

Le calorimètre de Lavoisier

Des instruments de physique élevés au rang de patrimoine

Marcus Lammert

(Correspondant Dordrecht)

Quel se souvient de l'appareil de Lavoisier, utilisé pour illustrer l'existence d'un maximum de densité de l'eau à une température voisine de 4°C ? La machine de Papin (inventeur de la Cocotte-Minuti), ou la cage de Faraday (inventeur destinée à protéger des isolateurs électriques et électrostatiques) ou encore du diagramme de Newton, concept de sections aux cosinus de l'arc en cercle et que semble-t-il, une fois en rotation ?

Puis de tous genres, de l'atome et de cristal, ces appareils, qui ont servi d'instruments de l'art de la génération de l'ère moderne, sont aujourd'hui élevés au rang de patrimoine.

« Le fait est de protéger un ensemble cohérent et représentant l'ensemble des connaissances physiques », explique le professeur Francis Gires, en rappelant que cette industrie esquivait de précieuses connaissances dès l'ère XVIII^e et 1900, et que ces outils n'ont pas été utilisés jusqu'à la fin du XIX^e siècle, avant de se perdre dans les musées, voire les décharges.

Néanmoins, en 2007, expert national du patrimoine de la culture pour la protection des instruments scientifiques et techniques, chargé de mission par le ministère de l'Éducation nationale pour le patrimoine scientifique et technique, et à son tour devant définir une politique de classement de ces patrimoines et l'établir, le professeur Francis Gires a aujourd'hui mis en ligne 1000 fiches descriptives de l'équipement d'un site qui ont permis de l'inspection générale appelée à croquer et à évaluer.

Le grand inventeur actuel de cette mission est le projet de classement des 177 instruments du lycée Louis-le-Grand, à l'Institut

du plus grand collectionneur connu à ce jour dans l'histoire. Elle couvre également la collection du lycée Louis-le-Grand à Paris, du lycée Ampère de Lyon, de celui des 203 instruments du XIX^e siècle du lycée de Rouen, ou une seule fois en collection aux côtés de deux instruments du XVIII^e siècle, un ensemble qui fait date de la France le pays le plus avancé en la matière.

Mémoire technique et beauté

Le professeur Gires est également appuyé par l'Académie des sciences dans son projet de premier musée des instruments d'enseignement de la physique, avec la collection du lycée à Paris, qui a la sagesse de l'oubli et l'oubli.

« C'est à la fois un patrimoine scientifique, car ces outils du XIX^e siècle du XVIII^e siècle sont magnifiques, mais aussi un témoignage de ce que fut, à partir de 1800, l'enseignement de la physique par l'expérimentation », estime-t-il. Car les instruments d'enseignement d'aujourd'hui, si ils sont performants, grâce à l'informatique, ne montrent que des calculs et résultats et ne permettent pas de toucher au de voir en action les lois fondamentales de la physique. « Un calorimètre n'est plus qu'une boîte noire, et pas un spectacle, on ne peut pas l'apprendre tout à la fois, on l'a vu les énergies mettre en action en action », relève Francis Gires.

C'est au départ, une collection de collectionneur qui a amorcé ce musée professeur de collège d'un petit musée.

ment près de Dordrecht a sa responsabilité de sauvegarde de ces instruments, après s'être fait le train en train en train des vidéos pour les visiteurs. Il avait, comme 177 instruments abandonnés dans les greniers du lycée de Dordrecht.

Avec d'autres « scientifiques français » comme lui, il avait alors fondé l'Association de sauvegarde et d'étude des instruments scientifiques et techniques de l'enseignement (ASEISTE), qui trace les contours des recherches et des projets associatifs (l'ASEISTE, l'Association de sauvegarde et d'étude des instruments scientifiques et techniques de l'enseignement).

L'Améycor est membre de cette association fondée par Francis Gires.



« Des instruments de physique élevés au rang de patrimoine » : c'était le titre d'un article du « Monde » daté du 17 décembre 2011. (ci-contre)

Cet article, rédigé par Michel Labussière, signalait quelques établissements scolaires possédant de riches collections et informait de l'existence de l'ASEISTE, (Association de sauvegarde et d'étude des instruments scientifiques et techniques de l'enseignement).

L'Améycor est membre de cette association fondée par Francis Gires.

Dans nos collections, un instrument peu connu : un Calorimètre de Lavoisier.

Nous possédons des instruments plus beaux et plus spectaculaires, les visiteurs ne le remarquent pas spontanément ! Pire encore, quand ils le voient, ils en sont peu impressionnés et, invités à proposer une utilisation, il leur arrive de formuler des propositions étonnantes : une petite poubelle ? Ou encore - et c'est le summum - un vase de nuit !

Une expertise précieuse.

