

LOUIS CAILLETET ET LA LIQUEFACTION DE L'OXYGENE

EDMOND A. BRUN

Membre de l'Académie des Sciences de Paris

SANS l'avoir jamais vu, j'ai souvent rencontré Louis Cailletet : au lycée, d'abord comme élève, puis comme professeur de physique en Mathématiques Spéciales et, en particulier, au lycée Henri IV où il fut élève ; à l'Aéro-Club dont j'étais membre et dont il fut président. Je ne pensais pas alors que mes confrères de l'Académie des Sciences me demanderaient, un jour, de venir les représenter au Centenaire de la célèbre expérience qui mit fin au mythe des gaz permanents.

M. Louis Cailletet ne fit que de courtes études supérieures, son père, maître de forges à Chênecières, voulant l'associer très tôt à ses affaires ; mais il est probable que ses stages au laboratoire de Sainte-Claire-Deville, à l'École Normale Supérieure, développèrent son goût de la recherche pour laquelle il était particulièrement doué.

Evidemment, il eut d'abord à résoudre des problèmes métallurgiques. En 1856, il avait alors 24 ans, il publie une étude sur le puddlage du fer au gaz ; quelques années après, il explique l'origine des cloques dans les tôles sortant du laminoir de Chênecières et complète ainsi les expériences de Sainte-Claire-Deville sur la perméabilité du fer rougi, pour l'hydrogène. Il ne cessera d'ailleurs de s'intéresser à la chimie, à la métallurgie et même à l'énergie : par exemple, en 1870, il signale qu'à leur sortie des foyers métallurgiques, les gaz contiennent encore des composés combustibles ; il décrit alors avec beaucoup de soin le dispositif qu'il a mis en oeuvre pour utiliser ces gaz dans le recuit des tôles : si le prix des économies d'énergie avait existé à cette date, nul doute qu'il aurait été attribué à Louis Cailletet.

Mais, je ne puis m'attarder sur tous ces travaux qui donnèrent lieu à de nombreuses notes à l'Académie des Sciences. Aujourd'hui, c'est de la compressibilité des gaz et de leur liquéfaction qu'il faut parler.

On savait, depuis Despretz (1827), que la loi de compressibilité des gaz s'écarte de la loi de Mariotte, suivant laquelle, à température constante, le produit de la pression par le volume d'une masse de gaz reste constant. Regnault mesura ces écarts avec une admirable précision, mais les pressions, dans ses expériences, ne dépassaient pas 30 atm. La tentation était grande d'aller plus loin.

Il faut bien comprendre que si Cailletet, le premier, n'avait pas su réaliser et mesurer des pressions pouvant dépasser 200 atm, il n'aurait pu liquéfier l'air.

Les manomètres à mercure utilisés par Cailletet lui permirent d'étalonner des appareils plus pratiques, qui allaient lui être d'un grand secours dans ses travaux.

A la fin du XVIII^e siècle, par simple refroidissement, Monge et Clouet liquéfient le gaz sulfureux et, Guyton

de Morveau, le gaz carbonique ; par simple compression, le Hollandais Van Marum obtient le même résultat. Ce n'est qu'en 1823, que par utilisation simultanée des deux procédés, le physicien Anglais Faraday liquéfie le chlore avec un simple tube en forme de V renversé. Il chauffe de l'hydrate de chlore, composé solide, dans une branche du tube, et le chlore gazeux qui se dégage vient se condenser sur la partie froide de l'autre branche. Par des procédés analogues, il liquéfie successivement l'hydrogène sulfuré, le protoxyde d'azote, le gaz carbonique, et il pense, en combinant hautes pressions et basses températures, arriver à liquéfier tous les gaz. Cependant, bien qu'il atteigne simultanément 50 atm et -110°C , il n'arrive à aucun résultat avec l'oxygène, l'azote, l'hydrogène, l'oxyde de carbone, le méthane. Berthelot, en 1850 et Naterer, en 1954, ne sont pas plus heureux en poussant les pressions respectivement à 780 et 2800 atm. C'est alors, imprudemment, que ces gaz rebelles sont dits permanents.

