

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 47 (1921)  
**Heft:** 4  
  
**Artikel:** Un bilan thermique  
**Autor:** Demierre, H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-36578>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 22.02.2026

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

pour l'étude d'un temple protestant à construire sur l'emplacement sis « Sur Muraz ».

Le terrain réservé à la construction du temple est délimité par la ligne A. B. C. D. E. F. G. H. de la fig. 1. Ce terrain, dans une belle position, au pied de la colline du Château du Châtelard, en bordure de l'Avenue Eugène Rambert, domine la localité de Clarens. C'est une parcelle du cimetière de Clarens désaffecté cédée par la commune du Châtelard.

Sur cet emplacement doit s'élever un temple contenant 500 places assises au parterre ; en outre une galerie et la place d'un orgue ; une sacristie de 30 à 40 m<sup>2</sup>, avec entrée indépendante et accès direct rapproché de la chaire ; un clocher, toilette et W.-C., chauffage central avec corps de chauffe masqués. L'installation de la chaufferie et le dépôt de combustible seront au sous-sol avec accès direct de l'extérieur.

La cheminée du chauffage sera étudiée, comme place et comme silhouette, de manière à ne pas faire disparate avec les lignes de l'édifice.

En annexe au temple, un columbarium. Le voisinage du Château du Châtelard doit encourager les concurrents à adopter une architecture discrète. On indiquera sur les plans le mobilier. Les arbres indiqués sur le plan de situation doivent être respectés le plus possible.

Le jury attachera, dans son jugement, une certaine importance au cube le plus réduit.

#### Extrait du Rapport du Jury.

Le jury a examiné, les 13 et 14 octobre 1920, dans la Grande salle du Nouveau Collège, à Montreux, 66 projets parvenus en temps utile.

De ces 66 projets, 22 sont éliminés au premier tour.

Au deuxième tour, 22 projets sont également éliminés.

Le jury procède à un troisième tour éliminatoire qui écarte 17 projets.

Cinq projets restent en présence pour le classement définitif, ce sont les N<sup>os</sup> :

- |                    |                 |
|--------------------|-----------------|
| 1. Deo Consecrata. | 20. I. N. R. I. |
| 2. Oraison.        | 44. Châtelard.  |
| 48. Castellarium.  |                 |

44. Châtelard. — Ce projet a retenu d'emblée l'attention du jury par sa grande simplicité et le caractère local de son architecture. Il a en outre l'avantage d'un cube très réduit et d'une construction simple et économique. Le plan, bien compris, répond très bien aux besoins du culte. Une remarque peut être faite au sujet du columbarium qui dépasse les limites du terrain. Il pourra être réduit sans nuire à l'ensemble. Nous verrions d'un bon œil l'exhaussement de la façade principale par un enmarchement. — Cube du temple 8500 m<sup>3</sup> (fig. 1 à 5).

(A suivre.)

#### Un bilan thermique.

*Bilan thermique!* Le terme est expressif, aussi a-t-on, en gros, l'intuition de ce qu'il désigne, mais, lorsqu'il s'agit de « chiffrer » c'est pour beaucoup une tout autre affaire. Et, pourtant, ce n'est pas difficile : nous allons tenter de le montrer en analysant et commentant un bilan thermique dressé par M. C. De la Condamine, ingénieur principal de l'Office de chauffe rationnelle, à Paris, pour le compte de la Compagnie du chemin de fer de Paris à Orléans. Ce bilan vise des essais de chauffage au mazout des locomotives : on en trouvera la description dans le numéro de janvier 1921 de la *Revue géné-*

*rale des chemins de fer*, sous la signature de M. L. Bigourat, chef d'études principal à la Compagnie d'Orléans.

Le mazout employé contenait, d'après l'analyse chimique, 86,4 % de carbone, 11,7 % d'hydrogène et 2,2 % d'impuretés dont 1,5 % d'eau. La quantité d'eau vaporisée par kg. de mazout brûlé, déterminée d'après le volume d'eau d'alimentation, fut de 13,2 kg., à la pression de 17 kg absolus correspondant à une température de 203°. Quantité de vapeur pour la pulvérisation de 1 kg. de mazout : 0,450 kg. Température extérieure : 20°.

