Des condensations qui s'opèrent dans les cylindres des machines à vapeur

Autor(en): **A.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Die Eisenbahn = Le chemin de fer**

Band (Jahr): **6/7 (1877)**

Heft 18

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-5857

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

dass man im Interesse der Landwirthschaft und des Weinbaues nicht mehr Nutzen aus ihr zu ziehen sucht. Doch auch hier wird es seither an einem zuverlässigen Instrumente gefehlt haben.

* * *

Des Condensations qui s'opèrent dans les Cylindres des Machines à Vapeur.

M. Hallauer vient de publier dans le *Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse*, les résultats détaillés d'expériences très-précises, qu'il a exécutées sur une machine à vapeur, d'après les directions de M. G.-A. Hirn, et qui mettent particulièrement en lumière l'action, jusqu'ici négligée ou mal connue, des parois du cylindre.

La machine qui a servi aux essais est à balancier, à un seul cylindre vertical, sans chemise de vapeur, à détente variable à volonté, à condensation, pourvue de 4 tiroirs dont 2 pour l'entrée de la vapeur et 2 pour la sortie. La chaudière porte un appareil de surchauffe, et on peut, par une simple manœuvre de registres, employer à volonté la vapeur saturée ou surchauffée. La température dans la chaudière était d'environ 150°.

La quantité d'eau M, empruntée au générateur et consommée par le moteur était mesurée très exactement par le jaugeage d'un bassin dans lequel puisait la pompe alimentaire; celle P qui était rejetée par le condenseur était donnée par un autre jaugeage; la différence $P-M$ représentait évidemment l'eau injectée dans le condenseur. Les diagrammes du travail étaient relevés soit à l'aide du pandynamomètre de Hirn, soit à l'aide de l'indicateur de Watt, et leurs aires mesurées avec le planimètre d'Amsler. La température de la surchauffe, celles de l'eau entrant au condenseur et en sortant étaient constatées directement par des appareils thermométriques. Celles de la vapeur dans la chaudière et dans le cylindre se déduisaient, au moyen des tables de Regnault, des pressions correspondantes, données elles-mêmes soit par le manomètre, soit par les diagrammes.

La chaleur apportée dans le cylindre, à chaque coup de piston, est constituée par la chaleur totale $M\,(606{,}5 + 0{,}305\,t)$ du poids de vapeur introduit M, t étant la température dans la chaudière, augmentée, s'il y a lieu de la chaleur de surchauffe $0{,}5\,M\,(\vartheta - t)$, 0,5 étant la chaleur spécifique de la vapeur et ϑ la température de surchauffe. La théorie indique qu'elle doit être égale à la somme de:

1° la quantité de chaleur Mf contenue dans le poids M de l'eau provenant de la condensation de la vapeur et rejetée du condenseur à la température f;

2° la quantité $(P-M)\,(f-i)$ qui sert à échauffer le poids $P-M$ d'eau injectée de sa température initiale i à sa température de sortie f;

3° la chaleur perdue au dehors par le rayonnement des parois du cylindre et évaluée par des essais spéciaux à 2,5 calories;

4° enfin la chaleur AW transformée en travail, qu'on obtient en divisant par l'équivalent mécanique de la chaleur $\frac{1}{A}$ le nombre de kilogrammètres W représenté par l'aire du diagramme pour une course de piston.

Cette égalité théorique:

$$M\,(606{,}5 + 0{,}305\,t) +, \text{ s'il y a lieu, } 0{,}5\,M\,(\vartheta - t)$$
$$= M\,f + (P-M)\,(f-i) + 2c{,}5 + A\,W$$

a été vérifiée par les expériences de M. Hallauer avec une remarquable exactitude. Dans l'une d'elles l'écart est de 2,8% du nombre de calories exprimé par le premier membre de l'égalité; dans toutes les autres il est encore beaucoup moindre. Une telle coïncidence est la meilleure preuve de l'exactitude de ces essais.