Nous pensions être en possession d'une copie réalisée au 19^{ème} siècle et ce jusqu'au 20 novembre 2006, jour où l'Améycor a été honorée d'une visite amicale de M. Paolo Brenni. (ci-contre à Florence)

Ce dernier, un des meilleurs experts en matière d'instruments scientifiques a été formel : l'appareil date bien du XVIII^e siècle, donc de l'époque de Lavoisier !

Une rénovation ?

Initialement, l'appareil était peint en noir, les deux extrémités de la partie cylindrique étant ornées d'un filet doré. La peinture a presque totalement disparu.

La proposition qui fut faite, d'apposer une fine couche de peinture noire a été rejetée. Il faut garder l'appareil en l'état.

Le calorimètre de Lavoisier et Laplace.

Pendant l'hiver 1782-1783, Lavoisier (1743-1794), et Laplace (1749-1827), effectuèrent des mesures calorimétriques et poursuivirent ces études pendant l'hiver suivant.

Ils ont découvert les principes fondamentaux de la calorimétrie en imaginant l'appareil nécessaire : le calorimètre. Il est remarquable de noter que les expériences se font à température constante, la glace qui entoure la chambre du calorimètre sert à la fois d'isolant thermique et de mesure par l'intermédiaire du volume d'eau de fonte recueilli !

Un cochon d'Inde fut placé pendant 10 heures dans un calorimètre à glace, la chaleur dégagée fit fondre 13 onces (398g) de glace, Lavoisier avait antérieurement mesuré la quantité d'anhydride carbonique fournie par la respiration du cobaye placé sous une cloche. Dans d'autres expériences, Lavoisier put mesurer la quantité de chaleur et le volume de CO₂ dégagés par la combustion du carbone.

Tout ceci conduit Lavoisier à affirmer que « la respiration est une combustion, à la vérité fort lente et du reste parfaitement semblable à celle du charbon ».

Cette « combustion » d'un type très particulier, il la situe - à tort - dans le poumon.



Paolo Brenni : Président de la Scientific Instrument Society

Lavoisier a donc fait faire un pas de géant à la physiologie, puisque aussi bien « les êtres vivants apparaissent aujourd'hui comme le siège d'un triple flux de matière, d'énergie et d'information ».¹

D'où vient notre appareil ?

Nous ne disposons d'aucune donnée précise sur cet instrument. Il est possible que ce calorimètre ait été confectionné par Naudin, le ferblantier employé par Lavoisier depuis 1774. Les appareils employés pour les expériences historiques ont fait l'objet de factures, (cf 31 mai 1783 : « *nettoyé et repeint une des machines à glace, avec tous ses accessoires.* »).

L'appareil qui est représenté dans le mémoire adressé à l'Académie des sciences (*ci-dessous*) comporte deux enceintes à glace emboîtées.

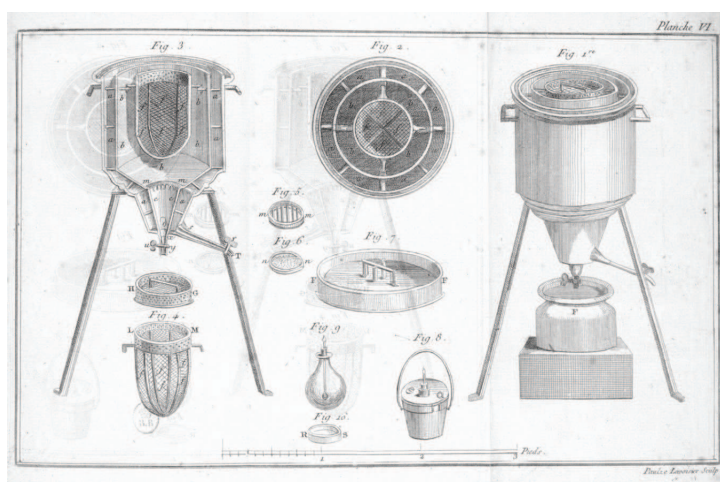
Notre appareil, n'en a qu'une seule, mais les trois points d'attache qui subsistent (*voir page 8*) permettent de penser qu'il a été complété à l'image des autres, par un panier dans lequel on pouvait introduire un petit animal ou divers corps dont on mesurait la "chaleur spécifique".

J-N Cloarec



CL : DB

Démonstration le 23 mai 2012



Du calorimètre de Lavoisier au "Martini on the rocks" et au choix d'une bouillotte

"Le mémoire de 1780, "Mémoire sur la chaleur", est un véritable cours de calorimétrie qui pourrait valoir à Laplace et Lavoisier le titre de fondateur de cette discipline", écrit Gérard Borvon (*cf Notes de lecture*)

Les résultats présentés dans ce Mémoire sont très proches des valeurs contemporaines, comme pourrait le vérifier un lycéen scientifique curieux.

Ainsi :

"la chaleur nécessaire pour fondre la glace est égale aux trois quarts de celle qui peut élever le même poids d'eau de la température de la glace fondante à celle de l'eau bouillante".