Evaluons d'abord l'Actif de notre bilan ; il est constitué : 1° par le pouvoir calorifique du mazout ; 2° par la chaleur disponible apportée par la vapeur servant à la pulvérisation.

• 1° On détermine très simplement le pouvoir calorifique en brûlant en présence d'un excès d'oxygène sous pression un poids connu du combustible dans une sorte d'autoclave, la bombe de Mahler, et en mesurant, par les procédés calorimétriques ordinaires, la quantité de chaleur dégagée par la combustion. On a trouvé ici que le pouvoir calorifique du mazout était de 9871 calories par kilogramme.

2° La chaleur disponible apportée par les 450 gr. de vapeur pour la pulvérisation est la chaleur sensible correspondant à l'élévation de ce poids de vapeur de 20° à 200°, soit, la chaleur spécifique moyenne de la vapeur d'eau étant de 0,477

$$0,450 \times 0,477 \times 180 = 39 \text{ calories.}$$

« Ventilons » maintenant cet Actif, constitué par ces deux postes, entre les différents postes du Passif, à savoir : 1° les calories emportées par les fumées ; 2° les calories perdues par combustion incomplète ; 3° les calories perdues par rayonnement et conductibilité ; enfin, 4° les calories utilisées à la production de vapeur dans la chaudière.

Le total de ces quatre postes du Passif devra, par définition, être égal au total des deux postes de l'Actif. Analysons notre Passif.

*Calories perdues par les fumées.* — On commence par faire l'analyse chimique de ces fumées : opération aisée, rapide et à la portée de tout le monde, au moyen d'un appareil du type Orsat. D'une série de dosages on a tiré les moyennes suivantes :

Tableau I

Acide carbonique (CO <sup>2</sup> ) . . . . .	10,57 %
Oxyde de carbone (CO) . . . . .	0,22 %
Oxygène . . . . .	4,55 %
Azote . . . . .	84,64 %
Température des fumées . . . . .	330° C

Nous allons calculer le nombre des calories emportées par les fumées. A cet effet nous ferons usage de deux notions dont il est peut-être bon de rappeler les définitions à l'intention de ceux de nos lecteurs qui ne seraient plus très familiers avec la chimie théorique. Ce sont : 1° Le *volume moléculaire*, soit le volume contenant une molécule-gramme d'un gaz. Exemple, le volume moléculaire de l'acide carbonique sera le volume occupé par une molécule-gramme (CO<sup>2</sup>) de ce gaz, c'est-à-dire, le poids d'un atome de carbone (C) étant 12 et celui de deux atomes d'oxygène (O<sup>2</sup>) étant 32, par 44 gr. d'acide carbonique. En vertu de l'hypothèse d'Avogadro, les volumes moléculaires de différents gaz, dans les mêmes conditions de température et de pression, sont égaux. Autrement dit les volumes exprimés dans le tableau représentant, ci-dessus, les résultats de l'analyse des fumées peuvent être assimilés à des volumes moléculaires. 2° La *capacité calorifique moléculaire* est le produit de la *chaleur spécifique* (quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré la température de l'unité de poids

d'un corps) par le poids moléculaire. Exemple : Acide carbonique ( $CO_2$ ) poids moléculaire 44 grammes, chaleur spécifique 0,2172. Capacité calorifique moléculaire  $0,2172 \times 44 = 9,56$  calories-grammes.

Reprenons maintenant nos calculs : un volume moléculaire d'acide carbonique contenant, par définition, une molécule-gramme  $CO_2$  qui elle-même contient, nous l'avons vu, 12 gr. de carbone, les 10,57 volumes, assimilables à 10,57 volumes moléculaires de  $CO_2$  que l'analyse (Tableau I) a révélés dans 100 volumes de fumées correspondront à  $10,57 \times 12 = 126,84$  grammes de carbone. Un calcul semblable nous fournira, pour la quantité de carbone correspondant au 0,22 vol. de  $CO$  (la molécule de  $CO$  contenant aussi 12 gr. de C)  $0,22 \times 12 = 2,64$  grammes. Tout le carbone du mazout ayant passé dans les fumées, sous forme de  $CO_2$  et de  $CO$ , la somme de ces deux quantités ( $126,84 + 2,64 = 129,48$ ) représente le poids de carbone du mazout correspondant à 100 volumes moléculaires de fumées. L'analyse élémentaire ayant montré que 1 kg. de mazout renferme 861 gr. de carbone, une simple règle de trois donne :

