

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 43 (1917)  
**Heft:** 19

**Artikel:** Turbines à vapeur multiples à action  
**Autor:** Colombi, Ch.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-33183>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 22.11.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : D<sup>r</sup> H. DEMIERRE, ing.,  
2, Valentin, Lausanne

Paraissant tous les  
15 jours

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE. — *Turbines à vapeur multiples à action*, par Ch. Colombi, ingénieur (*Suite*). — Concours pour l'Hôtel de la Banque Nationale Suisse, à Zurich. — La Houille blanche et la Métallurgie, par G. Flusin, professeur à l'Université de Grenoble (*Suite*). — Programme de concours pour l'érection d'une fontaine commémorative dans la ville de Zofingue. — Société vaudoise des Ingénieurs et des Architectes. — *Bibliographie*.

## Turbines à vapeur multiples à action

par CH. COLOMBI, ingénieur,  
professeur à l'Ecole d'Ingénieurs de l'Université de Lausanne.

(*Suite*<sup>1</sup>.)

Nous allons supposer une turbine multiple et représenter les transformations subies par le fluide moteur dans un diagramme dont les ordonnées sont les températures absolues  $T$  et les abscisses les valeurs de l'entropie  $S$  (comptées à partir d'un zéro conventionnel). Les conditions initiales de la vapeur sont déterminées par la connaissance des valeurs de deux variables indépendantes ou paramètres, par exemple la pression et la température du fluide. Nous pourrions tout aussi bien choisir comme variables indépendantes deux autres quantités telles que la température et l'entropie, ce qui déterminerait sans autre un point de l'espace représentatif choisi, puisque nous admettons que la connaissance de deux variables indépendantes détermine l'état de la vapeur. Le point initial choisi nous admettons que la détente du fluide dans la turbine se fait selon une isentropique soit une transformation définie par  $S = const.$ , ce qui signifie que nous admettons une transformation réversible et sans échanges de chaleur. La courbe représentative de cette transformation dans le diagramme adopté est donc une parallèle à l'axe des ordonnées comme le montre la *Fig. 2*. En réalité cependant nous devons tenir compte des pertes que nous avons définies et que nous pouvons représenter comme si elles correspondaient à des apports de chaleur faits sous pression constante et précisément sous la pression qui règne dans la bache de la roue motrice de la turbine élémentaire considérée. Ces apports de chaleur qui représentent les pertes peuvent s'exprimer par :

$$\Delta H_2 = \int T. dS$$

puisque  $p$  est constant.

Dans cette équation  $\Delta H_2$  représente une variation finie de la quantité de chaleur totale et  $\int T. dS$  tout simplement la surface d'une portion du diagramme limitée par deux valeurs de l'entropie  $S$ , par un segment de la courbe  $p = const.$  considérée et par l'axe des abscisses ( $T = 0$ ).

Pour ne pas encombrer inutilement la figure 2 nous avons évité de rappeler sur le graphique même la signi-

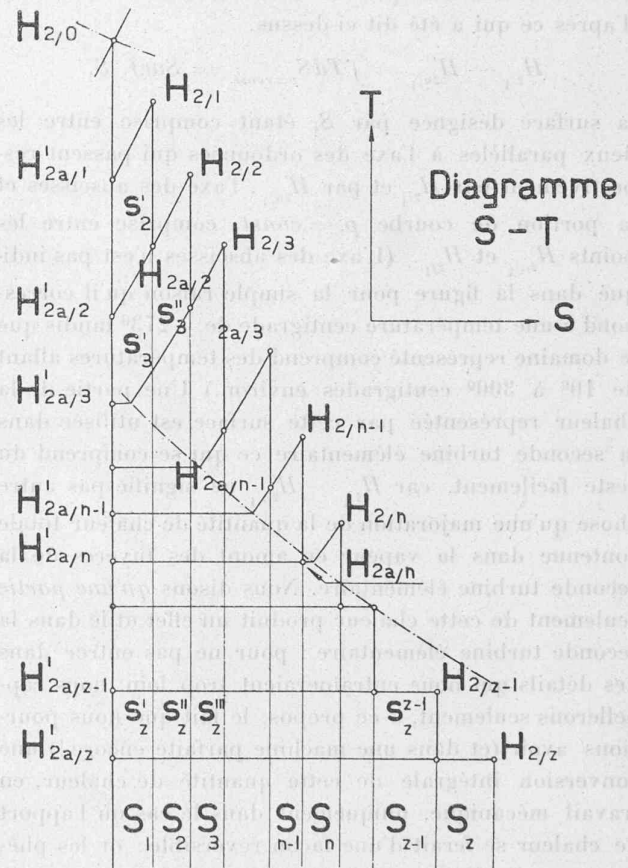


Fig. 2.  
Diagramme Entropie (S). Températures absolues (T).

