

## AVIS

Les paragraphes et les chapitres marqués d'un astérisque (\*) ne sont pas compris dans le programme d'enseignement des lycées, mais ils le sont dans les programmes des Facultés de médecine et des Facultés des sciences.

Quant aux paragraphes imprimés en petit caractère, les uns, contenant des formules et des problèmes, seront omis par les lecteurs peu familiarisés avec le calcul algébrique; les autres, ne faisant pas partie des programmes, et comprenant la *capillarité*, la *vision*, la *polarisation*, etc., s'adressent aux lecteurs qui veulent acquérir des connaissances générales sur toutes les branches de la physique.

Les nombres placés au-dessous des dessins, à droite des numéros d'ordre, indiquent, en centimètres, la hauteur des appareils, ou leur longueur dans le sens horizontal, suivant que ces nombres sont précédés des lettres *h* ou *l*.

---

*Tous nos dessins étant originaux* et pris, en général, dans notre cabinet de physique, la reproduction en est interdite et sera poursuivie en contrefaçon; il en sera de même, en vertu des traités internationaux, de toute traduction non autorisée par l'auteur.

---

OUVRAGE DU MÊME AUTEUR :

# COURS DE PHYSIQUE

PUREMENT EXPÉRIMENTALE ET SANS MATHÉMATIQUES

A l'usage des gens du monde, des candidats au baccalauréat ès lettres, des écoles normales primaires, des institutrices, des pensions de demoiselles, etc.;

**Ouvrage de luxe, orné de 368 magnifiques gravures.**

TROISIÈME ÉDITION

Augmentée de 35 figures et refondue dans plusieurs de ses parties.

Cette édition a été complétée conformément au nouveau programme du baccalauréat ès-lettres, et plusieurs vignettes ont été refaites pour approprier davantage le livre à l'enseignement dans les classes élémentaires.

Prix, broché : 5 fr. 50 c.

Même prix par la poste, en adressant *franco* à M. GANOT, 54, rue Monsieur-le-Prince, un mandat sur la poste de 5 fr. 50.

---

Paris. — Imprimerie WIESENER et Co, rue Delaborde, 12.

(Tirage avec les encres de la Maison Bréham.)

TRAITÉ  
ÉLÉMENTAIRE  
DE PHYSIQUE



EXPÉRIMENTALE ET APPLIQUÉE

ET DE

MÉTÉOROLOGIE

SUIVI D'UN RECUEIL DE 100 PROBLÈMES AVEC SOLUTIONS

et illustré de 715 belles gravures sur bois intercalées dans le texte

ET D'UNE PLANCHE COLORIÉE

A l'usage des Établissements d'instruction, des aspirants aux grades des Facultés  
et des candidats aux diverses écoles du Gouvernement

PAR A. GANOT

PROFESSEUR DE MATHÉMATIQUES ET DE PHYSIQUE

DOUZIÈME ÉDITION

AUGMENTÉE DE 30 GRAVURES NOUVELLES,  
DONT PLUSIEURS COUPES A L'USAGE DES ÉLÈVES, LE CONGÉLATEUR  
DE M. CARRÉ, DIVERS APPAREILS NOUVEAUX DE M. TYNDALL, LE CALORIMÈTRE  
A MERCURE DE MM. FABRE ET SILBERMANN, L'OPHTHALMOSCOPE DU D<sup>r</sup> HELMHOLTZ,  
LE NOUVEAU RÉGULATEUR DE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE DE M. FOUCAULT,  
LES PILES CALLAUD ET MINOTTO, LE PANTÉLÉGRAPHE  
DE M. L'ABBÉ CASELLI, ETC.



PARIS  
CHEZ L'AUTEUR-ÉDITEUR  
54, RUE MONSIEUR-LE-PRINCE

—  
1866

428. **Différentes sortes de chauffage.** — Le *chauffage* est un art qui a pour objet d'utiliser, dans l'économie domestique et dans l'industrie, les sources de chaleur que nous offre la nature.

La source de chaleur principalement en usage jusqu'à nos jours est la combustion du bois, du charbon, de la houille, du coke, de la tourbe et de l'anhracite. Depuis quelques années, on commence à utiliser le gaz d'éclairage pour le chauffage.

D'après les appareils qui servent à la combustion, on peut distinguer cinq sortes de chauffage : 1<sup>o</sup> le chauffage à foyer extérieur, comme les cheminées; 2<sup>o</sup> le chauffage à foyer intérieur, comme les poêles; 3<sup>o</sup> le chauffage par l'air chaud; 4<sup>o</sup> le chauffage par la vapeur; 5<sup>o</sup> le chauffage par circulation d'eau chaude. Nous allons successivement faire connaître ces différents procédés d'une manière très-succincte.

