

LA
CONDENSATION CENTRALE

PAR

F. TILMAN-DEJAER

Ingénieur à Bruxelles.

[621115]

De tous les progrès réalisés jusqu'à ce jour, en vue d'économiser le combustible, — qui, dans la grande industrie, figure au détail du prix de revient, dans une proportion relativement notable —, la condensation centrale est certes un des plus grands. Ces installations accompagnent parfois l'emploi de la vapeur à haute pression et de la surchauffe, ainsi que la concentration de force des moteurs, pour bénéficier sur le rendement de ceux-ci.

Rien d'étonnant à ce que cette question soit à l'ordre du jour, non-seulement dans les nouvelles installations, mais aussi pour les anciennes; elle mérite, en effet, dans ces deux cas, toute la bienveillance due à un grand progrès.

Certains producteurs de charbon ont déjà fait l'application de la condensation centrale, surtout en Allemagne, malgré les difficultés réelles qui résident surtout dans les grandes variations de consommation de vapeur.

Au début, on s'en est tenu à un ensemble de moteurs à marche régulière et continue.

Le problème, dans ce cas, se résume à la question d'un moteur très puissant pourvu d'un condenseur. Celui-ci, qu'il soit à mélange ou à surface, se comporte alors à la façon ordinaire.

Si un ou plusieurs moteurs viennent, pour un motif quelconque, à être distraits de la condensation centrale, le machiniste préposé à ce service n'aura, pour marcher régulièrement, qu'à diminuer proportionnellement la venue d'eau, au moyen d'un robinet, si la variation est relativement peu sensible, et au besoin, ralentir la vitesse de la machine condensante, si la variation est importante.

De nos jours encore, il ne manque pas d'établissements industriels où la solution de ce problème trouverait une application avantageuse.

Parfois, on n'y attache pas une importance suffisante, parce que l'on ne se rend pas un compte exact des avantages ni des conditions de marche économique.

Certains industriels ont jugé bon de s'en dispenser par suite de l'emploi des hautes pressions; les calculs qui suivent montrent, à toute évidence, qu'il est possible de réaliser encore une notable économie de combustible.

Si T est le travail donné par une calorie,

t_1 la température initiale de la vapeur,

t_0 la température finale de la vapeur,

$\frac{1}{\alpha}$ l'équivalent mécanique de la chaleur soit 425 kilog.

$a + t_1$, étant la température absolue ($a = 273^\circ$).

on a :

$$T = \frac{1}{\alpha} \times \frac{t_1 - t_0}{a + t_1}.$$

Supposons un moteur fonctionnant dans de bonnes conditions et dans lequel la vapeur, à son entrée dans le cylindre, indique 6 atmosphères de tension, qui corres-

pondent à 160° environ, et prenons, dans le premier cas $t_0 = 100^\circ$ pour l'échappement de vapeur à l'air libre ; prenons, d'autre part, $t_0 = 60^\circ$, avec condenseur, ce qui correspond à un vide barométrique de 60 centimètres de mercure.

On a, dans le 1^{er} cas :

$$T = 425 \times \frac{180-100}{273+180} = 425 \times \frac{80}{453}$$

dans le second cas :

$$T_1 = 425 \times \frac{180-60}{273+180} = 425 \times \frac{120}{453}$$

Etablissons le rapport entre ces deux travaux et nous avons :

$$\frac{T}{T_1} = \frac{80}{120} = 0.66$$

Ce qui signifie que le travail de la calorie, dans le premier cas, n'est que les 0.66 de son travail dans le second.

Si, théoriquement, on fait une économie de 34 %, pratiquement, on peut compter sur 20 %.

Dans les moteurs à très haute pression dans le cylindre, il arrive parfois que l'importance de la surface du diagramme sous la ligne atmosphérique équivaut à la moitié et même aux 6/10 de celle du diagramme entier.

Il est à noter en plus que ce supplément de travail existe à peu près pendant toute la course du moteur.

C'est d'ailleurs une chose facile à constater au moyen de thermomètres, d'une part, et de diagrammes, d'autre part, relevés dans les deux conditions énoncées précédemment.

D'une façon générale, l'usage fréquent de ces expériences faites convenablement, rendrait de grands services, en

dénotant des défauts que l'on ne soupçonne même pas, ou d'autres dont on ne connaît pas l'importance.

La température, pour le condenseur, joue un rôle très important dans la question.

Beaucoup pensent que plus le vide est important et plus la marche est avantageuse, pratiquement, il n'en est pas ainsi au point de vue du rendement.

Pour fixer les idées, abaissons de 50 à 20 degrés, la température au condenseur, pour un moteur dont le travail correspond à une ordonnée moyenne au diagramme de 2 kilog. 5/10 par centimètre carré (soit 25,000 kilog. par mètre carré), pour 50° au condenseur.

Dans le premier cas, la dépression, en centimètres de mercure, est de 66.9 et dans le second cas, 74.3.

La contre-pression sur le piston, au moment de l'échappement, en se basant sur les chiffres des tensions exprimées en kilogrammes par mètre carré, par rapport aux températures ainsi qu'aux dépressions, en centimètres de mercure, se réduira de :

$$1251 - 236 = 915 \text{ kilogrammes par mètre carré.}$$

Ce qui, comparé aux 25,000 kilogrammes par mètre carré, représente moins de 5 % d'augmentation du travail moteur.

De ce gain, il faut naturellement déduire le travail développé par la pompe à air qui doit fournir une plus grande quantité d'eau refroidissante.

Pour faire concorder la lecture de la tension au condenseur avec celle des diagrammes, il conviendrait que le manomètre fût divisé en 100 parties au lieu de 76; on aurait ainsi directement la valeur % du vide absolu.

Le volume d'eau nécessaire à la condensation est chose assez délicate à déterminer.

M. Gruet, dans son ouvrage sur les moteurs pour dynamos paru en 1903, donne les formules suivantes :

Appelons V , le volume de vapeur par minute, exprimé en mètres cubes, sous la pression du moteur ;

S , la surface du piston de la machine ;

l , la course ;

N , le nombre de tours par minute.

Supposons, d'autre part, que la pression de la vapeur s'exerce des deux côtés du piston, avec une admission de $1/5$.

$$\text{On a} \quad V = S \times l \times N \times 2 \times 1/5.$$

A la pression de 7 atmosphères, le mètre cube de vapeur pèse 3 kilog. 77; ce qui donne, en kilogrammes de vapeur consommée par minute, un poids de :

$$P = V \times 3.77.$$

Le poids d'eau à injecter, par minute, est donné par la formule suivante :

$$Q = \frac{P (550 + T - T')}{(T' - t)}$$

où T est la température de la vapeur à l'entrée du condenseur, laquelle est d'environ 100° .

T' est la température de la vapeur à la sortie du condenseur : prenons d'abord $T' = 50^\circ$, puis $T' = 20^\circ$.

Prenons $t = 15^\circ$ pour l'eau destinée à la condensation.

Pour fixer les idées, prenons une consommation de 2400 kilogrammes de vapeur par heure à 6 atmosphères, soit 40 kilogrammes de vapeur par minute.

Le poids d'eau à injecter par minute, dans le premier cas, sera :

$$Q_1 = \frac{40(550 + 100 - 50)}{50 - 15} = 700 \text{ litres.}$$

Le volume d'eau consommé par le condenseur, par kilogramme de vapeur, est donc de 17 lit. 5.

Pour le second cas, on a :

$$Q_2 = \frac{40 (550 + 100 - 20)}{20 - 15} = 5040 \text{ litres}$$

ce qui correspond à 126 litres d'eau par kilogramme de vapeur à condenser.

En pratique, il importe d'être un peu large à cause des incertitudes qui règnent dans l'exactitude des températures.

Il peut arriver qu'il soit plus économique, même en disposant de l'eau en quantité suffisante, de ne pas employer la condensation : par exemple, s'il faut pomper cette eau d'une certaine profondeur.

C'est une chose à bien étudier, dans tous les détails.

M. Sohlm, dans le *Bulletin technologique* de l'an dernier, estime qu'il n'y a plus de bénéfice à la condensation, si on prend l'eau à la profondeur de 30 à 40 mètres.

