .	68
<i>Achat d'une dynamo</i> . . . . .	68
<i>Vérification pratique du rendement</i> . . . . .	69
14 <sup>e</sup> LEÇON. — <i>Installation et emploi d'une dynamo. — Le rhéostat d'excitation</i> . . . . .	72
<i>Mise en place</i> . . . . .	72
<i>Emploi de la dynamo comme moteur.</i> . . . . .	74
<i>Précautions à prendre pour l'emploi d'une dynamo.</i> . . . . .	75
15 <sup>e</sup> LEÇON. — <i>La lumière électrique. — Arc électrique et lampes à incandescence</i> . . . . .	76

	Pages
Arc électrique . . . . .	76
Lampes à incandescence. . . . .	77
Lampes à vapeur de mercure . . . . .	80
16 <sup>e</sup> LEÇON. — <i>Avantages et inconvénients d'une installation électrique</i> . . . . .	81
Eclairage direct . . . . .	81
Avantages de l'arc électrique . . . . .	82
Mode d'emploi d'un moteur. — La pleine charge. . . . .	83
Consommation, rendement et puissance. . . . .	84
17 <sup>e</sup> LEÇON. — <i>Éclairage direct.</i> . . . . .	87
Emploi rationnel d'un moteur. . . . .	87
Conclusions. . . . .	88
18 <sup>e</sup> LEÇON. — <i>Installation de l'éclairage électrique</i> . . . . .	91
Installation des lampes. . . . .	91
Installation des arcs. . . . .	92
L'isolement des fils. — Le court-circuit . . . . .	92
Perte des lampes. — Les plombs fusibles . . . . .	93
19 <sup>e</sup> LEÇON. — <i>Installation et entretien d'une ligne électrique</i> . . . . .	96
Le tableau. . . . .	96
Pose des fils. . . . .	97
Coupe-circuit . . . . .	98
Pose des lampes . . . . .	99
Entretien des lampes . . . . .	99
Pose des arcs . . . . .	99
Entretien des arcs . . . . .	99
Entretien de la dynamo. . . . .	100
20 <sup>e</sup> LEÇON. — <i>Causes d'extinction de la lumière électrique. — Remèdes.</i> . . . . .	102
Recherche de la cause d'extinction d'une lampe . . . . .	103
Recherche du court-circuit . . . . .	104
21 <sup>e</sup> LEÇON. — <i>Éclairage indirect. — Accumulateurs</i> . . . . .	106
Principe des accumulateurs. . . . .	106
Les différents types d'accumulateurs. . . . .	107
Capacité des accumulateurs et puissance disponible . . . . .	108
Installation d'une batterie d'accumulateurs. . . . .	111
22 <sup>e</sup> LEÇON. — <i>Conduite et entretien des accumulateurs</i> . . . . .	113
Charge . . . . .	113
Décharge. . . . .	113
Entretien. . . . .	114
23 <sup>e</sup> LEÇON. — <i>Utilisation d'une batterie d'accumulateurs</i> . . . . .	116
Charge et disjoncteur. . . . .	116

	Pages
Décharge et réducteur . . . . .	117
Tableau de distribution . . . . .	119
Manœuvre des appareils. . . . .	120
24 <sup>e</sup> LEÇON. — <i>Les procédés d'allumage. — Avance et retard à l'allumage.</i> . . . . .	122
Allumage par tube creux incandescent. . . . .	122
Allumage par étincelle d'induction . . . . .	124
25 <sup>e</sup> LEÇON. — <i>Allumage par bobine d'induction.</i> . . . . .	131
Montage . . . . .	131
Dispositions à suivre . . . . .	131
26 <sup>e</sup> LEÇON. — <i>Allumage par magnéto.</i> . . . . .	136
Étincelle de rupture . . . . .	136
Étincelle à haute tension. — Magnéto à bougie. . . . .	138
Auto-inflammation. . . . .	140
Causes d'arrêt des moteurs par manque d'allumage . . . . .	141
27 <sup>e</sup> LEÇON. — <i>Prix de l'énergie et de l'éclairage électrique. — Conclusions.</i> . . . . .	145
Prix moyen du kilowatt-heure. . . . .	145
Prix de l'éclairage électrique par lampes et par arcs. . . . .	146