$$100 \times \frac{861}{129,48} = 665 \text{ volumes moléculaires}$$

de fumées produites par la combustion d'un kilo de mazout. Au moyen de quelques règles de trois encore, il est facile de calculer le nombre de molécules correspondant pour chaque gaz au volume moléculaire constaté par le dosage (Tableau I). Ainsi, pour  $CO_2$ , sachant que dans 100 volumes moléculaires de fumées il y a 10,57 volumes moléculaires de  $CO_2$ , ou 10,57 molécules, dans 665 volumes moléculaires il y aura :

$$CO_2 = 665 \times \frac{10,57}{100} = 70,3 \text{ molécules.}$$

On trouvera de même :

$$CO = 665 \times \frac{0,22}{100} = 1,5 \text{ molécule.}$$

$$O_2 = 665 \times \frac{4,55}{100} = 30,3 \text{ molécules.}$$

$$Az^2 = 665 \times \frac{84,64}{100} = 562,9 \text{ molécules.}$$

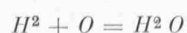
La température des fumées étant de  $330^\circ$ , la perte de chaleur qu'elles causent par entraînement est égale à la quantité de chaleur qui a servi à les porter de la température ambiante jusqu'à  $330^\circ$ , c'est-à-dire au produit, pour chaque gaz, du nombre de molécules par la capacité calorifique moléculaire et par  $330 - 20 = 310$ , le tout divisé par 1000 pour avoir le résultat en grandes calories.

$$\begin{array}{ll} CO_2 & 70,3 \times 9,68 \times 310 = 210,9 \text{ calories} \\ CO & 1,5 \times 7 \times 310 = 3,3 \text{ »} \\ O_2 & 30,2 \times 7 \times 310 = 65,5 \text{ »} \\ Az^2 & 562,9 \times 7 \times 310 = 1221,5 \text{ »} \end{array}$$

Total 1501,2 calories

Mais ce n'est pas tout, les fumées contiennent encore de la vapeur d'eau provenant 1° de la combustion de l'hydrogène contenu dans le mazout sous forme d'hydrocarbures ; 2° de l'eau à l'état d'impureté dans le mazout ; et 3° de la vapeur employée à la pulvérisation de l'huile à la sortie du brûleur.

1° Le dosage chimique a fait ressortir la quantité d'hydrogène contenue dans le mazout à 11,7 % soit 117 gr. par kg. de mazout. Or en vertu de l'équation



une molécule gramme, soit  $H^2 = 2$  gr., d'hydrogène produit,

par sa combustion 1 molécule-gramme d'eau, donc 117 gr. d'hydrogène produiront

$$1^\circ \quad \frac{1 \times 117}{2} = 58,5 \text{ molécules d'eau}$$

La teneur en eau d'impureté étant de 1,5 % soit 15 gr. par kg. de mazout et le poids moléculaire de l'eau étant 18, on a

$$2^\circ \quad \frac{15}{18} = 0,8 \text{ molécule d'eau}$$

Enfin la quantité de vapeur employée à la pulvérisation était de 450 gr. par kg. de mazout brûlé, ce qui correspond à

$$3^\circ \quad \frac{450}{18} = 25 \text{ molécules}$$

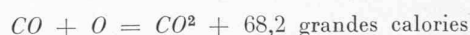
$(1^\circ) + (2^\circ) + (3^\circ) = 58,5 + 0,8 + 25 = 84,3$  molécules d'eau emportant

$$\frac{84,3 \times 9 \times 310}{1000} = 235,2 \text{ calories}$$

qui, ajoutées aux 1501,2 calories perdues par les gaz constituent le premier poste de notre *Passif*, soit

I *Calories perdues par les fumées* 1736,4

La présence d'oxyde de carbone dans les fumées est l'indice d'une combustion incomplète car cet oxyde est lui-même combustible conformément à l'équation



Le résidu de 1,5 molécule de  $CO$  constaté dans les fumées représente donc une perte de  $1,5 \times 68,2 = 102$ , soit

II *Calories perdues par combustion incomplète* 102.

