

gisements nouveaux, des progrès réalisés dans l'exploitation, les procédés de traitement et les usages des substances minérales et des métaux, elle fait l'objet d'une série de monographies dues à la plume de spécialistes et traitées avec tout le développement désirable.

En annexe, on trouve une *Revue de la bibliographie des gisements minéraux*, par J.-F. KEMP, professeur de géologie à l'Université de Columbia; un mémoire sur la *Prise d'échantillons et l'essai des minerais*, par F. COLCORD, chimiste des Usines Maurer, à New-York, enfin un mémoire de R.-H. Richards, professeur d'exploitation des mines, à Boston, sur la *Préparation mécanique des minerais pendant la dernière décade*. Cet important travail accompagné de nombreux plans et croquis peut être considéré comme le complément du traité bien connu du même auteur. L. D.

#### Annuaire du Comité des Forges de France, édition 1907-1908. —

En vente : 63, boulevard Haussmann, à Paris, au Comité des Forges. — Prix à Paris, pris dans les bureaux du Comité : 10 fr.; envoi à domicile, fr. 10-25. — Prix en province (frais d'envoi compris) : Fr. 10-65; à l'étranger, fr. 11-30.

Cet ouvrage contient des répertoires de distribution géographique et de classification, par nature de leurs produits, des principaux établissements sidérurgiques français, ainsi qu'une notice descriptive sur chacun d'eux. Il donne en outre la composition des principales Chambres syndicales de la Sidérurgie et de la Construction, et reproduit des documents statistiques sur la production et le commerce extérieur, au point de vue sidérurgique, de la France, de l'Allemagne, de la Belgique, de la Grande-Bretagne et des Etats-Unis. Enfin, il donne, dans ses deux dernières parties, des indications sur les Ministères du Commerce, du Travail et des Travaux publics, et un aperçu détaillé de la Législation ouvrière.

## RAPPORTS ADMINISTRATIFS

### EXTRAIT D'UN RAPPORT

M. A. MARCETTE

Ingénieur en chef Directeur du 1<sup>er</sup> arrondissement des Mines, à Mons

#### SUR LES TRAVAUX DU 2<sup>me</sup> SEMESTRE 1906

*Charbonnage de Buisson à Hornu; puits n° 2. — Installation d'une pompe souterraine à air comprimé.*

M. l'Ingénieur **E. Lemaire** a rédigé une intéressante notice sur l'installation d'une pompe souterraine à air comprimé, à l'étage de 660 mètres du puits n° 2 du Charbonnage de Buisson; cette notice contient des renseignements qui seront utiles à nombre d'exploitants; aussi je crois devoir la reproduire in-extenso :

« Le Société anonyme des mines de houille du Grand-Buisson à Hornu, a remplacé dernièrement par une pompe souterraine mue par l'air comprimé, la pompe à maîtresse-tige qui faisait l'exhaure des trois sièges de sa concession. Malgré les avantages que présente son emploi dans les travaux souterrains, l'air comprimé a rarement été utilisé pour un épuisement d'une certaine importance, en raison de son faible rendement comme moyen de transmission de l'énergie. Il est intéressant, pour ce motif, de décrire l'application qui vient d'en être faite et de faire connaître les résultats obtenus.

» *Pompeuse.* — La nouvelle pompeuse, construite par la Société anonyme des Ateliers de la Meuse, à Sclessin, est installée à l'étage de 660 mètres du puits n° 2. Elle peut refouler 625 litres d'eau par minute à une hauteur de 670 mètres, ce qui correspond à un travail utile de 100 chevaux en eau élevée.