### Troisième Partie : Plans et Devis.

Les différentes espèces d'installations. . . . .	150
<i>Petite culture</i> . . . . .	152
Projet n° 1. . . . .	152
Projet n° 2. . . . .	153
Projet n° 3. . . . .	154
<i>Moyenne culture</i> . . . . .	155
Projet n° 4. . . . .	155
Projet n° 5. . . . .	155
Projet n° 6. . . . .	156
<i>Grande culture.</i> . . . . .	159
Projet n° 7. . . . .	159
Projet n° 8. . . . .	160
<i>Petite industrie.</i> . . . . .	161



Librairie VUIBERT et NONY, 63, boulevard St-Germain, PARIS, 5<sup>e</sup>

**A TRAVERS L'ÉLECTRICITÉ**, par G. DARV. — Vol. 31/21<sup>cm</sup>,  
4<sup>e</sup> édit., illustré de 377 fig., br. 10 fr.; relié toile. . . . 14 fr. »

Avant tout, livre de vulgarisation scientifique et d'une lecture facile, cet ouvrage a pour but principal de servir de guide à tous ceux qui veulent se faire une idée bien nette du parti qu'on a tiré de l'électricité dans ces derniers temps. Il s'adresse aussi bien aux jeunes gens désireux de faire plus tard une étude détaillée de cette science qu'aux hommes qui savent déjà. Les uns et les autres y puiseront des distractions en même temps que des enseignements, vu le grand nombre des applications de l'électricité qui y sont décrites et les riches illustrations qui les complètent; tous peuvent s'y documenter, sans effort, sans fatigue, sur des sujets d'un intérêt vraiment universel.

**L'ÉLECTRICITÉ CHEZ SOI**, par O. BOURBEAU, ingénieur. —  
Vol. 18/12<sup>cm</sup> illustré de nombreux schémas et figures. (*Sous presse.*)

L'auteur n'a pas eu d'autre ambition que de venir en aide aux personnes désireuses d'utiliser le courant électrique, de l'installer chez elles, mais qui hésitent ou éprouvent un grand embarras à cause de leur inexpérience. Il a voulu donner, sous une forme simple et accessible à tous, puisqu'il bannit soigneusement de ses explications tous les termes techniques, des notions claires et complètes sur les divers courants, les appareils qui les produisent, les distribuent et les utilisent, sur les installations, etc.

Le champ des applications pratiques de l'électricité s'étendant chaque jour et les réseaux électriques se multipliant, ce petit ouvrage, accompagné de schémas et de figures claires et élégantes, trouvera auprès de tous un excellent accueil.

**UNITÉS ÉLECTRIQUES ET UNITÉS MÉCANIQUES ET LEURS RELATIONS**, par G. DE LA PLANCHE. — Vol. 18/12<sup>cm</sup>,  
2<sup>e</sup> édition . . . . . 2 fr. »

Dans ce petit ouvrage, l'auteur passe en revue les principales grandeurs de l'énergie en général et de l'énergie électrique en particulier; il précise les expressions dont on se sert couramment dans la pratique et dont beaucoup n'ont qu'une idée très vague. Les relations qui lient toutes ces unités y sont données d'une façon très nette de façon à faciliter, dans la suite, la résolution de toutes sortes de questions.

Le courant électrique y fait l'objet d'un chapitre spécial où l'auteur distingue et explique avec beaucoup de clarté les différentes formes sous lesquelles il peut être utilisé.

**LES RICHESSES HYDRAULIQUES DES ALPES FRANÇAISES**, par P. BOUGAULT. — Broch. 22/14<sup>cm</sup> . . . . . 0 fr. 50

L'emploi de l'énergie hydro-électrique, la « houille blanche, » ouvre une ère industrielle nouvelle. Le siècle passé a été le règne de la vapeur, c'est-à-dire de la houille noire, et la suprématie a appartenu à l'Angleterre. Il semble que dans la lutte nouvelle engagée l'avantage doive nous revenir. La jeunesse scientifique doit s'intéresser à ce problème vital que M. Bougault précise et résume avec talent dans cette remarquable étude.