Pour 8 à 10 mètres, il fixe, comme température au condenseur, 35 à 40°; pour 20 mètres, 50°.

Quand la profondeur est très faible, la pompe à air prend elle même son eau.

Il est à noter que si, d'une part, on diminue la contre-pression en donnant de plus grandes dimensions au condenseur, d'autre part, on augmente la résistance de la pompe à air.

Il conseille, en outre, de prendre la pompe à air capable de fournir un volume de 1/4 à 1/5 ou de 1/8 à 1/10 de celui engendré par le piston à vapeur, suivant qu'elle est à simple ou à double effet.

L'emploi judicieux de l'eau destinée à la condensation, joue également un grand rôle.

Actuellement, on n'utilise plus guère que le principe du contre courant, c'est-à-dire celui de l'arrivée de l'eau et de

la vapeur en sens opposés, à cause du plus grand rendement qu'il produit.

Dans cet ordre d'idées, on utilise, suivant les conditions industrielles, la condensation par injection ou mélange ou bien celle par surface.

La condensation par injection, comporte, comme l'on sait, un réservoir où se fait le mélange de la vapeur avec l'eau destinée à la condensation.

Une pompe à air qui communique avec ce réservoir, en extrait les produits, en y entretenant le vide. Le réservoir est parfois remplacé par une cloche d'injection; dans ce cas, la pompe à air est reliée à celle-ci par une conduite spéciale.

Cette disposition permet, en arrosant les parois métalliques de la cloche, d'obtenir une condensation encore plus énergique que dans le premier cas, sans dérangement aucun dans la marche de la condensation même.

Pour parer à l'éventualité du retour d'eau aux moteurs, il est fortement à recommander de placer un reniflard à flotteur qui produit automatiquement la chute du vide, au moyen d'un clapet de rentrée d'air, lorsque la cloche s'emplit trop d'eau.

Il existe, à la mine Hugo en Westphalie, une disposition ingénieuse de condensation dans l'installation d'une pompe souterraine Compound placée à 610 mètres de profondeur et dont le débit est de 144 mètres cubes à l'heure. (Voir planche I.)

P et *P'* sont des pompes à air à simple effet; leur commande se fait par le prolongement de la tige du cylindre à haute pression, au moyen d'un levier à équerre double *T*. La vapeur, après avoir travaillé dans le grand cylindre, se rend dans la cloche d'injection *C* par une conduite spéciale *V*.

La colonne d'aspiration *A*, qui plonge dans le puisard,

lance l'eau dans la cloche à injection, au moyen d'une crépine.

La pompe à air reprend cette eau pour l'amener dans un réservoir spécial *B* situé dans les fondations de la machine d'où les pompes foulantes l'envoient directement au jour.

En vue d'éviter le désarmorage des pompes, les pompes à air prennent un excédent d'eau qui retourne au puisard.

Ce moteur fonctionne dans de bonnes conditions de condensation, bien que la distance de l'exhaure au-dessus du niveau des tenues d'eau soit supérieure à six mètres.

Cette disposition évite l'inondation du moteur en cas de venue d'eau subite.

L'ingénieur suisse Weiss, dans la revue *Stahl und Eisen*, donne la description de son condenseur, qui, outre ses dispositions bien combinées, emploie une pompe à air sec. Ce condenseur est à mélange et à contre courant, seulement il ne convient que pour une marche et une puissance régulières.

Pour beaucoup d'industries, au contraire, il importe d'avoir un condenseur capable d'une certaine élasticité de fonctionnement. Le condenseur à grande capacité résoud assez bien ce problème.

Une pompe placée dans les fondations, refoule l'eau dans un réservoir placé à une certaine hauteur au-dessus du niveau du sol. Au moyen du vide produit dans le condenseur, cette eau arrive à la partie supérieure du condenseur, lequel se compose d'un dôme renfermant des chicanes, puis d'un corps de chaudière un peu incliné, où il se trouve des barrages, d'où l'eau tombe en cascades pour retourner à un puisard par une colonne placée à l'extrémité inférieure. La vapeur suit la marche inverse de l'eau.

La partie inférieure de ce condenseur, souvent appelé « condenseur barométrique », ne doit pas être trop surélevée au-dessus du plan d'eau; en tous cas, cette hauteur doit être

inférieure à dix mètres. Une pompe à air sec aspire l'air libre à la partie supérieure de l'appareil condensant. Pour que ceci se passe régulièrement, il faut que les proportions de l'appareil condensant soient telles, que toute la vapeur soit bien condensée. Il se différencie de celui de Weiss en ce que le condenseur décrit contient une quantité d'eau supplémentaire à la marche normale, laquelle joue le rôle de volant, tout en conservant sensiblement le degré de température que l'on a choisi pour la condensation.

On a résolu le problème de la condensation des moteurs à grande vitesse, au moyen d'un condenseur à mélange, indépendant de ces moteurs. Suivant l'importance du service, la commande du condenseur se fait par courroie avec prise de mouvement sur une transmission, ou bien, par une machine spéciale.

La Société Weyhen et Richmond a montré, à l'Exposition Universelle de 1900, un condenseur indépendant horizontal avec grande cloche d'injection et double pompe à air humide capable de desservir une installation de 3,000 chevaux-vapeur.

Dans les condenseurs à surface, la vapeur que l'on veut condenser au lieu d'être mélangée à l'eau, ainsi qu'on l'a vu précédemment, en est séparée par une enveloppe formée d'un métal bon conducteur de la chaleur.

Ce résultat peut s'obtenir de deux façons : avec une grande surface et peu d'eau ou inversement. Le temps de contact joue également un grand rôle.

M. Audenet, dans son traité sur les machines marines, se sert de la formule suivante :

$$KSP = \frac{630 - t}{t - 0} (KS + P).$$

ou K est le coefficient de conductibilité correspondant

au nombre de calories que peut conduire un métal d'un millimètre d'épaisseur, par mètre carré et par heure, pour une variation de température d'un degré ;

P est le poids d'eau nécessaire par kilogramme de vapeur à condenser,

S, la surface réfrigérante,

O, la température de l'eau avant le condenseur,

et t , la température choisie pour l'eau condensée.

En pratique, on corrige toujours les résultats qui découlent des formules empiriques, à cause de l'incertitude qui plane sur celles-ci.

Aussi, estime-t-on cette quantité d'eau à 45 ou 50 litres par kilogramme de vapeur qui va dans un condenseur tubulaire ordinaire. M. Bertin prend, comme base pour S par cheval indiqué, $1/10$ de mètre carré pour les machines marines très puissantes dont la consommation par cheval-heure est d'environ 6 kilogrammes de vapeur. Pour les cas ordinaires, il est bon de compter sur $1/5$ à $1/4$ de mètre carré pour S, par cheval indiqué.

Un condenseur à surface et à circulation fermée comprend, outre une caisse métallique, un ensemble de faisceaux tubulaires pour la circulation, soit de l'eau, soit de la vapeur.

Dans les condensations importantes, la pompe à air ordinaire se dédouble : l'une pour la circulation de l'eau, la seconde pour l'extraction de l'air et autres gaz incondensables.

Les eaux chaudes vont soit aux chaudières soit dans un réservoir, d'où une pompe alimentaire les reprend et les refoule aux générateurs de vapeur. La pompe pour la circulation d'eau est assez fréquemment centrifuge.

Comme condenseur, on emploie souvent le système à circulation d'eau extérieure, sans enveloppe.

En principe, ces appareils comprennent une ou plusieurs séries de tubes en métal conducteur placés horizontalement ou verticalement.

L'eau réfrigérante, amenée par un chenal placé à leur partie supérieure, se répand sur ceux-ci, en condensant la vapeur qui circule dans les tubes.

On donne à ceux-ci des formes qui présentent le plus de surface refroidissante possible. Aux tubes horizontaux, on donne souvent la forme en cœur avec le creux à la partie supérieure; aux tubes verticaux, on adapte des nervures et mieux encore des fils de fer en spirale démontables.

Dans les condensations centrales importantes, on augmente encore le refroidissement au moyen d'un courant d'air à tirage naturel et mieux encore, à tirage forcé.