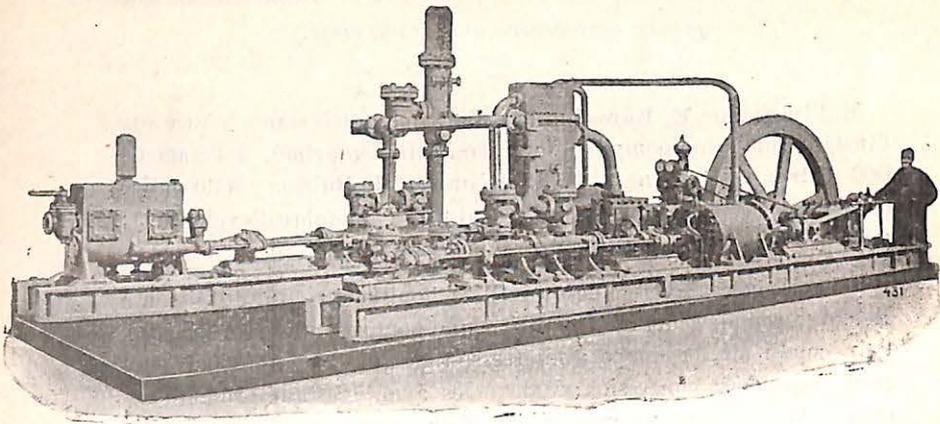
» Elle se compose de deux cylindres aéro-moteurs horizontaux, disposés parallèlement, fonctionnant en compound et actionnant chacun deux pompes à simple effet à piston plongeur placées dans le prolongement l'une de l'autre.

» Les dimensions principales sont les suivantes :

» Diamètre du cylindre aéromoteur HP . . .	0 <sup>m</sup> 525
» Id. id. id. BP . . .	0 <sup>m</sup> 800
» Id. des plongeurs. . . . .	0 <sup>m</sup> 073
» Course commune des pistons . . . . .	0 <sup>m</sup> 600

» La distribution du cylindre à haute pression est du système Meyer ; celle du cylindre à basse pression se fait par tiroir simple.

» On remédie au refroidissement de l'air dans les cylindres aéromoteurs par une circulation d'eau autour de ceux-ci ainsi que dans les fonds et les couvercles. Pendant son passage d'un cylindre à l'autre, l'air se réchauffe, en outre, au contact d'un faisceau tubulaire placé dans le réservoir intermédiaire et parcouru par l'eau de la mine.

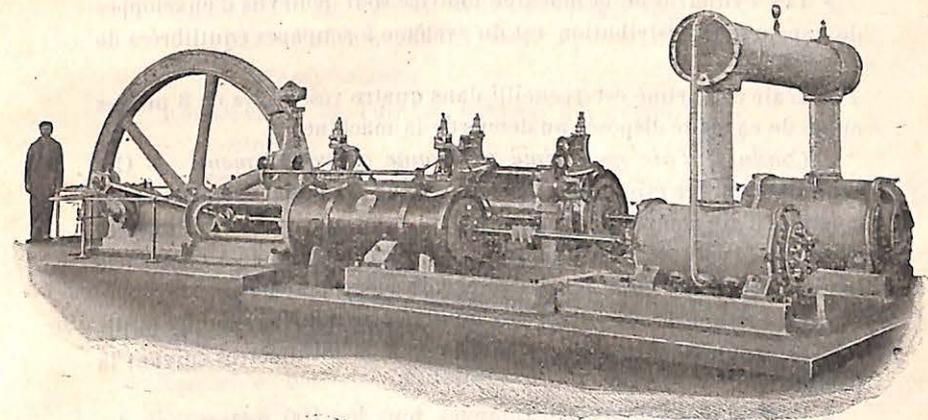


Une pompe de circulation, commandée par le cylindre à basse pression, prend l'eau de la mine dans les burghets et l'amène en charge à l'aspiration des pompes foulantes à travers le faisceau tubulaire du réservoir intermédiaire et les enveloppes des cylindres aéromoteurs. L'excès d'eau fourni par cette pompe, dont le piston a un diamètre de 0<sup>m</sup>25, retourne dans les burghets.

» Deux petits compresseurs d'air disposés de part et d'autre de la pompe de circulation, alimentent la cloche à air de la colonne de refoulement. Une conduite branchée sur cette colonne permet de remplir d'eau la pompe de circulation qui s'amorce ainsi dès le premier tour de la machine. La venue d'eau journalière est de 400 mètres cubes.

» La pompeuse toute entière est montée sur une charpente en acier formée de quatre longerons, qui a pour but de parer aux mouvements de terrain. Elle est installée dans une chambre maçonnée de 13<sup>m</sup>80 de longueur, 4<sup>m</sup>20 de largeur et 3<sup>m</sup>75 de hauteur sous la clef de voûte en plein cintre. Cette chambre a été creusée à 100 mètres du puits d'extraction, dans les quérilles d'une layette recoupée par le bouveau midi principal.