Enfin on « estime » les

III *Calories perdues par rayonnement et conductibilité* à 300.

Faisons maintenant le compte des calories utilisables. Nous avons dit au début que la quantité d'eau vaporisée était de 13,2 kg. par kilo de mazout consommé, mais M. De la Condamine soupçonna ce chiffre d'être erroné et il préféra le calculer par différence entre les calories disponibles et les calories perdues, soit en faisant la somme algébrique des différents postes que nous venons d'évaluer :

$$9871 + 39 - 102 - 1736 - 300 = 7772 \text{ calories}$$

qui, à raison de 651,8 calories pour la transformation d'un kilo d'eau à  $20^\circ$  en un kilo de vapeur à  $17^\circ$  ( $200^\circ$ ), correspondent à

$$\frac{7772}{651,8} = 11,9 \text{ kg. de vapeur par kilo de mazout.}$$

Voilà notre bilan établi et le tableau suivant le récapitule.

*Actif.*

Calories disponibles dans le mazout (pouvoir calorifique)	9871
Calories apportées par la vapeur de pulvérisation . . .	39
Total	9910

*Passif.*

Calories perdues par les fumées, 17,5 % . . . . .	1736
Calories perdues par combustion incomplète, 1 % . .	102
Calories perdues par rayonnement et conductibilité 3%	300
Calories utiles, 78,5 % . . . . .	7772
Total	9910

D'où rendement thermique de la chaudière 78,5 %.

On le voit, l'établissement d'un tel bilan n'est rien moins que difficile. En fait d'outillage: un thermomètre, un appareil d'Orsat, l'analyse chimique du combustible et la détermination du pouvoir calorifique, opérations qui se font une fois pour toutes, pouvant, et avantageusement, être confiées à un chimiste disposant d'un laboratoire ad hoc. En fait de connaissances théoriques: quelques notions de chimie élémentaire et les quatre opérations fondamentales de l'arithmétique. Encore les notions de chimie ne sont-elles utiles qu'aux expérimentateurs curieux de comprendre ce qu'ils font.

H. DEMIERRE.

## DIVERS

### L'usure des turbines et les moyens d'y parer.

On nous communique l'extrait suivant d'un rapport du propriétaire de l'usine de Florida-Alta (Chili) sur le fonctionnement du dessableur, système H. Dufour, décrit dans la notice sur *L'usure des turbines et les moyens d'y parer* que nous avons publiée dans nos derniers numéros de 1919<sup>1</sup> et dans les premiers numéros de 1920<sup>2</sup>. — *Réd.*

L'usine hydro-électrique de Florida-Alta, près de Santiago du Chili (appartenant à la Compagnie allemande Transatlantique d'Electricité) mise en service au début de 1910, a eu, pendant ses deux premières années, à lutter d'une façon extraordinaire, contre l'action destructrice de la grande quantité de sable fin et mordant, charrié par son eau motrice. L'usure des quatre turbines Francis doubles de 4000 HP chacune (dont deux des Ateliers *Escher Wyss et Cie*, à Zurich, et deux des Ateliers *J. M. Voith*, à Heidenheim), était telle qu'il fallut envisager leur modification radicale ou leur transformation complète. M. Henri Dufour, ingénieur, fut délégué pour étudier sur place l'opportunité de certaines modifications de la construction et de la matière première des turbines Voith. Pendant les périodes d'attente, résultant des conditions de service de l'usine, M. Dufour, d'accord avec la Direction, s'est occupé, non seulement à éviter l'action ruineuse du sable sur les pièces de turbines, mais aussi, à supprimer la cause de cette action, c'est-à-dire à réduire la teneur en sable de l'eau au minimum possible, par l'emploi d'un procédé de dessablage spécial. Les expériences faites avec un dessableur-modèle en bois, de grandes dimensions, modifié plusieurs fois, ont prouvé que par une transformation appropriée des deux bassins de décantation existants, la teneur en sable de l'eau pouvait être diminuée dans une très forte proportion.