Cependant, s'inspirant des travaux de Cagniard de la Tour et de Natterer, le physicien Irlandais Andrews remet tout en question en étudiant systématiquement la liquéfaction du gaz carbonique (1863). Vous avez en mémoire son réseau d'isothermes où sont portés, en ordonnées, les pressions et, en abscisses, les volumes d'une masse donnée de gaz. Si l'on comprime le gaz à température constante, à 10°C par exemple, le volume diminue et, à un moment, le liquide apparaît ; la pression reste alors constante pendant tout le temps que dure la transformation du gaz en liquide : c'est le palier de liquéfaction ; puis le volume de liquide diminue lentement. La même chose se produit à 20°C , mais le palier est plus court, les deux extrémités se rapprochant l'une de l'autre. Il finit par se réduire à un point d'inflexion à tangente horizontale, le point critique, pour une température de 31°C , température critique de l'anhydride carbonique. A une température supérieure à 31°C , on ne verra plus passer ce corps d'une phase gazeuse à une phase liquide ; il y aura transformation continue de gaz en liquide sans que l'on puisse dire à quel moment on passe de l'un à l'autre.

A partir de ces résultats, tout va s'éclairer progressivement. Avec les gaz dits permanents, on ne voit pas leur transformation brusque en liquide, même aux plus hautes pressions, parce que l'on reste au-dessus de leur température critique, inférieure aux températures jusqu'alors obtenues. C'est le cas de l'oxygène, de l'azote, de l'hydrogène, pour lesquels les températures critiques, on l'a su plus tard, étaient respectivement de -118 , -146 et -240 degrés Celsius, les pressions

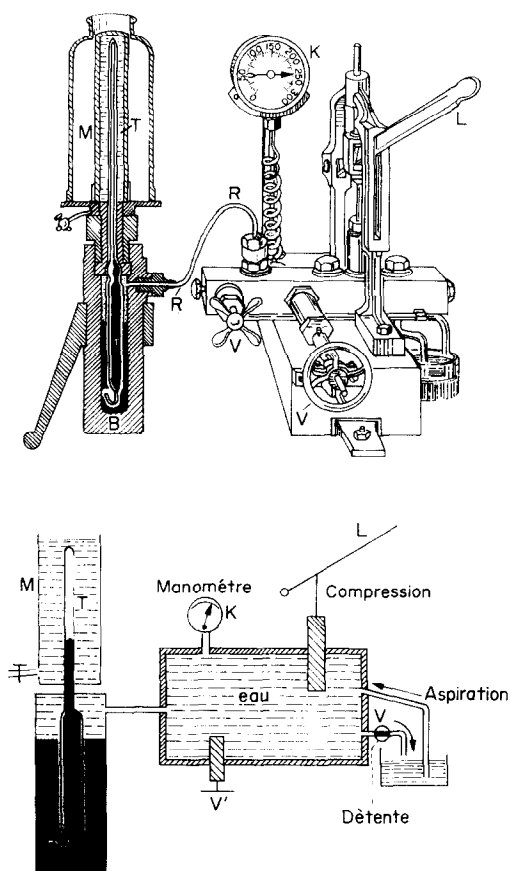


FIG. 1.

critiques, relativement basses, respectivement de 50, 33 et 13 atm, diminuant en même temps que les températures critiques. C'est aussi le cas de l'oxyde de carbone, du méthane, de l'oxyde azotique, auxquels il aurait fallu ajouter le fluor et les cinq gaz rares de l'atmosphère, découverts beaucoup plus tard.

Il est clair que, pour liquéfier un gaz, le problème était d'obtenir de plus basses températures. C'est alors qu'intervient Louis Cailletet avec un appareil qui se trouve couramment dans les laboratoires de physique (voir la Fig. 1).