» *Compresseur.* — L'air comprimé est fourni à une pression qui peut atteindre 6 atmosphères, par un compresseur sec Compound dont les deux cylindres horizontaux, disposés parallèlement, sont attelés en tandem sur les deux cylindres d'une machine à vapeur Compound elle-même et à condensation.



» Les dimensions principales du compresseur et de son moteur sont les suivantes :

Diamètre du cylindre à vapeur HP . . . . .	0 <sup>m</sup> 500
Id. id. id. BP . . . . .	0 <sup>m</sup> 800
Id. id. à air BP . . . . .	0 <sup>m</sup> 675
Id. id. id. HP . . . . .	0 <sup>m</sup> 410
Course commune des pistons . . . . .	1 <sup>m</sup> 000
Nombre de tours par minute . . . . .	75

» Le volume engendré par le cylindre à air à basse pression est de 53 m<sup>3</sup> 677 par minute. L'aspiration et le refoulement de l'air se font par des clapets multiples disposés sur les fonds des

cylindres. Le grand cylindre est pourvu, sur chacun de ses fonds, de douze soupapes d'aspiration et de neuf soupapes de refoulement; les fonds du cylindre à haute pression sont pourvus chacun de six soupapes de refoulement.

» La conduite d'aspiration puisse l'air dans une chambre contiguë à la salle des machines et dans laquelle la température est moins élevée que dans cette dernière.

» Le seul moyen de refroidissement appliqué aux cylindres compresseurs, consiste en une circulation d'eau autour de ceux-ci. Les fonds ne sont pas refroidis. L'air comprimé sortant du cylindre à basse pression est évacué dans un réservoir intermédiaire placé transversalement au dessus des cylindres compresseurs et se refroidit au contact d'un faisceau tubulaire parcouru par un courant d'eau.

» Les cylindres de la machine motrice sont pourvus d'enveloppes de vapeur. La distribution est du système à soupapes équilibrées de « La Meuse ».

» L'air comprimé est recueilli dans quatre réservoirs de 8 mètres cubes de capacité disposés au dessus de la machine.

» *Conduite d'air comprimé et colonne de refoulement.* — Ces conduites, en fer étiré, sont installées dans le puits d'extraction. La conduite d'air comprimé a un diamètre extérieur de 150 millimètres et une épaisseur de 3 millimètres. Elle est interrompue à l'entrée de la chambre souterraine par un réservoir séparateur d'eau.

» La colonne de refoulement a un diamètre intérieur de 100 millimètres et une épaisseur variant de 3 à 8 millimètres suivant la profondeur.

» Ces colonnes sont interrompues tous les 100 mètres par des boîtes de dilatation.

» *Résultats d'expériences.* — Des essais ont été effectués sur cette installation en vue de déterminer la consommation de vapeur par cheval-heure en eau élevée. Les éléments suivants ont été recueillis :

Durée nette de l'essai . . . . .	4 heures
Quantité d'eau introduite dans la chaudière pendant l'essai . . . . .	6868 kilos
Perte par condensation dans la conduite d'amenée de la vapeur . . . . .	148 »
Entraînement d'eau . . . . .	472 »
Correction pour différence de niveau dans la chaudière entre le commencement et la fin de l'essai . . . . .	100 »

Consommation nette d'eau pendant l'essai . . . . .	6148 kilos
Soit par heure . . . . .	1537 »
Température de l'eau d'alimentation . . . . .	23° C.
Consommation de charbon tout-venant à 12% de cendres pendant l'essai . . . . .	860 kilos

*Moteur à vapeur :*

Nombre de tours par minute . . . . .	69.33
Pression de la vapeur à l'admission . . . . .	7 $\frac{3}{4}$ atm.
Pression au réceiver . . . . .	0.15 »
Degré de vide au condenseur . . . . .	68 $\frac{1}{2}$
Condensation de vapeur dans l'enveloppe du grand cylindre pendant l'essai . . . . .	290 kilos
Condensation de vapeur dans l'enveloppe du petit cylindre pendant l'essai . . . . .	110 »

*Compresseur :*

Température de l'air à l'entrée du grand cylindre . . . . .	21° C.
Température à la fin de la 1 <sup>re</sup> compression . . . . .	129° C.
Id. à l'entrée du petit cylindre . . . . .	60° C.
Id. à la fin de la 2 <sup>e</sup> compression . . . . .	95° C.
Pression effective de l'air au receiver . . . . .	2.15 atm.
Id. dans les réservoirs à air . . . . .	4 atm.