429. **Cheminées.** — On sait que les *cheminées* sont des foyers ouverts, adossés à un mur, et surmontés d'un tuyau par lequel se dégagent les produits de la combustion. Leur invention paraît dater du premier siècle de l'ère chrétienne. Dans les temps plus reculés, le foyer était placé au milieu de la pièce à chauffer, et la fumée s'échappait par une ouverture pratiquée sur le comble des habitations. C'est pourquoi Vitruve défend d'enrichir d'ouvrages somptueux les appartements d'hiver, afin qu'ils ne soient pas endommagés par la fumée et par la suie.

Les premières cheminées, quoique placées contre les murs, n'étaient pas entourées de chambranles, mais seulement surmontées d'une *hotte* qui donnait dégagement à la fumée. Ce n'est que dans les temps modernes qu'on a donné aux cheminées la forme qu'elles ont aujourd'hui. Ce sont des physiciens qui les ont successivement perfectionnées, et particulièrement Philibert Delorme, Gauger, Franklin et Rumford.

Quelques perfectionnements qu'on ait apportés à la construction des cheminées, elles sont encore le mode de chauffage le plus imparfait et le plus dispendieux, car elles n'utilisent, avec le bois, qu'environ 6 pour 100 de la chaleur totale dégagée par le combustible, et 13 avec le coke et la houille. Cette perte énorme de

calorique provient de ce que le courant d'air nécessaire à la combustion entraînant toujours une portion considérable de la chaleur produite, celle-ci va se perdre en grande partie dans l'atmosphère. C'est ce qui avait fait dire à Franklin que, si l'on voulait, pour une quantité de combustible donnée, obtenir le moins de chaleur possible, il faudrait adopter les cheminées. Néanmoins elles sont et seront toujours le mode de chauffage le plus agréable et le plus sain, par la présence du feu et par le renouvellement continu qu'elles entretiennent dans l'air des appartements.

430. **Tirage des cheminées.** — On entend par *tirage* d'une cheminée un courant de bas en haut qui s'établit dans le tuyau par l'effet de l'ascension des produits de la combustion ; quand le courant est rapide et continu, on dit que la cheminée *tire bien*.

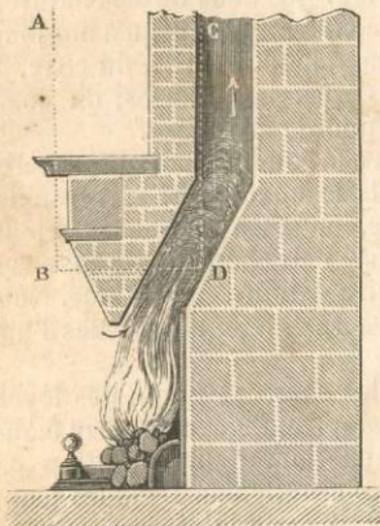


Fig. 291.

Le tirage a pour cause la différence de température à l'intérieur et à l'extérieur du tuyau ; car, en vertu de cette différence, les matières gazeuses qui remplissent le tuyau étant moins denses que l'air de l'appartement, l'équilibre est impossible (166). En effet, le poids de la colonne gazeuse CD (fig. 291), dans le tuyau, étant moindre que celui de la colonne d'air extérieur AB, de même hauteur, il en résulte,

de l'extérieur vers l'intérieur, un excès de pression qui refoule les produits de la combustion d'autant plus rapidement, que la différence de poids entre les deux masses gazeuses est plus grande.

On constate très-bien l'existence des courants que font naître dans les gaz les différences de température, au moyen de l'expérience suivante. On ouvre une porte mettant en communication une pièce chauffée avec une qui ne l'est pas, puis on tient, vers le haut de la porte, une bougie allumée ; on voit alors la flamme se diriger de la pièce chaude vers la pièce froide. Au contraire, si l'on pose la bougie sur le sol, la flamme se dirige de la pièce froide vers la pièce chaude. Ces deux effets sont dus à un courant d'air chaud qui s'échappe par le haut de la porte, tandis que l'air froid, qui vient le remplacer, arrive par le bas.

Pour avoir un bon tirage, une cheminée doit satisfaire aux conditions suivantes :



1° La section du tuyau doit avoir la dimension strictement nécessaire pour l'écoulement des produits de la combustion ; autrement, si cette section est trop grande, il s'établit à la fois des courants ascendants et des courants descendants, et la cheminée fume. Il est bon de placer au sommet du tuyau une buse conique plus étroite que lui, afin que la fumée sorte avec une vitesse suffisante pour résister à l'action du vent.

2° Le tuyau de la cheminée doit être suffisamment élevé, car le tirage ayant pour cause l'excès de la pression extérieure sur la pression intérieure dans le tuyau, cet excès de pression sera d'autant plus grand, que la colonne d'air échauffée sera plus haute.