Le condenseur tubulaire se trouve alors dans une tour. Dans le cas de tirage forcé, la perte d'eau due à l'évaporation est d'environ un dixième de la quantité d'eau réfrigérante.

Si ce système de condensation coûte plus cher de premier établissement et est plus compliqué que celui à mélange, il a, par contre, sur ce dernier bien des avantages, tels : l'alimentation des chaudières à vapeur avec de l'eau pure; une grande élasticité dans le fonctionnement à cause des grandes surfaces réfrigérantes; enfin, une diminution notable de la pompe à air.

Pour des tubes en fer de dix centimètres de diamètre, on évalue à un mètre carré la surface refroidissante par 35 kilogrammes de vapeur à condenser.

D'autre part, on estime qu'il faut 50 litres d'eau à 25° pour condenser un kilogramme de vapeur; si la température de l'eau est de 10°, 25 litres suffisent.

Dans certains cas de moteurs de faible et même de moyenne puissance, où il n'existe pas d'appareil condensant, pour ne pas compliquer l'installation ou par crainte

des frais ; on emploie très bien des condenseurs à injection sans charge d'eau, comme celui de Koërting. Dans cet appareil, l'arrivée de vapeur fraîche produit l'amorçage, lors de la mise en marche du condenseur.

Dans le cas d'eau en charge, c'est l'eau qui est motrice vis-à-vis de la vapeur d'échappement.

Dans ce genre d'installation, il est à recommander de placer ces appareils tout près du moteur à vapeur, d'éviter les coudes brusques et, enfin de les munir d'un clapet de retenue automatique placé entre le condenseur et le moteur, pour éviter l'eau au cylindre. Le moteur doit pouvoir fonctionner seul, en cas d'accident à l'injecteur.

Il existe des condensations très puissantes basées sur ce principe. Aux forges Maximilien, à Rosenberg, en Bavière, il y a neuf condenseurs desservant une puissance de 7000 chevaux vapeur.

On peut utiliser la vapeur d'échappement des moteurs dépourvus de condensation, pour faire agir un injecteur.

La vapeur d'échappement, à la pression atmosphérique, se précipite dans le vide sensiblement à la même vitesse, par seconde, que la vapeur, à sept atmosphères, dans l'air libre.

M. Fryer, à Rouen, construit de ces appareils du système Hamer, Metcalfet et Davies. Ils ressemblent en partie aux condenseurs à jets de vapeur indiqués précédemment.

Cet appareil se compose d'un corps en fonte renfermant, à sa partie supérieure, un tronc de cône fixe *a* dont la petite ouverture est tournée vers le bas. C'est dans ce cône que pénètre une partie de vapeur d'échappement ; au centre de *a*, se trouve une aiguille fixe *b*.

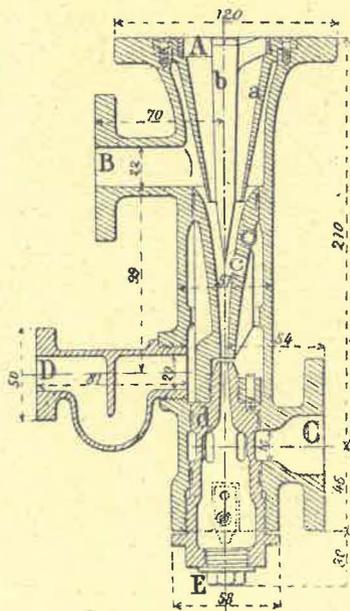
Par *B*, l'eau arrive dans l'appareil, passe entre le cône *a* et le cône mobile *c* et s'y mélange avec la vapeur d'échappement, en produisant le vide.

Le cône *c* porte un clapet à charnière qui s'ouvre automatiquement à la mise en route, alors que le vide n'existe pas encore.

L'eau s'échappe par un trop plein *D* en forme de siphon, et ainsi s'oppose aux rentrées d'air.

Le clapet, qui forme le brevet Hamer, se ferme lorsque le vide est établi.

L'eau devenue plus chaude, arrive dans une espèce de cloche *d* percée de lumières, par où l'eau arrive à la tubulure *C* et de là, se rend, par exemple, aux chaudières.



Avec ce dispositif, l'appareil se remet automatiquement en marche, après arrêt accidentel, du genre des machines d'extraction, de laminoirs, etc.

Le dispositif ci-joint représente l'injecteur pour chaudières fonctionnant à des pressions inférieures à 5 atmosphères.

Pendant l'arrêt du moteur, on peut au besoin, par une tuyauterie spéciale, faire marcher l'injecteur par de la

vapeur fraîche que l'on a fait détendre dans un réservoir à papillon.

M. Sohlm donne des chiffres très intéressants à ce sujet. Pour trouver la quantité de vapeur d'échappement utilisée par l'injecteur et par heure; il emploie la formule :

$$X = \frac{F \times G}{H}.$$

X est le nombre de kilogrammes de vapeur d'échappement utilisés, F le poids d'eau en kilogrammes.

G, la différence de température de l'eau à l'arrivée et à la sortie de l'appareil.

H, la chaleur prise par l'eau.

Pour fixer les idées, prenons un appareil injecteur débitant réellement 10 mètres cubes d'eau, par heure. Supposons que cette eau en réservoir soit à 20° et qu'elle soit refoulée en chaudières à 85°.

$$\text{On a : } X = \frac{10000 \times 65}{551} \approx 1180 \text{ kilog. environ.}$$

Dans ces conditions, la quantité d'eau qui servira à l'alimentation sera de 11,180 kilogrammes, d'où une économie d'eau.

Le nombre 1180 représente la quantité de vapeur d'échappement par heure qui rentre en chaudière, ce qui n'est pas à dédaigner.

Revenons-en aux condenseurs par surface. En vue d'augmenter le rendement de la condensation, il faut refroidir le plus possible l'eau devenue chaude au contact de la vapeur à condenser.

Le procédé le plus ordinaire est celui d'une tour à gradins, sur lesquels se trouvent des fascines mises à plat ou mieux, sous forme de balais suspendus.

L'eau refoulée à la partie supérieure, se répand sur celles-ci, pour retomber en pluie fine dans un réservoir cimenté sous cette tour.

Ce système n'est pas à conseiller dans les installations un peu importantes, à en juger par la surface nécessaire, laquelle est de 0^m232 par cheval-vapeur utilisé.

Pour augmenter l'effet de l'évaporation, on se sert assez souvent de pulvérisateurs munis d'un nombre de jets proportionné au résultat à obtenir.

Dans une industrie à marche régulière, la pression de ces pulvérisateurs peut être fournie directement par une des machines à une pompe centrifuge.

Dans les installations de condensations centrales importantes, chaque bassin est surmonté d'une tour fermée, pour éviter les déperditions d'eau dues à la vaporisation.

Pour 550 chevaux-vapeur, aux mines de Nœux, on a placé 312 tuyères sous la pression de 8 mètres d'eau; la force consommée est d'environ 1 % de la force des moteurs en marche.

Le réfrigérant Klein est composé d'un grand nombre de lattis en sapin, à claire-voie et placés verticalement, laissant entre eux 50 millimètres d'espace libre pour la circulation de l'air. L'eau chaude refoulée dans un réservoir situé à la partie supérieure de la tour, se déverse sur ces cadres en se refroidissant au contact de l'air qui s'élève dans la tour. Les eaux refroidies sont recueillies dans un bassin cimenté construit sous cette tour.

La *Revue mécanique de France*, de février 1899, cite la tour Barnard construite par la Maison Hermann Glaenzer, dont la caractéristique consiste en des toiles métalliques galvanisées disposées radialement.

Pour augmenter encore le rendement de ces appareils, on active la circulation de l'air par un ventilateur dont la

force s'élève à environ 3 p. c. de la puissance totale des moteurs.

Dans le *Glückauf* d'avril 1899, M. Eberle, ingénieur à Duisbourg, donne le tableau comparatif de l'encombrement superficiel exprimé en mètres carrés des différents appareils (pour les débits variant de 100 à 1,000 mètres cubes) et rapporté à un mètre cube à réfrigérer par heure.