Pour se rendre compte de la portée des résultats relatifs à l'action des parois du cylindre, il faut avoir présent à l'esprit ce que la théorie mécanique de la chaleur prévoit pour le cas fictif où cette action serait nulle, c'est-à-dire où les parois seraient imperméables à la chaleur; dans ce cas, la vapeur saturée qu'on introduit, soit sèche, soit mélangée à une petite proportion d'eau entraînée, n'éprouvera aucune modification pendant l'admission, mais subira pendant la détente une condensation partielle dont l'importance dépend du travail externe que la vapeur accomplit en se détendant.

Or, si on laisse de côté deux des essais, dans lesquels on avait à la fois surchauffe et admission très prolongée, les essais ont montré qu'en général la période d'admission est accompagnée d'une condensation très marquée, et que, au contraire, dans le cours de la détente, la condensation cesse pour faire place au phénomène inverse: l'évaporation de l'eau d'abord condensée. Voici l'explication de ce fait.

L'admission étant ouverte, la vapeur commence par remplir l'espace nuisible, qui a été refroidi par suite de la détente et de l'échappement dans la course précédente, et qui offre une surface de parois considérable relativement à sa capacité. Le contact de ces parois refroidit la vapeur et amène une condensation qui va en décroissant d'intensité à mesure que le piston marche, parce que la capacité occupée par la vapeur augmente non seulement en grandeur absolue, mais aussi dans son rapport avec les surfaces qui la limitent. La vapeur se refroidissant, le cylindre et le piston se réchauffent d'autant. Puis l'admission cesse. A mesure que la détente se produit, il arrive, par le fait de l'abaissement de température résultant de l'abaissement de la pression, un instant auquel la vapeur, d'abord plus chaude que les parois, devient plus froide qu'elles. Il en résulte que la fin de la détente sera accompagnée de l'évaporation d'une partie de l'eau précédemment condensée sur les parois.

Suivant que cette évaporation est inférieure, égale ou supérieure à la condensation qui a lieu pendant la première partie de la détente, la proportion d'eau liquide mêlée à la vapeur à la fin de la course sera supérieure, égale ou inférieure à la proportion existant à la fin de l'admission.

		Proportion d'eau liquide	
		à la fin de l'admission	à la fin de la course
1er cas.	Essai du 18 novembre 1873	6,50 %	12,00 %
„ „ „	„ 26 août 1875	0,83 „	17.50 „
2me „ „	„ 8 septembre „	36,00 „	35,19 „
3me „ „	„ 28 novembre 1873	30,40 „	25,20 „
„ „ „	„ 7 septembre 1875	24,64 „	21,38 „

Même la surchauffe n'empêche pas la condensation pendant l'admission, car le surplus de chaleur qu'elle communique à la vapeur ne contrebalance pas l'absorption de l'espace nuisible. Dans l'essai du 26 août oú il y avait eu cependant surchauffe de 151° à 215°, on constate à la fin de l'admission une legère proportion d'eau (0,83 %).

Dans les essais du 26 août et du 27 septembre 1875 où il y avait à la fin surchauffe et admission prolongée (à la demi course), il y a très-peu ou pas d'eau mêlée à la vapeur à la fin de l'admission, parce que l'eau condensée au premier moment est ensuite volatilisée, mais durant la détente il y a prédominance de la condensation. On a ainsi une phase d'évaporation comprise entre deux phases de condensation.

L'évaluation de la proportion d'eau mêlée à la vapeur se fait de la manière suivante. Le diagramme donne pour chaque position du piston, c'est à dire pour chaque valeur du volume v occupé par le mélange d'eau et de vapeur, la valeur de la pression correspondante p. Or les tables calculées par Zeuner permettent de connaître pour chaque valeur de p, la valeur correspondante du poids spécifique γ de la vapeur saturée. On en déduit le poids $m = v\,\gamma$ de la vapeur contenue dans le cylindre. Le poids de l'eau liquide sera donc $M - m$ et sa proportion $\frac{M-m}{M}$.