La chaleur que doit absorber de la glace prise à 0°C pour passer à l'état liquide [dans le jargon des physiciens, la "chaleur latente" de la glace] est donc très élevée. C'est ce qui fait le bonheur des amateurs de certaines boissons fraîches. Pour faire fondre un ou deux petits glaçons, votre Martini doit céder beaucoup de chaleur, et vous pouvez alors le siroter bien frais. Imaginez que, pour le refroidir à la même température, vous ne disposiez que d'eau *liquide* à 0°C : il vous faudra beaucoup plus d'eau que de Martini, ce qui reviendrait à pratiquer pour le Martini les mêmes dilutions que pour le pastis...

Les propriétés de l'eau liquide sont elles aussi, exceptionnelles : pour en élever la température il faut, à masse égale, beaucoup plus de chaleur que pour tout autre corps. Sa "chaleur spécifique", nous dit Lavoisier, est, par exemple, très supérieure à celle du mercure :

"pour élever le mercure à une température donnée, il ne faut que la trente-troisième partie de la chaleur nécessaire pour élever l'eau à la même température, ce qui revient à dire que la chaleur spécifique du mercure est trente-trois fois moindre que celle de l'eau".

Et comme les chaleurs rétrocedées par ces liquides à un environnement plus froid sont dans le même rapport, remplissez votre bouillotte d'eau plutôt que de mercure ! Plus généralement, à masse égale, utilisez l'eau

¹ François Jacob, *La logique du vivant*, Gallimard, 1970.

plutôt que n'importe quelle autre substance (huile, brique, fer...). Lavoisier, toujours à l'aide de son calorimètre, avait déjà évalué les chaleurs spécifiques de diverses substances solides et fluides, et les avait trouvées toutes inférieures à celle de l'eau, ce que confirment les tables plus complètes établies depuis².

La calorimétrie et les "trois états de la matière"

"Les trois états de la matière – solide, liquide, gaz – sont aujourd'hui enseignés dès les premières classes de l'école primaire. Il nous est difficile d'imaginer un temps où cela ne constituait pas une évidence. Pourtant, cette 'évidence' n'a commencé qu'avec Lavoisier"³

Poursuivant dans son *Traité élémentaire de chimie* (1789) la réflexion entamée dans le *Mémoire sur la chaleur*, Lavoisier donne d'abord l'exemple simple de l'eau :

"L'eau nous présente continuellement un exemple de ces phénomènes : au-dessous de zéro du thermomètre français, elle est dans l'état solide et elle porte le nom de glace ; au-dessus de ce même terme, ses molécules cessent d'être retenues par leur attraction réciproque, et elle devient ce qu'on appelle un liquide ; enfin, au-dessus de 80 degrés [100° Celsius, mais Lavoisier utilise l'échelle Réaumur], ses molécules obéissent à la répulsion occasionnée par la chaleur ; l'eau prend l'état de vapeur ou de gaz, et elle se transforme en un fluide aériforme."

La généralisation à tous les corps était loin d'être évidente. La doctrine aristotélicienne des quatre éléments (distinguant "terre" solide, "eau" liquide et "air") a longtemps dominé, et peu de corps se présentent aussi facilement que l'eau, aux températures usuelles, sous leurs trois états. Les chimistes constatent bien au XVIII^e siècle la diversité des propriétés des "airs" mais l'idée qu'il s'agit, non pas d'altérations d'un unique "élément air", mais d'une différence de composition ne s'impose que progressivement. Avec Lavoisier, le gaz n'est plus conçu comme un air altéré, mais comme un état de la matière. Lavoisier généralise alors à "tous les corps de la nature" la doctrine nouvelle qu'il vient d'énoncer sur l'exemple de l'eau :

"On en peut dire autant de tous les corps de la nature : ils sont ou solides ou liquides, ou dans l'état élastique et aériforme, suivant le rapport qui existe entre la force attractive de leurs molécules et la force répulsive de la chaleur, ou, ce qui revient au même, suivant le degré de chaleur auquel ils sont exposés"

Pour Lavoisier, la "force répulsive de la chaleur" est celle exercée par un "fluide éminemment élastique" qu'il nomme "calorique" et qu'il considère donc comme un véritable élément chimique.

Plus tard la physique renversera cette conception de la chaleur comme substance, au profit de la notion "d'agitation thermique" plus ou moins grande des particules constitutives des corps.

Bertrand Wolff

En germe dans les expériences avec le calorimètre :

- Chimie
- Calorimétrie
- Physiologie ...



Cl. B. W.

² Depuis Lavoisier, le vocabulaire a changé, et les "chaleurs spécifiques" sont connues des lycées d'aujourd'hui sous le nom de "chaleurs massiques" ou de "capacités thermiques massiques".

³ Gérard Borvon : *Histoire de l'oxygène, de l'alchimie à la chimie*, Vuibert 2012.