DÉSIGNATION DES APPAREILS	Surface encombrante par mètre cube d'eau à refroidir par heure
1 ^o Réfrigérants à gradins à air libre	1m ² 20 à 1m ² 00
2 ^o Tour à ventilation naturelle	0 30 à 0 25
3 ^o Tour à ventilation forcée (ventilateur)	0 15 à 0 10
4 ^o Refroidisseur à tuyères de pulvérisation	1 50 à 1 00

En se basant sur : 1^o 30 litres d'eau à faire circuler dans le réfrigérant par kilogramme de vapeur, 2^o une hauteur d'élévation de 10 mètres, 3^o un rendement de 75 %, pour la pompe élévatrice, 4^o une consommation de 10 kilogrammes par cheval-heure, M. Sohni trouve, pour l'élévation de l'eau de condensation, que la puissance absorbée est de 1,5 %, soit 15 chevaux, pour une puissance effective de 1,000 chevaux, dans le cas d'une tour de refroidissement à tirage naturel.

Si, en outre, le réfrigérant est muni d'un ventilateur, dont le rendement est de 50 %, la proportion de force absorbée à cet effet monte à 3,7 % environ.

Pour obvier aux inconvénients dus à la présence des huiles et des graisses provenant des organes de distribution et des cylindres à vapeur, — lesquelles, sous l'influence de la température de l'eau dans les chaudières, se saponifient, en mettant en liberté des acides gras corrosifs, — on doit

éliminer ces huiles et ces graisses avant la réintégration de l'eau dans les générateurs à vapeur.

Parmi les moyens proposés, le meilleur est, sans contredit, celui où le dégraissage se fait avant l'arrivée au condenseur. On se sert, en principe, d'un appareil tout en métal où la séparation se fait grâce au choc violent de la vapeur contre des surfaces courbes.

L'emploi de tours avec coke, avec copeaux, voire même avec feutres ou éponges, est moins répandu.

M. Verrier, dans le bulletin technologique de 1896, a fait, à ce sujet, une publication très intéressante.

La Compagnie des mines de Bruay a procédé, il y a quelque temps déjà, à l'installation d'une condensation centrale à son siège n° 5. L'ensemble des moteurs comprend : deux compresseurs marchant chacun dix heures par jour et deux machines à marche continue, une machine électrique et un ventilateur.

Ces différents moteurs peuvent être reliés tous ensemble à la condensation ou débranchés isolément.

On a jugé prudent d'augmenter d'environ 10 % les calculs de la consommation de vapeur par minute, pour parer à toutes les éventualités ; aussi, les calculs ont-ils été établis sur 340 kilogrammes de vapeur par minute au lieu de 300 kilogrammes.

La machine condensante comprend deux moteurs à un cylindre actionnant chacun une pompe à air attelée en tandem.

Ces moteurs sont placés symétriquement par rapport à la cloche d'injection commune.

Les dimensions principales de l'installation condensante sont les suivantes :

Diamètre des cylindres à vapeur : 380 millimètres ;

Diamètre des pistons des pompes à air : 550 millimètres ;

Course commune des pistons : 700 millimètres ;

Nombre de tours maximum par minute : 65;
» » minimum » : 25;
Diamètre des volants : 3^m500;
Diamètre intérieur de la cloche : 1^m300;
Hauteur utile de cette cloche : 2^m350;
Diamètre des clapets d'aspiration et de refoulement :
100 ^m/_m;

Nombre de clapets de chaque sorte, à chacune des pompes à air, pour chacun des côtés : 36;

Nombre total des clapets : $36 \times 4 = 144$.

Les pompes à air sont à double effet avec chemise en bronze démontable.

Ces deux machines sont indépendantes l'une de l'autre, aussi l'élasticité de cette installation est-elle très grande. Son prix sans fondations a été de 44,000 francs.

Jusqu'à présent le problème est relativement simple et s'adapte déjà à un grand nombre d'établissements industriels.

Si, à ces données, on ajoute un facteur important variable, par exemple, une ou plusieurs machines d'extraction, le problème se complique fortement. L'industrie charbonnière, en France, possède, il est vrai, quelques installations de condensation centrale; mais c'est surtout en Allemagne que ce progrès a fait du chemin : il n'y a pas moins de quarante installations de ce genre rien qu'en Westphalie.

Or, les conditions d'établissement de condensation centrale y sont plus difficiles à réaliser qu'en France à cause de l'existence de machines d'extraction très puissantes, à marche intensive et d'une redevance de 6 à 7.5 centimes par mètre cube d'eau provenant de la Ruhr.

En 1885, les mines de Lens utilisèrent la condensation centrale à leur puits n° 7, dans des circonstances assez particulières qui présentent, pour cela, un certain intérêt. Par suite du développement des travaux à ce siège et de la

nécessité de créer un nouvel étage d'exploitation, il se trouva que les machines d'extraction devinrent insuffisantes.

Il est à noter que les deux machines d'extraction ne sont jamais simultanément en marche.

La difficulté fut heureusement tournée par la condensation. La Société employa un condenseur à mélange qui desservait déjà des compresseurs à air, ventilateurs et pompes d'alimentation, condenseur dont les dimensions avaient été très largement calculées, pour y adjoindre, au besoin, des moteurs assez puissants.

La difficulté d'une pareille installation se trouvait dans l'injection de l'eau supplémentaire pour condenser l'énorme quantité de vapeur de ces machines.

Pour l'allure intermittente des machines d'extraction, on recourut au principe de la transmission à distance par l'intermédiaire d'un fluide, c'est-à-dire que l'on fit varier la proportion d'eau injectée, comme la détente, par un dispositif spécial.

Si le condenseur s'était trouvé près des machines d'extraction, il aurait suffi de relier une valve spéciale d'injection au levier de commande du modérateur au moyen d'une tringle; mais tel n'était pas le cas ici.

A la tige de la soupape du modérateur de la machine d'extraction, est relié un petit tiroir auxiliaire, qui peut masquer ou démasquer l'ouverture d'un tube en cuivre de 35^m/_m de diamètre intérieur, rempli d'eau.

Ce tube, qui part de la boîte à tiroir, se rend à une valve d'obturation spéciale, composée d'un boisseau à deux capacités. Dans celle du haut, se meut un cylindre plein qui peut se soulever sous l'impulsion donnée par la vapeur.

Quand le mécanicien ouvre le modérateur pour faire aller sa machine, il ouvre simultanément le petit tiroir auxiliaire indiqué plus haut; la vapeur agit alors sur l'eau

contenue dans le tube en cuivre, laquelle transmet l'effort au boisseau.

Le cylindre supérieur de ce boisseau s'efface de façon que l'eau du réservoir afflue dans la chambre d'injection.

En cas d'arrêt de la machine d'extraction, l'obturateur, dont le poids est réglé en conséquence, masque l'arrivée de l'eau d'injection.

Comme il a été dit, c'est en Allemagne surtout que ces installations se trouvent avec les derniers perfectionnements. Les trois usines qui s'occupent tout particulièrement de condensation centrale sont : la maison Balcke et C^{ie}, à Bochum; Klein Schanzlin und Boeker de Frankenthal; Schwartz et C^{ie} à Dortmund.

L'installation de la mine d'anthracite « Langenbrahn » à Ruttenscheid, près d'Essen, a été construite par la Société Balcke et C^{ie}, pour desservir un siège d'extraction dépensant au total une force de mille chevaux vapeur. (Voir croquis.)

Elle marche régulièrement depuis 1898.