On nomme chaleur interne du mélange d'un poids m de vapeur et d'un poids $M - m$ d'eau, à la température t, la quantité:

$$U = M\,t + m\,\varrho,$$

la chaleur spécifique de l'eau étant censée constante et $= 1$.

et ϱ étant la chaleur latente interne de la vapeur; quantité donnée par les tables de Zeuner. Dans l'hypothèse où le cylindre serait une enveloppe imperméable, la condensation qui s'opère pendant la détente a pour conséquence nécessaire la diminution de U, et la portion F du travail total W afférente à la détente est l'équivalent exact de cette diminution, c'est à dire celle-ci représente de la chaleur transformée en travail, ensorte que, en nommant U_0 et U_1 les valeurs de U pour la fin de l'admission et pour la fin de la course, on devrait avoir:

$$U_0 - U_1 = A\,F.$$

Mais l'intervention des parois rend le phénomène beaucoup plus complexe et la variation de U ne peut plus être calculée *a priori*. Pendant l'admission les parois acquièrent, par suite de la condensation, une quantité de chaleur, qui est, si la vapeur entre saturée:

$$C = (M - m_0)\, r_0$$

r étant la chaleur latente externe de la vapeur, quantité également donnée par les tables de Zeuner, et l'indice 0 caractérisant la fin de l'admission; ou, si la vapeur entre surchauffée:

$$C = (M - m_0)\, r_0 + 0{,}5\, M\, (\vartheta - t_0).$$

Cette quantité C qui ne saurait rester dans la matière des parois est restituée à la vapeur pendant la détente. Et il semble qu'on doit avoir en tenant compte de la perte de 2c,5 par rayonnements:

$$A\,F = C + U_0 - U_1 - 2\text{c},5.$$

Mais cette égalité n'est vérifiée que pour un seul essai, celui du 28 Octobre 1875 (non énuméré plus haut), qui a été fait sans condenseur et dans lequel l'évaporation à la fin de la détente a été si forte que la vapeur s'échappait sèche et que l'on avait U_1 notablement supérieur à U_0.

Dans tous les autres essais la différence:

$$C + U_0 - U_1 - 2\text{c},5$$

s'est trouvée notablement supérieure à l'équivalent calorifique AF du travail de détente *).

Cet excédant de chaleur qui ne peut évidemment pas l'accumuler dans la matière du cylindre, et qui cependant ne produit pas de travail, doit se rendre en pure perte dans le condenseur. Mr. Hallauer est parvenu à le vérifier de la manière suivante:

On connaît la quantité chaleur retrouvée dans le condenseur: c'est $(P - M)\,(f - i)$. Si on y ajoute $M\,f$ c'est à dire la chaleur contenue dans l'eau provenant de la condensation de la vapeur qui a agi dans le cylindre, on aura la totalité de la chaleur que le condenseur reçoit de celui-ci. D'autre part on connaît la quantité de chaleur interne U_1 que le mélange d'eau et de vapeur posséde à la fin de la course, et on peut évaluer le travail W qu'absorbe l'expulsion de la vapeur pendant l'échappement et qui se transforme en chaleur $A\,w$ au profit du condenseur. Si on trouve $(P - M)\,(f - i) + M\,f > U_1 + A\,w$, il y aura un excédant de chaleur reçue par le condenseur, lequel ne pourra provenir que de la cause présumée tout à l'heure.

Or pour tous les essais on a trouvé que $(P-M)(f-i)+Mf$ est $> U_1 + Aw$ et que l'excédant est, à très-peu de chose près, égal à celui de $C + U_0 - U_1 - 2\text{c},50$ sur AF. On en conclut que cet excédant $C + U_0 - U_1 - 2\text{c},5 - AF$ est en définitive acquis par le condenseur durant l'échappement. „Lorsque commence la période d'échappement, dit Mr. Hallauer, les „parois et l'eau qui les recouvre ont conservé une température „supérieure à celle qui répond à la pression pendant l'acte de „la condensation: cette température tend à s'égaliser avec celle „de la masse gazeuse qui s'écoule, l'eau liquide s'évapore aux „dépens de sa chaleur propre tout en enlevant au métal celle „qui s'y était en quelque sorte accumulée pendant la course à „pleine pression et détente."

La quantité de chaleur ainsi acquise par le condenseur peut s'élever jusqu'à 22 % de la chaleur apportée par la vapeur. Mr. Hallauer lui donne le nom de refroidissement au condenseur.