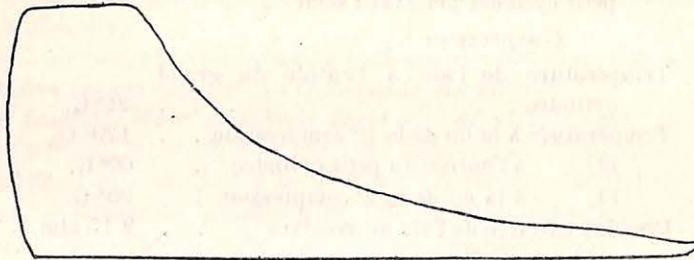
*Pompeuse :*

Nombre de tours par minutes . . . . .	57.04
Pression effective de l'air à l'assécheur du fond . . . . .	3.7 atm.
Id. à la chapelle du petit cylindre . . . . .	3.65 atm.
Id. au receiver . . . . .	0.7 atm.
Température de l'air à l'entrée du petit cylindre . . . . .	13° C.
Température après la première détente . . . . .	— 10° C.
Id. à l'entrée du grand cylindre . . . . .	12° C.
Id. après la deuxième détente . . . . .	— 11° C.
Température de l'eau de circulation :	
1° dans les burghets . . . . .	21° C.
2° à l'aspiration des pompes . . . . .	20° C.
Volume d'eau refoulé en une heure . . . . .	34m <sup>3</sup> 447
Hauteur totale de refoulement . . . . .	670 m.
Pression au manomètre de la cloche à air . . . . .	65 atm.
Travail utile en eau élevée . . . . .	85.5 ch.

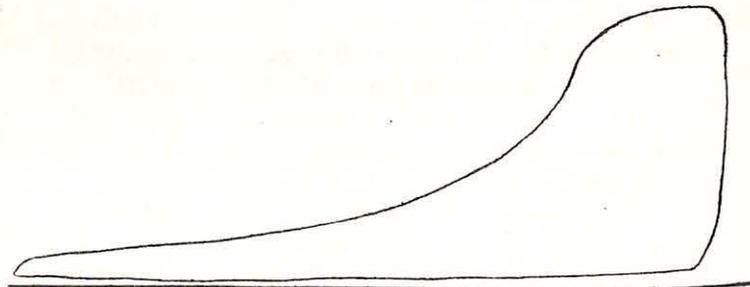
Consommation de charbon par cheval utile,  
 eau élevée . . . . . 2<sup>h</sup>5  
 Consommation de vapeur par cheval utile,  
 eau élevée . . . . . 17<sup>h</sup>976

**Examen des résultats obtenus.**

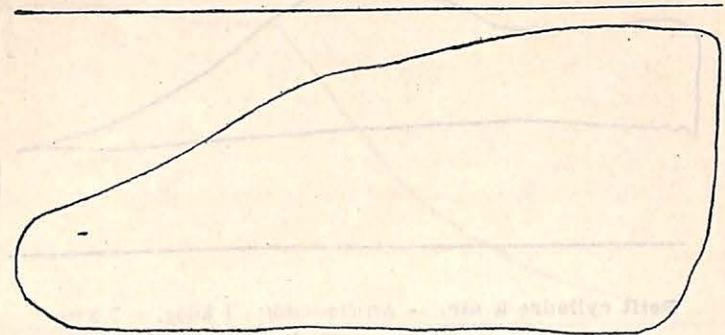
» *Moteur à vapeur.* — Mesuré sur les diagrammes relevés pendant l'essai, le travail indiqué de la machine motrice est de 8461 kilogrammètres par course.



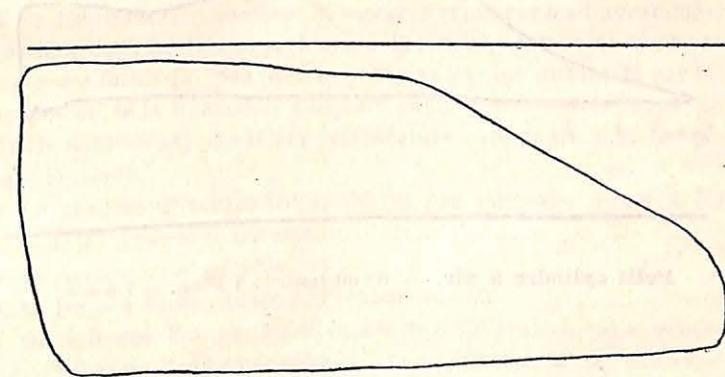
Petit cylindre à vapeur. — Avant-ressort : 1 kilog. = 5.5 m/m.