Sur la base des expériences et des propositions de M. Dufour, la Direction s'est décidée en 1912 à transformer d'abord un bassin; le résultat obtenu ayant été extrêmement satisfaisant, la transformation du second bassin fut commencée aussitôt. Comme preuve frappante du résultat final obtenu, on peut citer: au début de l'exploitation, après environ 2000 heures de marche, les turbines devaient être transformées au complet (remplacement des aubes directrices, des roues motrices, des tourillons, des parois du distributeur, etc.), et la longue durée de la machine entière était mise en doute. Aujourd'hui, c'est seulement après environ 7000 à 8000 heures de marche que les turbines doivent subir une revision, sans réparation générale et sans avoir souffert les avaries subites et graves du début. Bien que les frais de la transformation du dessableur, qui eut lieu pendant le service de l'usine, aient été importants, les économies sur le matériel, les dépenses de main-d'œuvre et de traitements, par suite de la simplification et de la plus

grande sécurité du service, ont prouvé que dans ce cas ils étaient pleinement justifiés. Jusqu'à ce jour les dessableurs travaillent à notre entière satisfaction, ils ne demandent qu'une faible surveillance et peu d'entretien.

La Direction de l'usine est reconnaissante à M. Dufour de l'application et du grand intérêt qu'il a témoigné au problème du dessablage jusqu'à sa solution et, désire qu'il lui soit donné l'occasion, en Europe, où de tous côtés les usines actionnées par l'eau des montagnes ont à lutter avec de semblables difficultés, de pouvoir introduire et généraliser l'emploi de son système.

### Le laboratoire d'essai des turbines de la Société hydrotechnique de France.

Cette société a décidé la création d'un laboratoire d'essais et a constitué à cet effet une « Commission des essais » qui, sous la présidence de MM. *Rateau*, membre de l'Institut et *Eydoux*, professeur à l'Ecole nationale des Ponts et chaussées, « étudiera et déterminera la nature et la succession des essais à entreprendre aux frais de la Société, le laboratoire restant d'ailleurs toujours ouvert aux inventeurs et constructeurs désireux de se livrer à des recherches personnelles et secrètes ». Parmi les noms des membres de cette Commission, nous relevons ceux de MM. *A. Boucher*, ingénieur à Prilly et *Hahn*, ancien élève de l'Ecole polytechnique fédérale, professeur à l'Université de Nancy.

### Congrès de chauffage et de ventilation, en mars 1921, à Lyon.

Pendant la durée de la Foire de Printemps 1921, l'« Office central de la Construction et de l'Habitation » a organisé à Lyon, en accord avec le Comité de la Foire et la Ville de Lyon, un concours-exposition d'appareils de chauffage et de ventilation.

Ce concours a pour but d'attirer l'attention des architectes, des entrepreneurs et du public sur les réalisations obtenues actuellement par les méthodes modernes.

Les appareils seront groupés suivant la nature du combustible employé: combustibles solides, combustibles liquides, gaz, électricité et suivant les modes d'utilisation du pouvoir calorifique.

En même temps que ce concours-exposition aura lieu le Congrès annuel de l'Office qui, en mars 1921, se propose d'étudier spécialement, outre le problème des « Habitations à bon marché » toutes les questions relatives au chauffage et à la ventilation.

Ainsi l'« Aménagement technique » de la maison sera examiné à la fois pratiquement et techniquement d'une manière efficace. Toutes les Sociétés électriques et toutes les Sociétés gazières, qui sont les premières et les principales intéressées au développement rationnel de la consommation, seront sollicitées d'apporter leur concours.

## SOCIÉTÉS

### Société genevoise des Ingénieurs et des Architectes.

Séance du jeudi 21 octobre 1920.

Présidence de M. F. Fulpius, membre du Comité, en l'absence du président et du vice-président.

Sont présents: Vingt-huit membres à l'ouverture de la séance à 8 h. 45.

<sup>1</sup> Pages 267, 280.

<sup>2</sup> Pages 23, 37, 75, 97, 433.