3° L'air extérieur doit pouvoir pénétrer dans l'appartement où est la cheminée assez rapidement pour répondre à l'appel du foyer. Dans un appartement hermétiquement fermé, le combustible ne brûlerait pas, ou il s'établirait des courants d'air descendants qui rabattraient la fumée dans l'appartement. L'air entre ordinairement en quantité suffisante par les joints des portes et des croisées.

4° On doit toujours éviter de faire communiquer entre eux deux tuyaux de cheminée, car si l'un tire plus que l'autre, il se produit, dans ce dernier, un courant d'air descendant qui ramène la fumée.

431. **Poêles.** — Les *poêles* sont des appareils de chauffage à foyer isolé, placés au milieu même de la masse d'air qu'on veut échauffer, en sorte que le calorique rayonne dans toutes les directions autour du foyer. A la partie inférieure est la prise d'air nécessaire à la combustion, dont les produits se dégagent, à la partie supérieure, par des tuyaux de tôle plus ou moins longs. Ces produits gazeux sortant ainsi très-refroidis, on parvient à utiliser la presque totalité de la chaleur développée; aussi ce mode de chauffage est-il le plus économique, mais il est loin d'être aussi salubre que les cheminées, car il ne donne qu'une ventilation très-faible, et même nulle, quand la prise d'air se fait à l'extérieur, comme cela a lieu dans les poêles suédois. Les poêles ont, en outre, l'inconvénient de répandre une odeur désagréable et nuisible, surtout lorsqu'ils sont de fonte ou de tôle, ce qui doit probablement être attribué à la décomposition des matières organiques qui sont dans l'air par leur contact avec les parois chaudes des tuyaux.

Avec les poêles de métal noirci, qui ont un grand pouvoir émissif, le chauffage est plus rapide; mais ces poêles se refroidissent très-vite. Les poêles de faïence blanche et polie, dont le pouvoir émissif est faible, donnent un chauffage plus lent, mais plus prolongé et plus doux.

432. **Chauffage par la vapeur.** — La propriété qu'ont les vapeurs de restituer leur calorique de vaporisation, lorsqu'elles se

condensent, a été utilisée pour le chauffage des bains, des ateliers, des édifices publics, des serres, des étuves. Pour cela, on produit la vapeur dans des chaudières analogues à celle qui a été décrite à l'article *Générateur de vapeur* (fig. 281); puis on la fait circuler dans des tuyaux placés dans le lieu qu'il s'agit de chauffer. La vapeur se condense dans ces tuyaux et leur cède tout son calo-

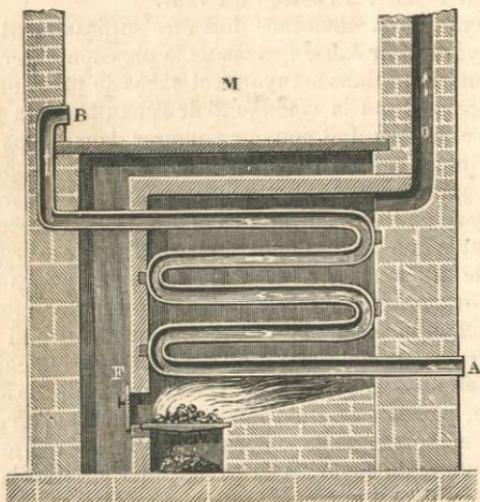


Fig. 292.

rique latent, qui devient libre au moment de la condensation. Ce calorique se transmet ensuite à l'air extérieur ou au liquide dans lequel sont placés les tuyaux de conduite.

433. **Chauffage à air chaud.** — Le chauffage à air chaud consiste à chauffer de l'air dans la partie inférieure d'un édifice, et à le laisser ensuite s'élever jusqu'aux étages supérieurs, en vertu de sa moindre densité, dans des tuyaux de conduite placés dans les murs. L'appareil est disposé comme le montre la figure 292. Un fourneau F, établi dans les caves, contient, à la suite les uns des autres, un système de tubes recourbés AB, dont un seul est visible dans le dessin. C'est par l'orifice inférieur A, qui est la *prise d'air*, que l'air extérieur pénètre dans les tubes; là il s'échauffe, et s'élevant dans le sens des flèches, il pénètre dans les appartements M par l'orifice supérieur B, qu'on nomme *bouche de chaleur*. Dans les différents étages, chaque pièce a ainsi une ou plusieurs bouches de chaleur, qui se placent le plus bas possible, l'air chaud tendant toujours à monter.

Le conduit O est un tuyau de cheminée ordinaire par lequel se dégagent du fourneau les produits de la combustion.