Petit cylindre à vapeur. — Arrière-ressort : 1 kilog. = 5.5 m/m.



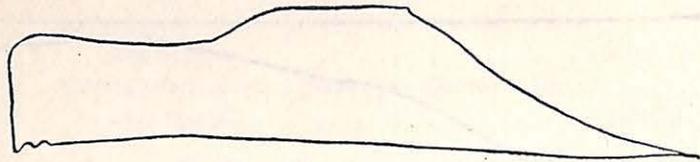
Grand cylindre à vapeur. — Arrière-ressort : 1 kilog. : 51 m/m.



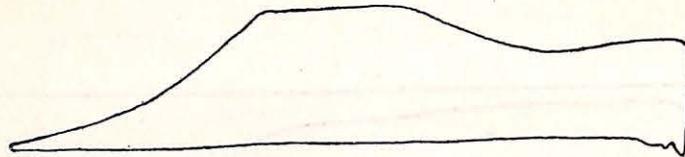
Grand cylindre à vapeur. — Avant-ressort : 1 kilog. = 51 m/m.

» L'examen de ces diagrammes permet de se rendre compte du haut degré de perfectionnement du système de distribution par soupapes équilibrées de « La Meuse ».

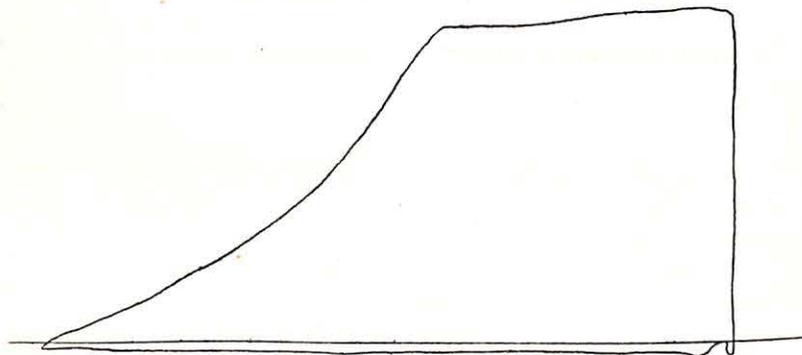
» *Compresseur.* — D'après les diagrammes, le rendement volumétrique du compresseur, c'est-à-dire le rapport du volume d'air (ramené à la pression atmosphérique et à la température ambiante) débité par coup de piston au volume géométrique engendré par le piston pendant une course est de 98 %.



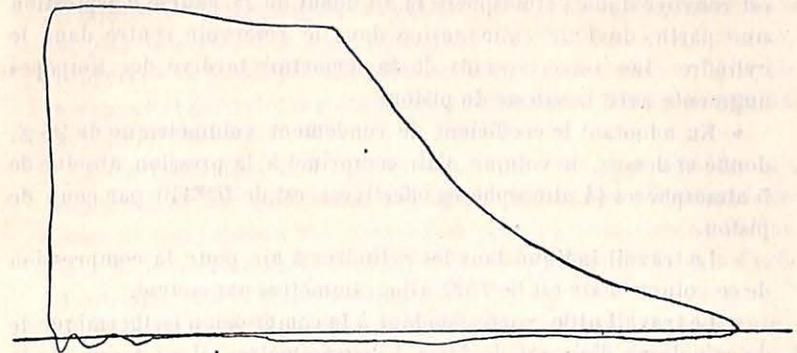
Petit cylindre à air. — Arrière-ressort : 1 kilog. = 7.5 m/m.



Petit cylindre à air. — Avant-ressort : 1 kilog. = 7.5 m/m.



Grand cylindre à air. — Arrière-ressort : 1 kilog. = 19.2 m/m.



Grand cylindre à air. — Avant-ressort : 1 kilog. = 19.2 m/m.