Librairie VUIBERT et NONY, 63, boulevard St-Germain, PARIS, 5<sup>e</sup>.

**COMPLÉMENTS DE PHYSIQUE**, par J. BASIN. — Un volume  
19/13<sup>cm</sup> de 704 pages, avec 478 figures, 3<sup>e</sup> édition . . . 5 fr. »  
Cartonné toile. . . . . 5 fr. 50

Ce volume est une sorte de *Physique industrielle* moderne très élémentaire, s'adressant aux élèves studieux des classes de sciences, des écoles industrielles et à toutes les personnes qui veulent être mises au courant des nouvelles applications de la physique. *L'électricité* y est l'objet d'un exposé didactique très complet qui pourra servir de base solide à des études ultérieures élevées, et toutes les autres parties de la Physique ont reçu des développements analogues. Le chapitre des transformations de l'énergie sert de lien entre tous les autres; il donnera au lecteur de belles et larges vues sur le présent et l'avenir de la science.

**GUIDE-MANUEL DE L'ÉLÈVE-APPRENTI** (*Dessin de bâtiment et dessin de machines*). Conseils sur le dessin et leçons simples sur la technologie du bâtiment et des machines, à l'usage des élèves des Ecoles d'industrie, par F. JAYET et V. DULOT. — Vol. 18/12<sup>cm</sup> de 160 pages, avec 116 fig.; broché, 1 fr. 50; cartonné toile . . . 2 fr. »

**COURS DE CROQUIS COTÉ**, par A. LEGRAND. — 2 vol. 24/18<sup>cm</sup>  
(Texte et planches) . . . . . 3 fr. »

**EXÉCUTION DES ÉPURES ET DU LAVIS** (*Instructions et conseils*). — Br. 18/12<sup>cm</sup>, avec 28 fig. dans le texte (9<sup>e</sup> éd.). 1 fr. »

Cette brochure, écrite par une sommité de l'enseignement du dessin, rendra les plus grands services aux jeunes gens qui apprennent le dessin graphique; elle est indispensable à ceux qui se destinent aux écoles spéciales.

**GÉOLOGIE**, par Stanislas MEUNIER, professeur au Muséum national d'Histoire Naturelle et à l'École nationale d'Agriculture de Grignon. — Vol. 25/16<sup>cm</sup> de 988 pages, avec figures (1908). . . . . 15 fr. »

Ouvrage destiné aux élèves des Ecoles d'agriculture et de l'Institut agronomique, aux candidats à ces établissements, aux aspirants aux grades universitaires, aux agronomes, aux ingénieurs, aux industriels, aux coloniaux et aux amateurs de sciences naturelles.

**L'AGRICULTURE MODERNE**, par A. MÉNARD, ingénieur agronome, et J. MÉNARD, prof. diplômé de l'enseignement agricole. — Vol. 18/12<sup>cm</sup> de 369 p., illustré de 287 grav.; rel. toile, tr. dor. 2 fr. 25

**ANNUAIRE DE LA JEUNESSE** (18<sup>e</sup> année), par H. VUIBERT. — *Moyens de s'instruire. — Choix d'une carrière.* — Un beau vol. 18/12<sup>cm</sup> de 1128 pages; br. 3 fr. 50; cartonné toile, 4 fr. 50.

Cet ouvrage est appelé à être entre les mains de tous les jeunes gens de dix à vingt-cinq ans et de tous les pères de famille soucieux de l'éducation et de l'avenir de leurs enfants.

## PROGRAMMES

(Broch. 18/12<sup>cm</sup>)

Ecoles nation. d'Agricult. 0 fr. 30	Institut agronomique (et Ecole des
Ecole nationale supérieure d'Agric- ulture coloniale. . . . . 0 fr. 50	Eaux et Forêts, Ecole des Ha- ras). . . . . 0 fr. 30
Ecole coloniale d'Agriculture de Tunis. . . . . 0 fr. 30	Ecole spéciale des Travaux publics. 0 fr. 30
Ecole d'Horticulture de Versailles. 0 fr. 20	Ecole pratique d'Electricité in- dustrielle . . . . . 0 fr. 30
Ecole nationale des Industries agri- coles. . . . . 0 fr. 30	Ecole sup. d'Electricité . 0 fr. 30
	Ecoles d'Arts et Métiers. 0 fr. 30