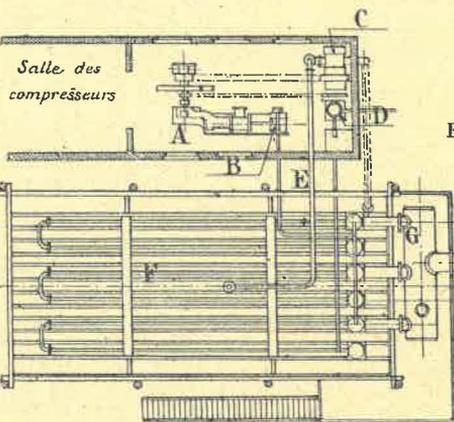
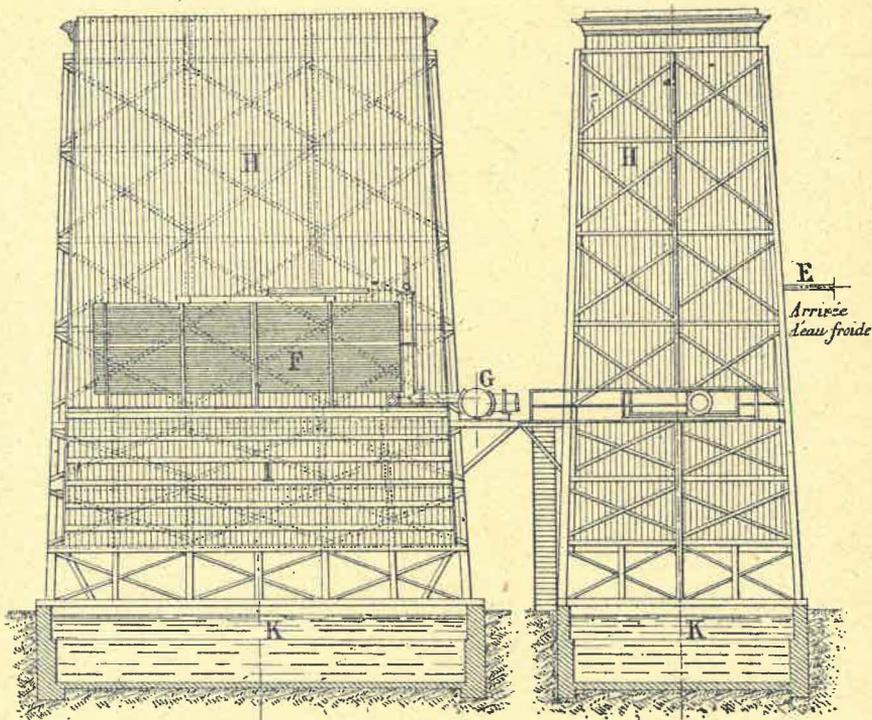
Les vapeurs à condenser proviennent :

- D'une machine d'extraction,
- D'une machine pour lavoir,
- D'un compresseur d'air double,
- D'un moteur pour éclairage électrique.

L'installation de la condensation comprend les éléments suivants : Un moteur à vapeur *A* actionnant directement une pompe à air *B*; une pompe rotative *C*, qui aspire puis refoule l'eau de circulation; un faisceau tubulaire *F* formant condenseur à surface; une pompe à eau chaude *D* qui reprend les eaux condensées à l'intérieur de ce faisceau tubulaire; une tour réfrigérante *H* munie à sa partie inférieure de persiennes intérieures *I* d'où l'eau pulvérisée retombe dans un réservoir *R* pour être reprise par la pompe de circulation.

COUPE LONGITUDINALE

COUPE TRANSVERSALE



MINE. « LANGENBRAHM »
ENSEMBLE DE LA CONDENSATION CENTRALE

La pompe à air aspire l'air et les gaz non condensables à la partie supérieure du condenseur, pour les rejeter dans l'atmosphère.

La pompe de circulation rotative est mue par courroie au moyen d'une poulie spéciale calée sur l'arbre même de la machine. Elle refoule l'eau destinée à l'arrosage des tubes du condenseur à surface. La pompe à eau chaude également reçoit son mouvement de la machine même.

Le vide barométrique varie de 62 à 68 centimètres de mercure. Il faut environ 20 mètres cubes d'eau provenant de la mine, pour compenser les pertes dues à l'évaporation, par jour.

Les eaux qui en proviennent, sont refoulées, pour en extraire les huiles, sur un grand filtre composé d'un lit de coke recouvert d'une couche de paille de bois.

L'eau qui en sort, va aux chaudières avec une température d'environ 45°.

Le refroidisseur, à circulation extérieure d'eau, se compose de tubes horizontaux en laiton d'un diamètre extérieur de 100 millimètres, qui sont reliés entre eux, à leurs extrémités, de façon à donner un circuit continu.

La cheminée de refroidissement est une grande tour carrée surmontant un bassin maçonné et enveloppant le condenseur tubulaire.

Des ouvertures en lames de persiennes, à la base de la tour, laissent circuler l'air frais aspiré, qui, en s'élevant, rencontre d'abord l'eau à refroidir tombant en gouttelettes à travers les chicanes en bois, puis lèche les tubes des serpentins et emporte les buées qui se dégagent de l'eau de circulation échauffée par la condensation.

On a constaté que le maximum des variations dans l'échappement, lors de la marche de la machine d'extraction, ne dépassait pas 6 %.

Du chef de la condensation centrale, on a pu supprimer trois générateurs sur douze du type Cornouailles, timbrés à 6 kilogrammes, brûlant de l'antracite.

Aux deux sièges de la mine d'Ewald, près de Herten, il y a une installation de condensation centrale construite par la Maison Balcke et C^{ie} (voir pl. II).

La première est établie pour 2,200 chevaux-vapeur, la seconde pour 3,500 chevaux-vapeur.

Dans ces deux cas, le condenseur est à surface avec récupération d'eau. Les vapeurs, à leur sortie des moteurs, arrivent à un grand réservoir cylindrique en tôle, qui reçoit de l'eau à sa partie supérieure par des venues greffées sur la conduite générale de circulation.

La vapeur qui s'échappe de ce réservoir, se rend dans six refroidisseurs de la même nature que ceux exposés antérieurement.

L'eau, qui s'est répandue extérieurement à ces six serpentins, tombe sur les gradins d'un réfrigérant et puis dans un puisard, d'où elle est reprise pour recommencer son cycle. Les conduites de vapeur d'échappement sont munies chacune d'un robinet, pour leur isolement au besoin.

L'ensemble peut être mis à l'air libre par une soupape de sûreté tenue fermée en temps ordinaire par la pression atmosphérique. Cette soupape s'ouvre spontanément pour laisser échapper la vapeur, en cas de chute du vide. La partie supérieure des serpentins est en relation avec une pompe à air qui, tout en aspirant l'air, entretient le vide dans le condenseur et dans le grand réservoir de centralisation de vapeurs.

Comme dans le cas précédent, une pompe à eau chaude envoie l'eau condensée sur un filtre pour la débarrasser des graisses avant son utilisation dans les générateurs à vapeur.

L'eau est refroidie par de l'air frais aspiré par une

cheminée en tôle de 6 mètres de diamètre et 20 mètres de hauteur installée sur un puissard en maçonnerie.

Le moteur nécessaire à tous ces appareils est à un cylindre de la force de 24 chevaux-vapeur, soit un peu plus de 1 % de la puissance totale développée.

La détente Rider, variable par régulateur Weiss, permet des variations de tours, par minute, de 60 à 140, suivant les nécessités. Un second régulateur ferme complètement la vapeur si la vitesse dépasse le maximum de 140 tours.

Le vide manométrique y varie de 60 à 68 centimètres de mercure.

La distance entre les machines d'extraction et les appareils de condensation est d'environ 80 mètres. La marche de la condensation est relevée par un enregistreur automatique de dépression.

On a compté sur 35 litres d'eau par kilogramme de vapeur à condenser. Le coût de cette installation s'est élevé à 100,000 francs, dépense qui a été couverte en deux ans et demi.

Dans le second cas, il n'y a de différence que certains détails dans les appareils.

Comme le volume de vapeur est beaucoup plus grand, il y a deux chaudières cylindriques reliées entre elles au lieu d'une seule. Le condenseur comprend huit serpentins au lieu de six. Le timbre des chaudières y est de 10 kilogrammes.

Le constructeur y garantit un vide moyen de 66,5 centimètres de mercure.

On a constaté, par un temps exceptionnellement chaud, des variations maximum de 2 %, lorsque les machines d'extraction se mettaient en marche. L'entretien des joints, qui sont nombreux dans les conduites au condenseur, doit être soigné de très près; il est à recommander donc de les placer le plus possible d'une façon facilement acces-

Mine "Ewald"
Ensemble de la condensation centrale.