» En déduisant ce rendement de mesures prises sur les diagrammes, on obtient des résultats supérieurs à la réalité, car on ne tient pas compte des fuites qui peuvent se produire par les pistons et par les soupapes et de la dilatation que l'air subit à son entrée dans un cylindre dont les parois ont une température supérieure à la température ambiante.

» Le rendement volumétrique obtenu par jaugeage direct a été trouvé de 95 % par le constructeur.

» Ce rendement élevé provient :

» 1° Du peu d'importance de l'espace nuisible.

» On sait que l'espace nuisible affecte défavorablement le rendement volumétrique du compresseur, car au début de la course d'aspiration l'air comprimé dans l'espace nuisible se détend et les soupapes d'admission ne peuvent s'ouvrir que quand la détente de cet air l'a ramené à la pression atmosphérique.

» Sur les diagrammes ci-dessus, la courbe de détente de l'air comprimé dans l'espace nuisible n'est pas appréciable, ce qui montre que cet espace est réduit à un minimum.

» 2° De l'emploi de la compression étagée. La compression étagée diminue l'influence de l'espace nuisible par suite de la réduction du rapport de compression pour chaque cylindre ;

» 3° De l'emploi par l'aspiration et le refoulement de clapets multiples de faible levée et de faible masse. Les soupapes lourdes et à grande levée se ferment tardivement en sorte qu'au début de la course de compression une partie de l'air contenu dans le cylindre

est renvoyé dans l'atmosphère et au début de la course d'aspiration une partie de l'air emmagasiné dans le réservoir rentre dans le cylindre. Les inconvénients de la fermeture tardive des soupapes augmente avec la vitesse du piston.

» En adoptant le coefficient de rendement volumétrique de 95 %, donné ci-dessus, le volume d'air comprimé à la pression absolue de 5 atmosphères (4 atmosphères effectives) est de 0<sup>m</sup>340 par coup de piston.

» Le travail indiqué dans les cylindres à air pour la compression de ce volume d'air est de 7527 kilogrammètres par course.

» Le travail utile, correspondant à la compression isothermique de ce volume d'air est de 5654 kilogrammètres ; il est donné par la formule :

$$T = 10333 P_0 \times V \times \log. \text{hyp.} \frac{P}{P_0} =$$

$$10333 \times 1 \times 0.340 \log. \text{hyp.} 5/1 = 10333 \times 1 \times 0.340$$

$$\times 2,3026 \log. 5 = 5654 \text{ kilogrammètres.}$$

» Le rendement du compresseur, c'est-à-dire le rapport du travail utile de la compression au travail indiqué dans les cylindres à air, est de :

$$\frac{5654}{7527} = 75 \%$$

Son rendement organique, c'est-à-dire le rapport du travail indiqué dans les cylindres à air au travail indiqué dans les cylindres à vapeur est de :

$$\frac{7527}{8461} = 89 \%$$

» Son rendement dynamique, c'est-à-dire le rapport du travail utile correspondant à la compression isothermique au travail indiqué dans les cylindres à vapeur est de

$$\frac{5654}{8461} = 67 \%$$

» Quand on utilise des aéromoteurs à détente complète le travail que l'on peut retirer de l'air comprimé correspond au travail de

compression isothermique. Le rendement dynamique est dans ce cas le plus intéressant à considérer pour l'industriel, car il donne le rapport de la puissance utilisable au travail à fournir par le moteur à vapeur et permet par suite de fixer la dépense à faire pour atteindre le résultat cherché.

» Ce rendement de 67 % est celui que l'on peut attendre d'un compresseur sec Compound bien construit. Il est très satisfaisant pour un compresseur sec, c'est-à-dire pour un compresseur où l'on a sacrifié les avantages de l'injection d'eau à la simplicité, à la facilité d'entretien et à la sécurité de service.

» Quand on se sert d'aéromoteurs fonctionnant sans détente, le travail que peut fournir l'air comprimé est donné par le produit du débit par la pression. Il est intéressant dans ce cas de connaître le volume d'air comprimé que le compresseur peut fournir par cheval-heure indiqué dans les cylindres à vapeur, ainsi que la force en chevaux indiqués du moteur à vapeur, capable de fournir par minute un mètre cube d'air comprimé.