Ces appareils, connus sous le nom de *calorifères*, sont beaucoup plus économiques que les cheminées, mais ils ventilent aussi bien les appartements, et, par conséquent, sont plus salubres.

**434. Chauffage par circulation d'eau chaude.** — Le chauffage par circulation d'eau chaude consiste en un mouvement circulaire continu d'eau qui, après s'être échauffée dans une chaudière, s'élève dans une série de tubes; puis, après s'être refroidie, revient à la chaudière par une série semblable.

Le premier appareil propre à ce genre de chauffage fut inventé par Bonnemain, en France, vers la fin du siècle dernier; mais c'est M. Léon Duvoir qui a donné à ces appareils la forme qu'ils ont aujourd'hui. La figure 293 représente la disposition adoptée par cet ingénieur pour chauffer un édifice de plusieurs étages. L'appareil de chauffage, qui est dans les caves, consiste en une chaudière *oo*, en forme de cloche, et à foyer intérieur F. A la partie supérieure de la chaudière est fixé un long tube M, qui se rend à un réservoir Q, placé dans les combles de l'édifice qu'on veut chauffer. Ce réservoir porte, à sa partie supérieure, une tubulure *n* fermée par une soupape *s* qu'on charge plus ou moins, de manière à limiter la tension de la vapeur dans l'intérieur de l'appareil.

La chaudière et le tube M étant remplis d'eau, ainsi qu'une partie du réservoir Q, à mesure que l'eau s'échauffe dans la chaudière, il se produit, dans le tube M, un courant ascendant d'eau chaude jusqu'au réservoir Q, tandis qu'en même temps s'établissent des courants descendants d'eau moins chaude et plus dense, partant de la partie inférieure de ce réservoir, et se rendant respectivement par autant de tubes dans des récipients *b, d, f*, remplis d'eau. Puis de ceux-ci partent de nouveaux tubes dans lesquels le courant descendant se continue jusqu'à d'autres récipients *a, c, e*; et enfin, de ces derniers, le courant se continue, par des tubes de retour, jusqu'à la partie inférieure de la chaudière.

Pendant ce double parcours, l'eau chaude cédant successivement son calorique sensible aux tubes et aux récipients, ceux-ci s'échauffent et deviennent de véritables poêles à eau. On en calcule facilement le nombre et les dimensions, pour chauffer un espace déterminé, en s'appuyant sur cette donnée de l'expérience et de la théorie, qu'un litre d'eau suffit pour communiquer la chaleur nécessaire à 3200 litres d'air. Deux de ces poêles peuvent, pendant les froids, entretenir 600 à 700 mètres cubes d'air à une température de 15°.



Dans l'intérieur des récipients *a, b, c, d, e, f*, sont des tubes de fonte remplis d'air pris à l'extérieur par des tubes *P*, placés au-dessous du plancher. Cet air s'échauffe dans les tubes, et se dégage ensuite à la partie supérieure des récipients.

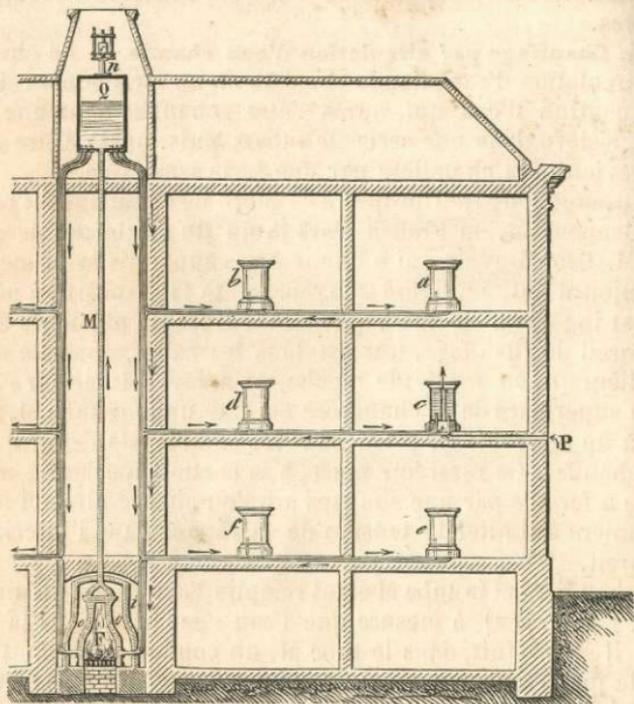


Fig. 293.

Le principal avantage de ce mode de chauffage est de donner une température sensiblement constante pendant fort longtemps, la masse d'eau contenue dans les récipients et dans les tubes ne se refroidissant que lentement; aussi l'usage en est-il très-répandu pour les serres, les étuves, l'incubation artificielle, et, en général, dans tous les cas où l'on a besoin d'une température uniforme.