**TECHNOLOGIE COMMERCIALE : Cours de Marchandises**  
par P. MEYRAT. — Vol. 19/13<sup>cm</sup>, brochés :

- 1<sup>er</sup> fascicule : Métaux. — Vol. de 212 pages, avec 50 figures. 2 fr  
2<sup>e</sup> fascicule : Produits chimiques. — Engrais. — Explosifs.  
Vol. de 368 pages, avec 73 figures . . . . . 3 fr  
3<sup>e</sup> fascicule : Matériaux de Construction. — Céramique.  
Verrerie. — Pierres fines — Bois. — Combustibles.  
Vol. de 360 pages, avec 163 figures . . . . . 3 fr

Les trois derniers fascicules sont en préparation.

Dans ce *Cours de Marchandises*, les produits sont étudiés au point de vue leur origine, de leurs caractères distinctifs, de leurs qualités, de leurs variétés circulant dans le commerce, des causes d'altérations, des modes de conservation, des falsifications et des moyens de les reconnaître, des importations, des exportations, des emballages spéciaux. On y a multiplié les figures et les cartes nombreux tableaux statistiques portent les chiffres les plus récents ; des lectures ajoutées à la suite de certains chapitres complètent, égaient même l'exposé leçons.

**L'ÉDUCATION PHYSIQUE RAISONNÉE**, par G. HÉBERT. — 1<sup>er</sup> volume 25/16<sup>cm</sup>, illustré de 111 gravures ou photographies. 3 fr

Développer harmonieusement les diverses parties du corps, assurer le fonctionnement régulier de nos organes suivant l'importance relative que leur est leur rôle physiologique, tel est le but auquel M. Hébert nous permet d'arriver une méthode à la portée de tous, des hommes de sport, des sédentaires, des jeunes et des hommes mûrs. On obtiendra ces effets sans recourir à des appareils coûteux et compliqués qui présentent souvent des inconvénients ou des dangers. On les demandera à des séries de mouvements simples, faciles à apprendre, à exécuter partout, sans aucun accessoire.

**LA VIE ET LA SANTÉ**, par E. CAUSTIER, professeur agrégé au Lycée Saint-Louis, lauréat de l'Institut. — Volume 19/13<sup>cm</sup>, illustré ; broché 3 fr. 50. — Relié cuir rouge, souple, 5 francs.

Cet ouvrage constitue, pour la famille, un manuel que jeunes et grands pourront souvent feuilleter avec fruit : toutes les notions biologiques sur lesquelles s'appuie l'hygiène moderne y sont exposées simplement, à côté des données scientifiques indispensables à l'homme pour assurer son alimentation, augmenter son bien-être et tirer le meilleur parti possible des productions naturelles. C'est un livre de lecture intéressante qui comporte de précieux enseignements pratiques.

**LES FLEURS EXPLIQUÉES. Étude sommaire de 100 Plantes communes partout**, par H. COUIN, docteur ès sciences. — Un vol. 22/14<sup>cm</sup> orné de 387 jolies gravures pouvant être coloriées . . . . . 1 fr

Cet ouvrage, qui s'adresse surtout aux jeunes gens, filles et garçons, est d'une manière remarquablement attrayante et scientifique la manière de « découvrir » les fleurs les plus communes, de les étudier, d'en connaître l'architecture si variée ; rien n'est plus apte à faire aimer la Botanique et à permettre d'apprendre sans la moindre fatigue. C'est un livre qui, pendant l'année scolaire, a sa place marquée sur le bureau de tous les élèves ; ceux-ci auront également toujours grand plaisir à le consulter en villégiature à la campagne.

**LES GRAINES EXPLIQUÉES. Exercices d'observation sur les semences les plus communes et leurs germinations**, par H. COUIN. — vol. 22/14<sup>cm</sup> illustré . . . . . (Sous presse)

Bar-le-Duc. — Imprimerie Comte-Jacquet, FACDOUËL, Dir.