Dans le cas actuel, le volume d'air comprimé à la pression absolue de 5 atmosphères (évalué à la pression atmosphérique) que le compresseur peut fournir par cheval-heure indiqué dans les cylindres à vapeur est de 10.8 mètres cubes.

» La force en chevaux capable de fournir par minute un mètre cube d'air comprimé à la pression de 5 atmosphères absolue est de 28 chevaux.

» L'accroissement proportionnel de la dépense de travail dû à l'échauffement de l'air et aux étranglements, à l'aspiration et au refoulement, est de

$$\frac{7527 - 5654}{5654} = 33 \%$$

» L'accroissement proportionnel de la dépense de travail dû aux frottements et résistances accessoires est de

$$\frac{8461 - 7527}{7527} = 11 \%$$

» *Aéromoteur et conduite d'air comprimé.* — Le travail disponible à l'origine de la canalisation qui conduit l'air comprimé à

l'aéromoteur est mesuré par le travail isothermique de la compression qui est par seconde de

$$\frac{2 \times 5654 \times 69.33}{60} = 13066 \text{ kilogrammètres.}$$

» Le travail indiqué dans le cylindre de l'aéromoteur est par seconde de

$$\frac{2 \times 4570 \times 57.04}{60} = 8689 \text{ kilogrammètres.}$$

» Le rendement global de la conduite et de l'aéromoteur, c'est-à-dire le rapport du travail indiqué dans les cylindres aéromoteurs au travail théorique disponible à l'origine de la conduite est de

$$\frac{8689}{13066} = 66 \%$$

» Le rapport du travail indiqué dans les cylindres aéromoteurs au travail indiqué dans les cylindres à vapeur est de

$$\frac{8689}{19553} = 45 \%$$

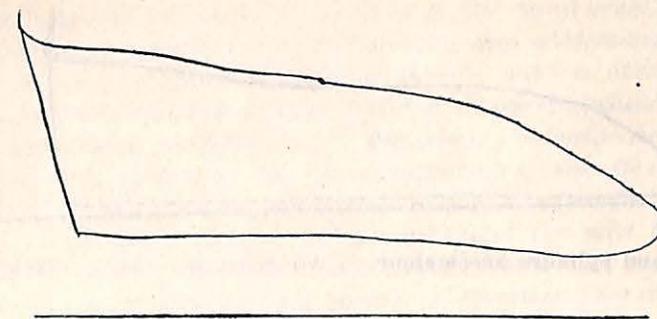
» Le rendement de la pompeuse, c'est-à-dire le rapport du travail en eau élevée au travail indiqué dans les cylindres de l'aéromoteur est de

$$\frac{6405}{8689} = 74 \%$$

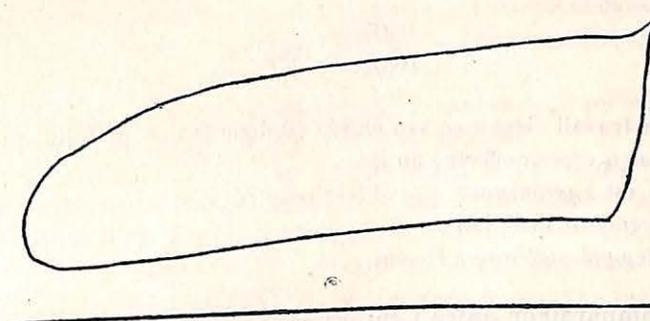
» Ce coefficient nous autorise à évaluer à 0.90 environ le rendement organique de l'aéromoteur seul, c'est-à-dire le rapport du travail indiqué au travail disponible sur l'arbre.

» L'effet utile général de l'installation d'air comprimé, c'est-à-dire le rapport du travail disponible sur l'arbre de l'aéromoteur au travail indiqué dans les cylindres du moteur à vapeur est donc finalement de