fication des différentes courbes qui y sont indiquées. Les données suivantes suffiront à renseigner le lecteur : les droites verticales de la figure représentent des transformations isentropiques ( $S = const.$ ), les droites horizontales toujours des isothermes ( $T = const.$ ) et, dans le domaine de la saturation en outre, des isobares ( $p = const.$ ); ce domaine de la saturation est limité par la courbe indiquée en traits-points qui prend le nom de *courbe limite supérieure*; au delà de la courbe en question les isobares sont représentées par des courbes inclinées de la gauche en bas vers la droite en haut, comme le montre le graphique même. En nous référant donc au diagramme de la figure 2 nous avons  $H_{2/0}$  comme point initial de la détente dans le premier élément,  $H'_{2a/1}$  comme point final de la détente supposée

<sup>1</sup> Voir numéro du 8 septembre 1917, p. 173.

isentropique,  $H_{2/1}$  comme point final de la détente, tenu compte des pertes. Nous pouvons donc écrire d'une façon générale que la première turbine élémentaire fournit, par kg. de vapeur, un travail

$$A\mathcal{T}_1 = H_{2/0} - H'_{2a/1} - Pertes = H_{2/0} - H_{2/1} - W$$

ou  $W$  représente la somme des pertes qui ne sont pas transformées en chaleur, soit la perte  $\frac{A}{2g} c_2^2$  si celle-ci se maintient sous la forme d'énergie cinétique. D'autre part la valeur des pertes transformées en chaleur est, d'après ce qui a été dit ci-dessus,

$$H_{2/1} - H'_{2a/1} = \int TdS_{p=const.} = Surf. S_1$$

la surface désignée par  $S_1$  étant comprise entre les deux parallèles à l'axe des ordonnées qui passent respectivement par  $H_{2/1}$  et par  $H'_{2a/1}$ , l'axe des abscisses et la portion de courbe  $p = const.$  comprise entre les points  $H'_{2a/1}$  et  $H_{2/1}$ . (L'axe des abscisses n'est pas indiqué dans la figure pour la simple raison qu'il correspond à une température centigrade de  $-273^0$  tandis que le domaine représenté comprend des températures allant de  $10^0$  à  $300^0$  centigrades environ.) Une partie de la chaleur représentée par cette surface est utilisée dans la seconde turbine élémentaire ce qui se comprend du reste facilement, car  $H_{2/1} - H'_{2a/1}$  ne signifie pas autre chose qu'une majoration de la quantité de chaleur totale contenue dans la vapeur en amont des tuyères de la seconde turbine élémentaire. Nous disons qu'une partie seulement de cette chaleur produit un effet utile dans la seconde turbine élémentaire : pour ne pas entrer dans des détails qui nous entraîneraient trop loin, nous rappellerons seulement, à ce propos, le fait que nous pourrions avoir (et dans une machine parfaite encore!) une conversion intégrale de cette quantité de chaleur, en travail mécanique, uniquement dans le cas où l'apport de chaleur se ferait d'une façon réversible; or les phénomènes de frottement qui déterminent cet apport de chaleur dans notre cas sont éminemment irréversibles, donc entraînent fatalement une dégradation d'énergie, une diminution de la faculté pour l'énergie calorifique de se transformer en énergie mécanique, diminution qui est mesurée par le produit de la température absolue la plus basse que peut prendre la vapeur par l'augmentation d'entropie déterminée par le phénomène irréversible étudié.