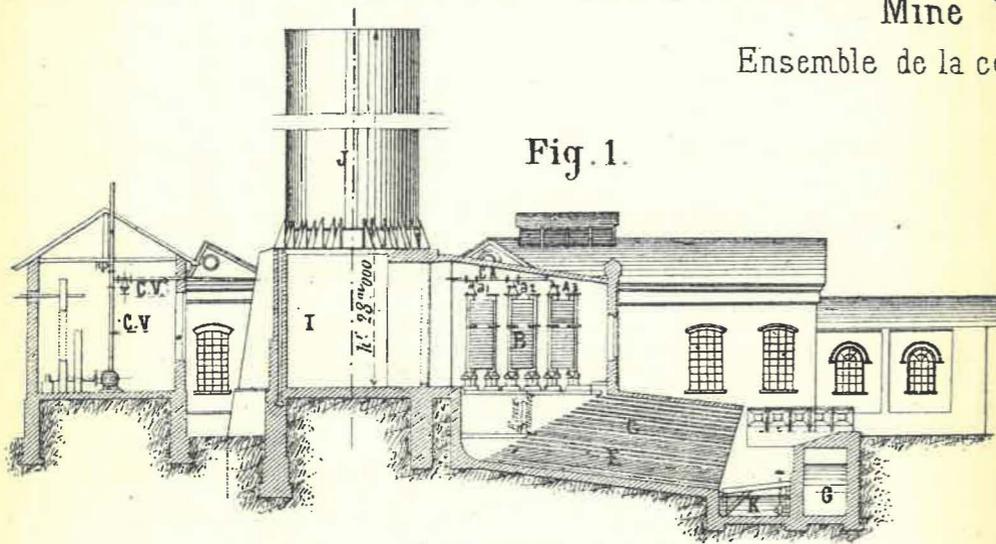


Fig. 1.

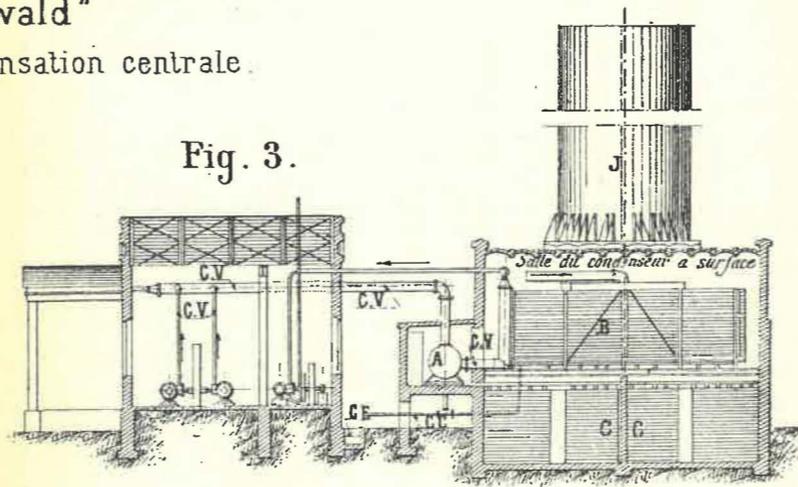


Fig. 3.

Condensation centrale d'Ewald.
(Fosses N^{os} III et IV.)

Fig. 4.
Vue en plan d'ensemble



Légende

- C.V. Conduites de vapeur d'échappement.
- C.C. — d° — des eaux condensées.
- C.E. — d° — des eaux froides
- C.A. — d° — d'air.

Légende des appareils

- A Réservoir centralisant les vapeurs d'échappement, arrosé sur le dessus.
- B-Bs Groupes de tubes en laiton du conducteur tubulaire
- C Pompes reprenant les eaux chaudes condensées et les refoulant au filtre.
- D Pompe à air sec, système Burchardt et Weiss.
- a a a Branchements d'aspiration d'air du condenseur.
- b a b a — d° — d° — d'eau de condensation.
- E Refroidisseur à gradin.
- F Pompe de circulation (Rotative système Euke)
- G Bassin de réserve d'eau du fond pour compenser les pertes pendant au moins 10^h.
- H Machine motrice des pompes.
- I Tour en maçonnerie portant la cheminée.
- J Cheminée en fonte de 6.000 x 20.000.
- K Bassin de chute des eaux de circulation refroidies.
- L Soupape d'échappement de sûreté.

Fig. 5.
Elévation par le condenseur et les réservoirs de vapeur

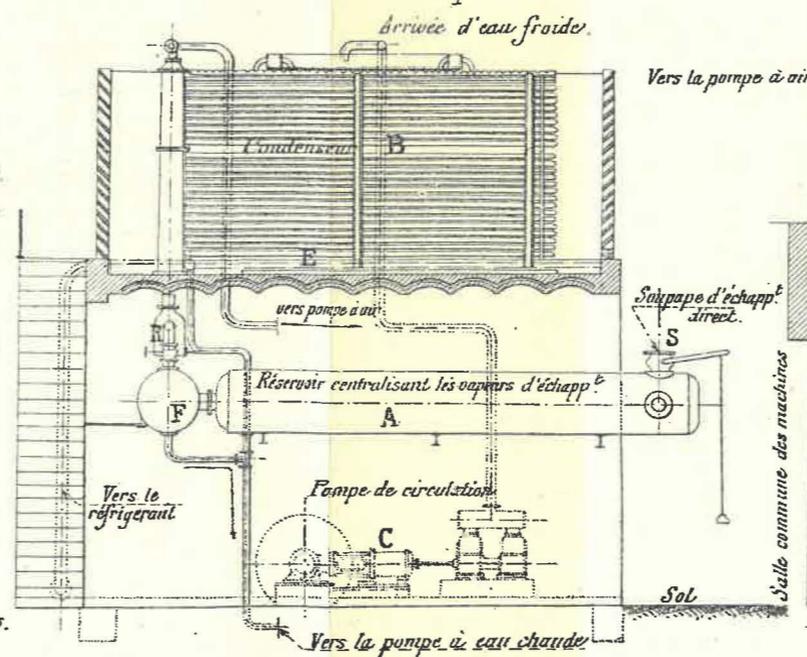


Fig. 6.
Vue face au réchauffeur dégraisseur.

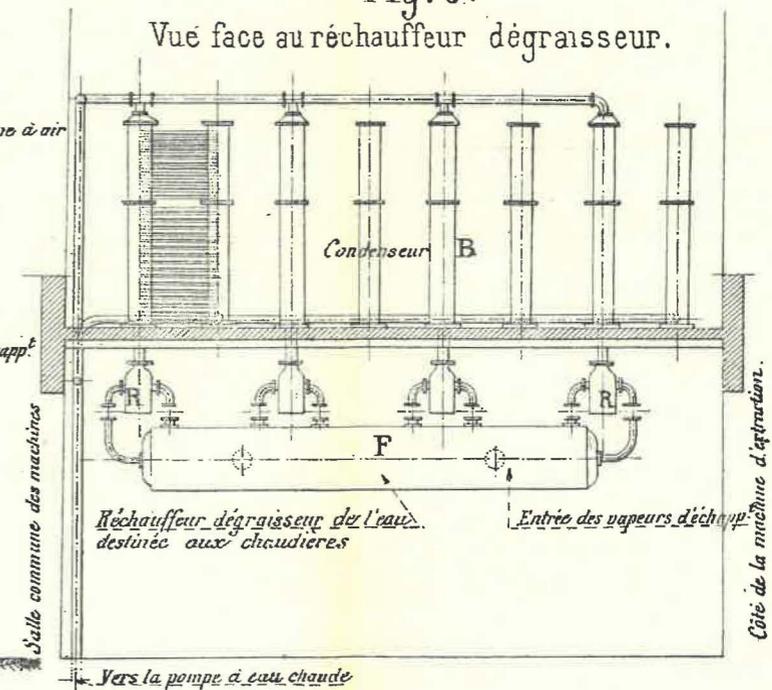
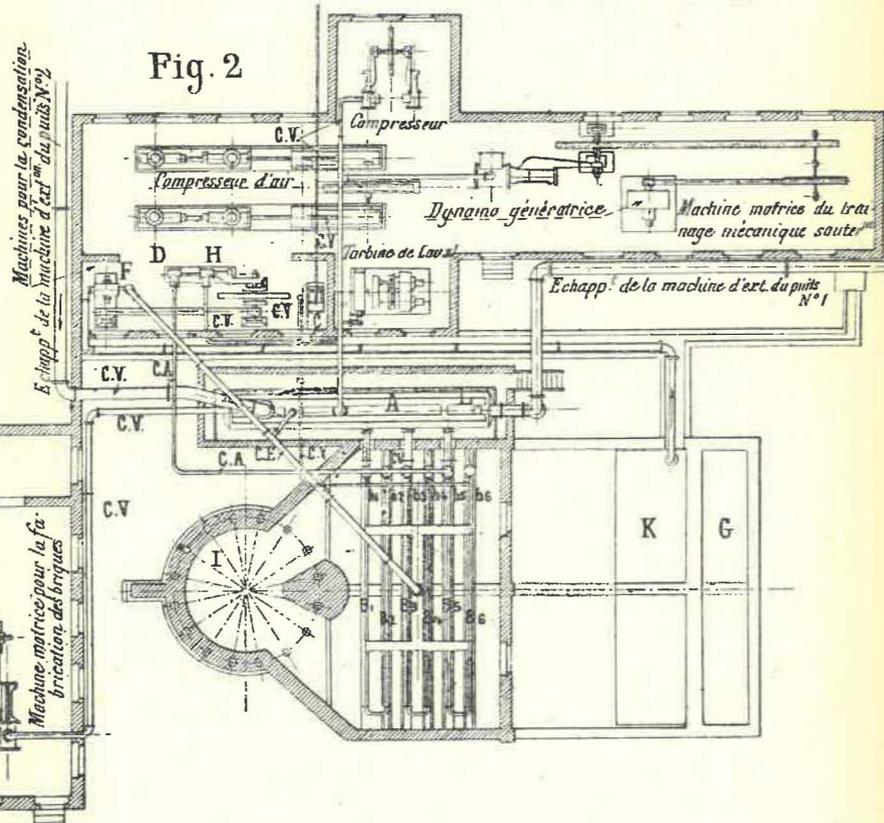