Les résultats que nous venons d'exposer, serviront probablement à éclairer une question assez difficile, celle du véritable rôle de l'enveloppe de vapeur. On ne peut guère s'expliquer l'utilité de cette enveloppe si l'on admet les conditions purement théoriques dans lesquelles le travail produit pendant la détente naîtrait de la condensation partielle, qui accompagne celle-ci. Mr. Hirn pense qu'on peut s'en rendre compte en disant que la présence de l'enveloppe tend à diminuer le refroidissement au condenseur et à augmenter d'autant la quantité de chaleur que se transforme en travail de détente. A.

*) Les diagrammes permettent, à l'aide des tables de Zeuner, de connaître toutes les quantités qui déterminent U_0 et U_1.

* * *

Siphons sur les Canaux d'irrigation.

(Extrait des Annales des Ponts et Chaussées.)

La substitution de siphons renversés aux ponts-aqueducs, pour la traversée des vallées est pratiquée depuis assez longtemps, lorsqu'il s'agit d'aqueducs destinés à des distributions d'eau potable, parce qu'alors on a à faire avec des volumes d'eau relativement faibles et à des pentes relativement fortes.

Le même motif d'économie peut faire désirer cette substitution lorsqu'il s'agit de canaux d'irrigation. Ici le problème devient plus difficile, car il s'agit de volumes plus grands et de pentes moindres.

Le canal d'irrigation du *Verdon*, en *Provence*, qui débite 6 $^{m}/^{3}$ d'eau par seconde, avec une perte de 0,0011, offre des exemples de siphons de ce genre. Ils sont formés de deux parties inclinées, situées sous les versants et réunies par une partie horizontale. Il peut arriver que le sol soit formé d'une roche assez résistante pour résister à la pression de l'eau. La partie horizontale du siphon qui relie les deux parties inclinées, est alors formée par un tunnel à section circulaire, qu'on creuse à une profondeur suffisante pour avoir au-dessus l'épaisseur de roc vif nécessaire à la solidité. Ce tunnel est garni d'un revêtement en béton de chaux hydraulique, soigneusement appliqué contre le rocher, et terminé à la surface interne par un enduit en ciment. Le revêtement, qui doit avoir de $0^{m}/30$ à $0^{m}/40$ d'épaisseur, ne sert pas à obtenir la résistance à la pression de l'eau, puisque cette résistance est due au rocher lui-même; il n'a d'autre destination que d'assurer l'étanchéité.

C'est ainsi qu'a été construit le siphon de *Trempasse*, qui offre, soit dans les parties inclinées, soit dans la partie horizontale, une section circulaire de $2^{m}/30$ de diamètre, avec un toit de 7 à 9 $^{m}/$ de rocher, suffisant pour résister à une pression de 39 $^{m}/$. Il a coûté environ 60,000 francs. Un pont-canal aurait coûté le double. La largeur de la vallée au niveau du canal est de 132 $^{m}/$.

Au vallon de *la Lauvière* on s'est trouvé dans d'autres conditions. Le rocher, très solide sous les versants, l'était très peu sous le thalweg. Aussi le système de la galerie maçonnée a dû être réservé pour les deux parties inclinées.

Pour la partie horizontale qui les relie, on a adopté le système d'un tube en tôle de $2^{m}/30$ de diamètre et de 10 $^{m}/_{m}$ d'épaisseur, placé extérieurement au sol et long de 120 $^{m}/$. Les segments dont il se compose reposent sur des selles en fonte, et celles-ci portent, par l'intermédiaire de rouleaux, sur des dés en pierre de taille. Ces dés sont eux-mêmes assis sur un radier général en béton, établi à fleur du sol. L'espacement des supports est de $5^{m}/64$ d'axe en axe. Les selles embrassent, sous le tuyau, un arc ayant $1^{m}/30$ de corde.

Quoique l'eau qui circule dans le siphon restreigne les variations de température, on a voulu parer aux effets de dilatation, et à cet effet on a intercalé à chaque extrémité du tube, un segment en tôle, ayant la forme d'une surface de révolution de 4 $^{m}/$ de diamètre extrême, et qui en raison de cette forme présente une certaine élasticité. Ces segments constituent des