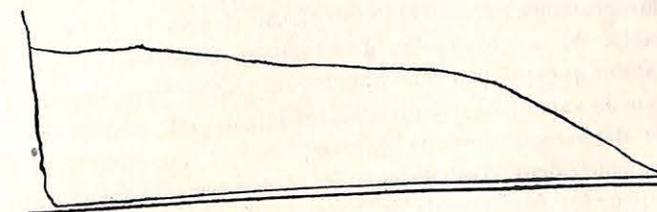
$$0.45 \times 0.90 = 40 \%$$



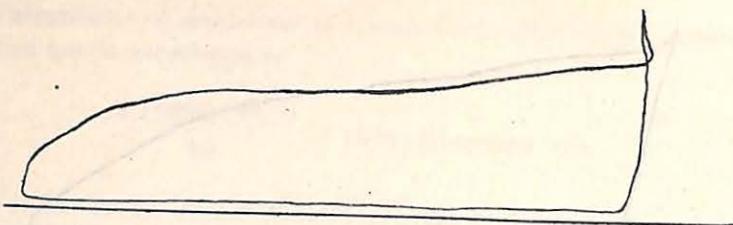
Petit cylindre aéromoteur. — Avant-ressort : 1 kilog. = 9.8 m/m.



Petit cylindre aéromoteur. — Arrière-ressort : 1 kilog. = 9.8 m/m.



Grand cylindre aéromoteur. — Avant-ressort : 1 kilog. = 23 m/m.



Grand cylindre aéromoteur. — Arrière-ressort : 1 kilog. = 23 m/m.

» Cet effet utile général de 40 % est très satisfaisant pour une installation à air comprimé.

» Enfin le rapport du travail utile en eau élevée au travail indiqué dans les cylindres à vapeur, c'est à-dire le rendement mécanique de l'installation d'épuisement est de

$$\frac{6405}{19553} = 33 \%$$

» Le travail obtenu en eau élevée est donc le tiers de celui que la machine à vapeur effectue au jour.

» Il est à remarquer que ce très beau résultat a été obtenu avec une première installation, il est donc à prévoir qu'il pourra être sensiblement amélioré à l'avenir.

#### Comparaison entre l'épuisement par l'air comprimé et l'épuisement par la vapeur.

» Ainsi qu'on vient de le voir, le rendement mécanique total de l'installation d'épuisement à air comprimé du Charbonnage du Buisson est de 33 %, correspondant à une dépense de vapeur saturée de 18 kilogrammes par cheval-heure en eau élevée.

L'emploi de la surchauffe, qui s'impose actuellement pour les installations quelque peu conséquentes et dont on peut attendre une économie de vapeur d'environ 20 %, réduirait cette consommation à 14<sup>k5</sup> et dans ces conditions les pompes à air comprimé bien étudiées pourraient rivaliser avec les pompes à vapeur, tout au moins pour les épuisements de moyenne importance et à grande profondeur.

» On évalue généralement à 11 ou 12 kilog. par cheval heure en eau élevée, la consommation de vapeur des pompes souterraines à vapeur de moyenne puissance; mais ce résultat que l'on obtient pour une marche continue avec des machines Compound installées à des profondeurs moyennes (350 à 400 mètres) et fonctionnant dans de bonnes conditions, est souvent largement dépassé. Quand l'épuisement ne dure qu'une partie de la journée, la consommation de vapeur par cheval utile augmente notablement par suite des condensations qui se produisent dans la conduite pendant les temps d'arrêt ou au moment de la mise en marche. L'importance des condensations dans la conduite croît avec la profondeur. La quantité de vapeur à consommer par kilogramme d'eau à refouler à la surface augmente également avec la profondeur et il arrive un moment où la quantité d'eau dont on dispose devient insuffisante pour condenser cette vapeur, ce qui nuit au bon fonctionnement des condenseurs et à la marche économique de la machine.

» Les tuyauteries et les appareils à vapeur entretiennent dans les puits, galeries et chambres souterraines une chaleur humide parfois intolérable, qui est très préjudiciable à leur conservation.

» L'enveloppe calorifuge de la conduite de vapeur exige un entretien continu et laisse souvent à désirer pour ce motif.

» Ces inconvénients disparaissent avec l'emploi de l'air comprimé. Les tuyauteries peuvent être installées sans inconvénient dans les puits d'extraction où elles sont mieux surveillées. Les chambres souterraines ne doivent plus être établies dans le voisinage immédiat des puits mais peuvent être creusées à l'endroit que l'on juge le plus favorable.

» Si l'on tient compte, en outre, des avantages qu'une installation d'air comprimé procure au point de vue de l'exploitation, on peut préférer l'air comprimé à la vapeur pour un épuisement à grande profondeur et qui ne doit durer qu'une partie de la journée. »