Nous pourrions répéter tous les raisonnements que nous venons de faire pour la seconde turbine élémentaire ainsi que pour les suivantes ce qui ne présente aucun intérêt. Observons seulement que la portion de la chaleur représentant les pertes de la première turbine élémentaire (définies par la surface  $S_1$ ), qui peut être récupérée dans la seconde turbine élémentaire, est donnée par la petite surface  $s'_2$  comprise entre les points  $H'_{2a/1}$ ,  $H_{2/1}$ ,  $H'_{2a/2}$ ,  $H_{2a/2}$ . En effet, sans tenir compte des pertes, la quantité de chaleur totale contenue dans

chaque kilogramme de vapeur en amont du distributeur de la seconde turbine élémentaire serait par définition  $H'_{2a/1}$ , en tenant compte des pertes cette quantité devient  $H_{2/1}$ , de sorte qu'une détente adiabatique réversible dans ce second élément permettrait la transformation en travail mécanique d'une quantité de chaleur

$$\begin{aligned} H_{2/1} - H_{2a/2} &= H'_{2a/1} + S_1 - H_{2a/1} \\ &= H'_{2a/1} + S_1 - [H'_{2a/1} + (S_1 - s'_2)] \\ &= H'_{2a/1} - H'_{2a/2} + s'_2 \end{aligned}$$

ce qui montre que la portion  $s'_2$  de la quantité de chaleur  $S_1$  contribue à la production de travail dans le deuxième élément de la turbine.

D'une façon identique nous pouvons arriver, en considérant différents étages de la turbine, aux résultats suivants :

Etage No 3

$$\begin{aligned} H_{2/2} - H_{2a/3} &= \{H'_{2a/2} + (S_1 - s'_2) + S_2\} \\ &\quad - \{H'_{2a/3} + S_1 - s'_2 - s'_3 + S_2 - s'_3\} \\ &= H'_{2a/2} - H'_{2a/3} + s'_3 + s'_3 \\ &= H'_{2a/2} - H'_{2a/3} + s_3 \end{aligned}$$

Etage No n

$$\begin{aligned} H_{2/n-1} - H_{2a/n} &= H'_{2a/n-1} - H'_{2a/n} + s_n \\ s_n &= s'_n + s''_n + s'''_n + \dots + s_n^{n-1} \end{aligned}$$

Etage No z (dernier)

$$\begin{aligned} H_{2/z-1} - H_{2a/z} &= H'_{2a/z-1} - H'_{2a/z} + s_z \\ s_z &= s'_z + s''_z + s'''_z + \dots + s_z^{z-1} \end{aligned}$$

Faisons maintenant la somme, pour tous les étages de la turbine, de ces différentes quantités. Nous obtenons, en désignant par  $n$  une turbine élémentaire en général et par  $z$  le nombre total des étages,

$$\sum_1^z \{H'_{2a/n} - H'_{2a/n+1}\} + \sum_1^z s = \sum_1^z \{H_{2/n} - H_{2a/n+1}\} \quad (2)$$

Dans cette équation  $\sum_1^z s = s_1 + s_2 + s_3 + s_4 + \dots + s_z$  (avec  $s_1 = 0$  pour mémoire) et d'autre part

$$\sum_1^z \{H'_{2a/n} - H'_{2a/n+1}\}$$

signifie la quantité de chaleur que la turbine pourrait convertir en énergie mécanique si la détente avait lieu, le long de toute la machine, selon une isentropique.

Cette expression n'est donc autre chose que la différence :

$$H_{2/0} - H'_{2a/z}$$

Définissons maintenant les deux rapports suivants :

$$\gamma'_n = \frac{H_{2/n} - H_{2/n+1}}{H_{2/n} - H_{2a/n+1}} \dots \dots \dots (3)$$

$$\gamma_i = \frac{\sum_1^z \{H_{2/n} - H_{2/n+1}\}}{H_{2/0} - H'_{2a/z}} = \frac{H_{2/0} - H_{2/z}}{H_{2/0} - H'_{2a/z}} \dots (4)$$

La relation (3) est un rapport entre la quantité de chaleur disponible et celle utilisée d'après le diagramme entropie-température (ou un diagramme dérivé de celui-ci), donc, en apparence, dans une turbine élémentaire quelconque désignée par  $n$ ; nous nommerons ce rapport *rendement apparent* de la turbine élémentaire.

L'équation 4 nous donne le rendement global de la turbine multiple puisque  $H_{2/0}$  est la chaleur contenue dans l'unité de poids de vapeur au début de la détente dans la machine,  $H_{2/z}$  la quantité de chaleur contenue dans l'unité de poids de vapeur à la fin de la détente réelle de la machine, et que par conséquent, la différence entre ces deux quantités de chaleur (énergie) ne peut que donner le travail fourni — d'après nos prémisses — aux aubes de la turbine.