Fig. 2



sible. Dans le cas actuel, l'économie totale s'est élevée à 40,000 francs par an.

A la mine « Centrum » à Wattenscheid, l'installation ressemble, dans son ensemble, à celle décrite dans le premier cas de la mine Ewald.

Ici, on a utilisé la cheminée d'appel du réfrigérant comme tour de château d'eau.

Le puits d'Arenberg des mines d'Anzin, qui est outillé pour une grande production, est pourvu d'une condensation centrale, calculée pour recevoir ordinairement 30,000 kilogrammes de vapeur d'échappement et 36,000 kilogrammes, en marche forcée, par heure.

L'installation comprend un condenseur tubulaire de 860 mètres carrés de surface totale réfrigérante. Le réfrigérant à cheminée, du système Balcke, est capable de refroidir 900 mètres cubes d'eau à l'heure.

Les mines de Marles, dans le Pas-de-Calais, ont commandé à la firme Balcke de Bochum une condensation centrale pour 34,000 kilogrammes de vapeur d'échappement à l'heure, également au moyen d'un condenseur tubulaire à contre-courant de 830 mètres carrés de surface réfrigérante (voir pl. III.)

La vapeur à condenser passe par un séparateur d'huiles formé d'une chaudière cylindrique pourvue intérieurement d'un grand nombre de trous oblongs avec bavures. L'huile et l'eau condensée, tombées au fond du séparateur, sont enlevées par une petite pompe spéciale.

Terminons cette nomenclature par l'installation de la mine de Ronchamp, capable de condenser, par heure, 46 à 50,000 kilogrammes de vapeur d'échappement.

Le condenseur tubulaire y est double et à contre courant, avec une surface de refroidissement de 1,380 mètres carrés.

La tour de réfrigération ramène l'eau qui a circulé dans le condenseur tubulaire, à une température voisine de celle

de l'air ambiant; son effet peut s'élever à 1,380 mètres cubes d'eau à l'heure.

L'installation de la condensation comprend une pompe à eau froide de 580 millimètres de diamètre, une pompe à air sec de 710 millimètres, une pompe à eau chaude d'un diamètre de 210 millimètres. La course commune de ces pompes est de 800 millimètres. La commande se fait par un moteur Compound de $\frac{450 \times 700}{800}$, avec de la vapeur

entre 10 et 5 kilogrammes. Ce moteur tourne à 56 tours par minute.

L'installation de la force motrice de ce siège comprend :

- 1° Une machine d'extraction double compound-tandem;
- 2° une machine d'extraction à engrenages à cylindres conjugués;
- 3° une machine horizontale compound pour l'éclairage électrique;
- 4° une machine pour transport de force électrique, Corliss-tandem horizontale;
- 5° un moteur compound pour ventilateur;
- 6° un second moteur compound pour ventilateur;
- 7° deux compresseurs d'air compound.

En résumé, dans le choix des systèmes de condensations centrales, il faut tenir compte du débit régulier ou très variable de la vapeur d'échappement.

Si les moteurs constituent un ensemble à débit régulier et continu de vapeur, avec de l'eau obtenue facilement, on emploiera le condenseur à mélange par injection simple avec la pompe à air humide classique, vu son prix moins élevé.

Si, par contre, le débit de vapeur d'échappement peut être très variable par l'adjonction de machine à marche intermittente et que, tout comme dans le premier cas, on n'est pas gêné d'eau, on emploiera encore un condenseur à mélange, mais en supprimant la pompe à air humide

Légende

- A Réservoir des vapeurs d'échappement.
- B Condenseur tubulaire.
- C Emplacement des machines de condensation
- D Tour du réfrigérant.
- E Bassin de chute des eaux chaudes.
- F Réchauffeur-dégraissage.
- R Récipient de purge.
- S Soupape d'échappement direct.

Schéma d'une condensation centrale à surface, à contre-courant (Brevet Balcke.)
 Fig. 1. Vue en plan Coupe transversale Fig. 2 Coupe horizontale suiv^t a b Fig. 3