Le tube à gaz *T*, se compose d'une partie cylindrique étroite à parois épaisses et d'une partie plus large, munie d'une tubulure recourbée, à parois relativement minces; le haut du tube contient le gaz, le bas du mercure. Ce tube à gaz est mastiqué dans un réservoir prismatique *B* en acier à parois épaisses pouvant supporter de fortes pressions. Il contient du mercure surmonté d'une couche d'eau. La partie supérieure du tube à gaz, qui émerge du réservoir métallique, est entourée d'un manchon en verre contenant de l'eau ou un mélange réfrigérant qui fixe la température du gaz étudié. Une pompe aspirante et foulante *L* permet

d'exercer, dans le réservoir, une pression mesurée par le manomètre *K* gradué jusqu'à 500 atm.

Cailletet, avec un appareil de ce genre, reproduit la liquéfaction de l'acétylène. Il n'a aucun mal à l'obtenir liquide dans le tube *T*, par simple compression, puisque sa température critique est de 35°C, mais, et c'est là le fait important, il montre qu'il obtient cette liquéfaction à une pression beaucoup plus faible en provoquant une détente brusque du gaz comprimé, à l'aide du robinet *V*, qui permet l'éjection de l'eau et la chute immédiate de la pression. Certes, on connaissait, depuis plus de cinquante ans, depuis Laplace, la célèbre loi qui permettait le calcul du refroidissement de 220 degrés lors d'une chute de pression de 300 atm, mais Cailletet veut s'assurer que la détente d'une si petite quantité de gaz dans un tube capillaire est bien capable de provoquer un refroidissement aussi important; il craint que le brouillard intense qu'il a vu apparaître dans le tube soit dû à la présence d'impuretés dans le gaz. Il prépare alors de l'acétylène aussi pur que possible, et il obtient avec lui le même résultat. Dès lors, la voie était ouverte pour liquéfier les gaz dits permanents et, dans le même appareil, sont placés successivement du méthane, de l'oxyde de carbone, de l'oxygène. Ils sont portés à une pression de 300 atm et à une température de -29°C, cette température étant obtenue, dans le manchon, par du gaz sulfureux bouillant sous pression réduite. Pour ces trois gaz, la détente brusque fait apparaître un brouillard dense dans le tube.

Il est convenu que c'est la liquéfaction de l'oxygène qui marque le mieux la gloire de Cailletet. C'est par une lettre du 2 décembre 1877, que Cailletet annonce le résultat à Sainte-Claire Deville. Ce dernier a la bonne idée de déposer cette lettre sous pli cacheté à l'Académie, car, à la séance du 24 décembre où Cailletet communique ses résultats, le Président Jean-Baptiste Dumas donne lecture d'un télégramme de Raoul Pictet, annonçant qu'il a liquéfié l'oxygène, le 22 décembre, dans son laboratoire de Genève. La méthode de Pictet mettait en oeuvre un double cycle d'évaporation et nécessitait un appareillage plus lourd que celui de Cailletet; elle conduisait, elle aussi, à une liquéfaction fugace. Ce n'est, en effet, qu'en 1883 que deux Polonais, Wroblewsky Olzewsky, obtinrent à Cracovie de l'oxygène liquide, à l'état statique, mais c'est une suggestion de Cailletet qui avait conduit les deux chercheurs.

Les expériences que je viens, peut être trop longuement, de vous décrire ont ravivé mes vieux souvenirs de professeur. Mais, je tiens à vous dire qu'à l'occasion de cette cérémonie, j'ai lu beaucoup de notes et de rapports de Louis Cailletet; que j'ai ainsi connu ses travaux sur les échanges des plantes avec l'atmosphère, sur la résistance de l'air au mouvement des corps, sur l'exploration de l'atmosphère et, finalement, sur toutes les choses qui excitaient sa curiosité. Et cela ajoute à mon plaisir de vous avoir parlé de lui dans ce charmant pays où il est né, où il a travaillé et où il repose.