Pour simplifier, nous admettons que toutes les turbines élémentaires sont prévues de telle sorte que  $\gamma'_n$  soit une quantité égale pour tous les éléments ainsi que la différence ( $H_{2/n} - H_{2a/n+1}$ ). Nous verrons que ces hypothèses représentent en général une approximation et qu'en réalité elles ne peuvent se vérifier exactement que dans un cas particulier bien déterminé, mais, en les considérant comme justes, nous pouvons écrire :

$$\sum_1^z (H_{2/n} - H_{2/n+1}) = z (H_{2/n} - H_{2/n+1})$$

et aussi

$$\sum_1^z (H_{2/n} - H_{2a/n+1}) = z (H_{2/n} - H_{2a/n+1}).$$

Par suite :

$$z (H_{2/n} - H_{2/n+1}) = (H_{2/0} - H_{2/z}) = \gamma_i (H_{2/0} - H'_{2a/z}) = z \gamma'_n (H_{2/n} - H_{2a/n+1})$$

d'où nous tirons la valeur de  $\gamma_i$  :

$$\gamma_i = \gamma'_n \frac{z (H_{2/n} - H_{2a/n+1})}{H_{2/0} - H'_{2a/z}} = \gamma'_n \frac{z (H'_{2a/n} - H'_{2a/n+1}) + \sum_1^z s}{H_{2/0} - H'_{2a/z}}$$

en tenant compte de l'équation (2).

Puisque

$$z (H'_{2a/n} - H'_{2a/n+1}) = (H_{2/0} - H'_{2a/z})$$

comme le montre la fig. 2, on a aussi :

$$\gamma_i = \gamma'_n \left[ 1 + \frac{\sum_1^z s}{H_{2/0} - H'_{2a/z}} \right] \dots \dots \dots (5)$$

Cette dernière équation met en évidence une des particularités connues des turbines à vapeur multiples.  $\sum_1^z s$  représentant la somme des pertes récupérables le long de la turbine, nous voyons que le rendement global de la turbine multiple est plus grand que le rendement apparent de chaque turbine élémentaire. L'augmentation du rendement global par rapport au rendement apparent partiel est donnée par le produit de ce dernier fois le quotient de la somme des pertes récupérables sur la quantité totale de chaleur disponible.

(A suivre).

**Concours pour l'Hôtel de la Banque Nationale Suisse, à Zurich.**

**Extrait du rapport du Jury.**

(Suite)<sup>1</sup>

11. Hermann Herter, Zurich.

L'auteur a livré un travail très consciencieux et sérieusement étudié, la clarté des plans en particulier attire d'emblée l'attention.

A l'exception de quelques détails, le rez-de-chaussée est conforme aux desiderata de la banque. Le vestibule est bien relié avec l'administration des titres et les antichambres, de même que les escaliers des safes sont bien disposés.

L'antichambre et les cabines de cette division devraient être réunies dans un seul local. Le grand escalier empiète sur la salle du clearing et en diminue en partie la hauteur. Il n'y a rien à objecter contre la disposition générale des différents escaliers; cependant, les volées de l'escalier principal sont beaucoup trop longues.

Au sous-sol, un couloir de surveillance doit être réservé à l'intérieur du mur de face, entre l'antichambre et les chambres fortes. Pour le reste, la disposition du sous-sol répond bien aux besoins du service de la banque.

Dans les parties Est, Nord et Ouest du bâtiment, un entresol a été intercalé dans le rez-de-chaussée, qui a une hauteur de huit mètres. Cet entresol renferme trois appartements desservis par un escalier entièrement indépendant.

Les plans des étages supérieurs se distinguent par une grande netteté. Quelques communications directes, en particulier celle entre la comptabilité du visa et la comptabilité ordinaire de la succursale n'ont pas été obtenues.

A tous les étages, les dimensions de plusieurs bureaux ne répondent pas aux exigences du service; cette distribution a été imposée soit par la disposition des baies, soit par la très grande profondeur des pièces, qui atteint huit mètres.

L'architecture présente en général des proportions agréables, surtout dans les étages inférieurs; malheureusement la disposition du troisième étage et la corniche du toit, nuit à l'aspect général. La forte accentuation des lignes verticales par des piliers vigoureux aurait en tout cas exigé un couronnement beaucoup plus important.

Les locaux de réserve ont une superficie de 1343 mètres carrés.

<sup>1</sup> Voir numéro du 25 août 1917, p. 166.