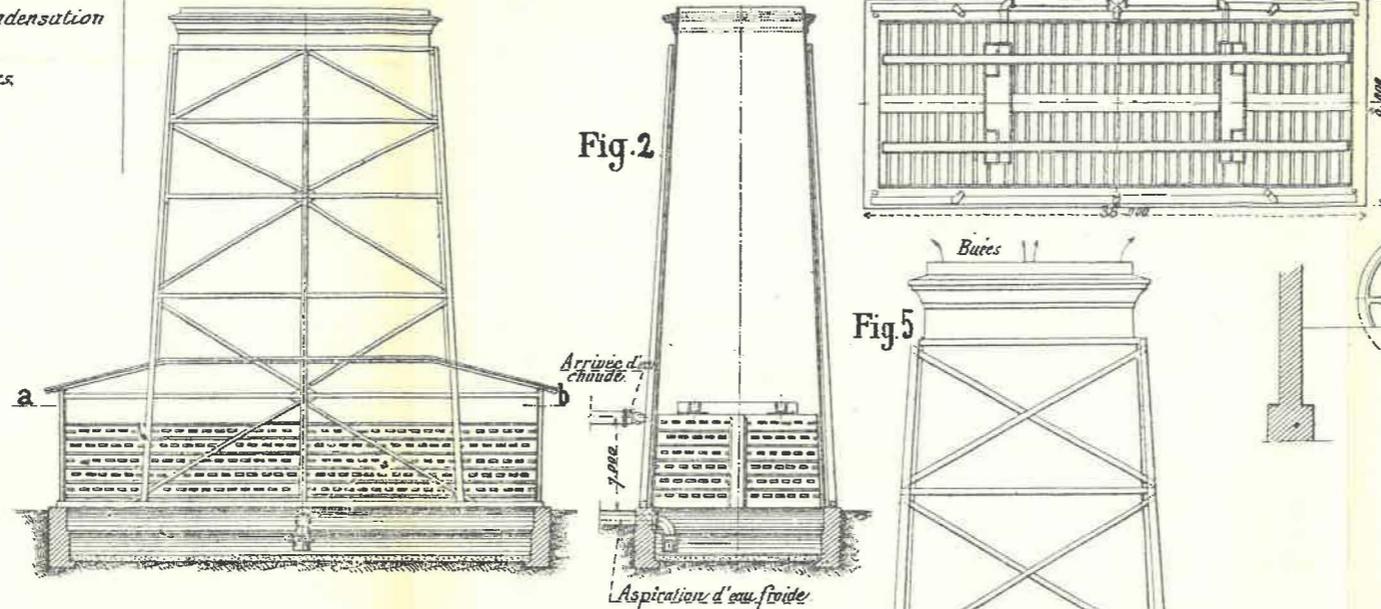


Fig. 6 Elévation

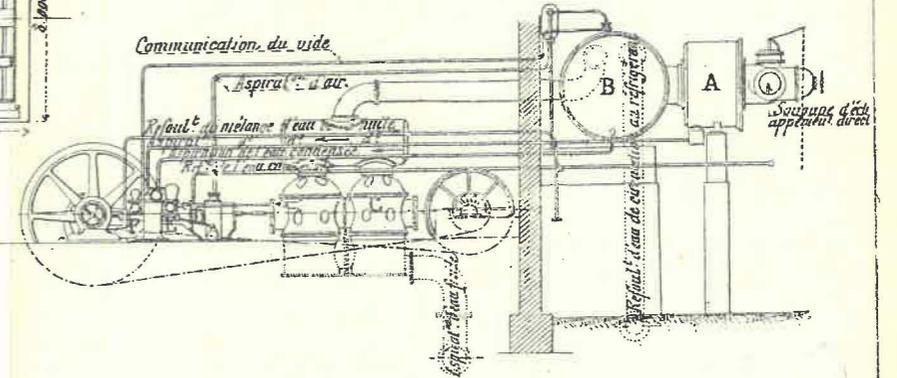


Fig. 4

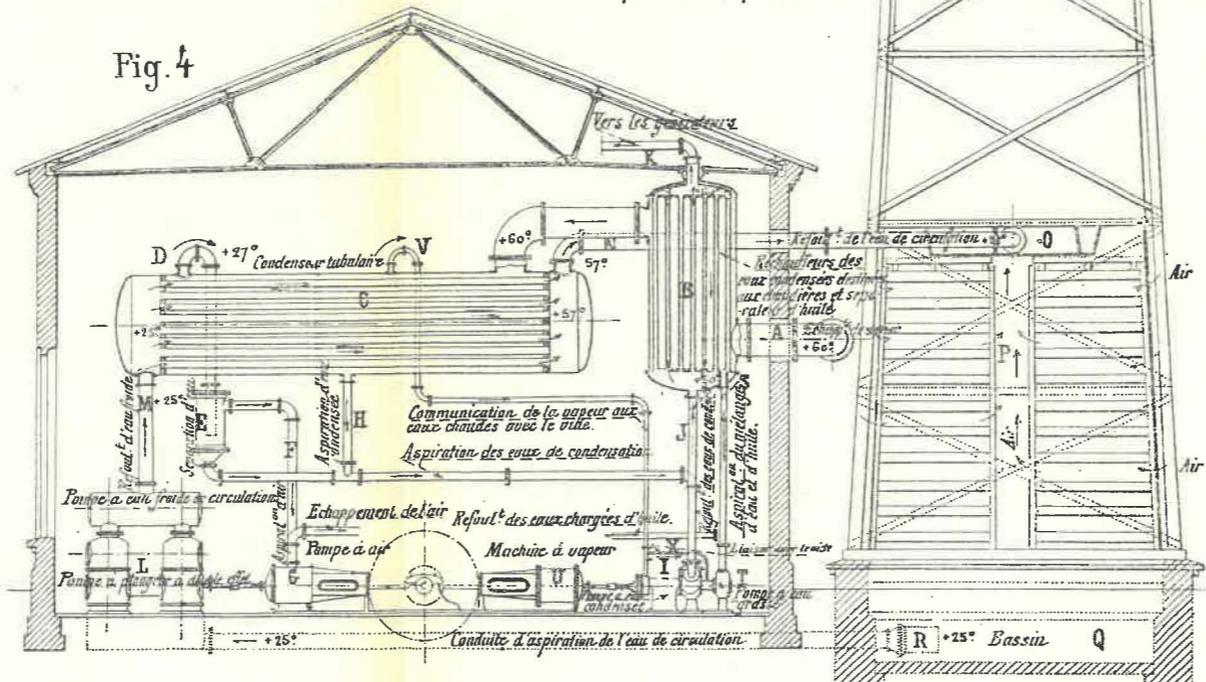
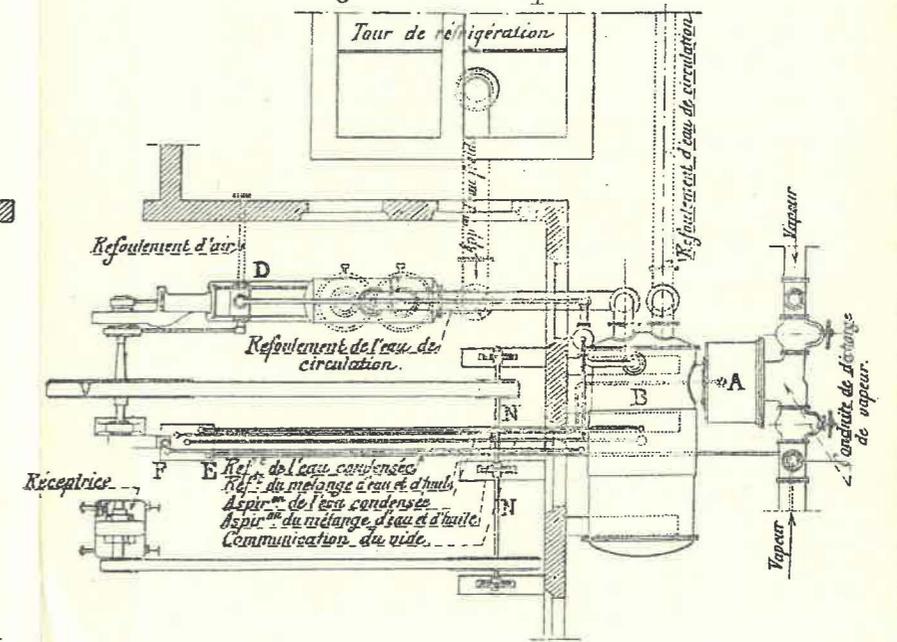


Fig. 7. Vue en plan



Mines de Marles
 (Siège N° 5)
 Condensation centrale

Les températures indiquées dans le corps du dessin en degrés centigrades, correspondent à un vide de 80 p. 100

pour se servir du système condenseur barométrique Weiss, avec interposition d'un réservoir d'un grand volume d'eau.

Si enfin le débit de vapeur est très variable et si, en outre, on est limité par la quantité d'eau, on emploiera la condensation centrale à surface à contre courant avec tour de réfrigération comportant les derniers perfectionnements connus.

Dans ce dernier système, les constructeurs garantissent un minimum de 20 % d'économie de vapeur et conséquemment une économie correspondante de combustible, d'où réduction notable dans le nombre des chaudières à feu et de main-d'œuvre en chauffeurs, une économie d'eau d'alimentation, puisque l'on récupère les 9/10 de l'eau vaporisée et enfin, une réduction de main-d'œuvre dans le nettoyage des chaudières.

Par ce moyen, on peut, dans bien des cas, employer sans épurateur, des eaux de mauvaise qualité.

Le degré de vide garanti est de 85 % du vide absolu, soit environ 65 centimètres de mercure.

La conduite d'une pareille installation n'exige pas un personnel supérieur à celui des autres moteurs en activité.

De tous ces renseignements, il appert que, sauf des conditions assez spéciales, la condensation donne de sérieux avantages, soit par l'économie de charbon qui en résulte, soit par le supplément de force qu'il procure à un moteur devenu trop faible, pour de nouvelles conditions de travail.

Pour un moteur puissant ou un ensemble de machines consommant une quantité relativement importante de vapeur, dans des conditions normales assez régulières, le problème est résolu affirmativement.

Quant aux industries où la puissance variable est très importante, les progrès réalisés à ce jour font espérer une solution satisfaisante.
