LA CONSTANTE DE BOLTZMANN NOUVELLE EST ARRIVÉE !

Le Cnam à l'origine d'une nouvelle révolution en métrologie !

Le groupe de thermométrie du LCM, le laboratoire commun de métrologie LNE-Cnam, dans un projet dirigé par Laurent Pitre, a produit la meilleure détermination mondiale de la constante de Boltzmann, qui sera employée pour redéfinir l'unité de température, le kelvin.

Une grande découverte au sein du laboratoire de métrologie du Cnam !

Qui ?
Laurent Pitre et le groupe de thermométrie du laboratoire LCM (laboratoire commun de métrologie LNE-Cnam).

Quoi ?
Une nouvelle révolution se déroule en métrologie. La Révolution française a conduit au mètre et au kilogramme, jusqu'au système international d'unités de nos jours, mieux connu sous le nom de SI. Le SI est fondé sur sept unités de base : le mètre, le kilogramme, la seconde, l'ampère, la mole, la candela et le kelvin. Toutes les autres unités peuvent être dérivées de ces sept. Depuis la Convention du mètre de 1875, les définitions des unités ont généralement été raffinées toutes les deux ou trois décennies. Aujourd'hui, une seule unité, le mètre, est basée sur la valeur d'une constante fondamentale de la physique, c'est-à-dire la vitesse de la lumière sous vide, dont la valeur a été fixée une fois pour toutes en 1983.

Tout cela est maintenant sur le point de changer. **À partir de 2018, les définitions des unités de base seront reformulées.**Quatre d'entre elles, à savoir celles du kilogramme, de la mole, de l'ampère et du kelvin seront fondés sur des valeurs fixes de constantes fondamentales, afin d'assurer leur pérennité et leur universalité. Des groupes de recherche dans le monde entier ont été en compétition, à partir du début des années 2000, pour parvenir aux déterminations les plus précises de ces constantes. Ces travaux ont été officiellement arrêtés le 30 juin 2017, pour permettre au Comité pour les données en science et technologie(CODATA) de produire des valeurs mondiales moyennes de ces constantes, qui serviront à définir les unités.

Pour ce qui concerne l'unité de température, le kelvin, sa définition a été, jusqu'à présent, « la fraction 1/273,16 de la température thermodynamique du point triple de l'eau», c'est-à-dire le point où la glace, l'eau liquide et la vapeur d'eau coexistent. Malheureusement, aucun échantillon d'eau n'est identique, ce qui met en danger la pérennité et l'universalité de la définition du kelvin. **La nouvelle définition de 2018 utilisera une valeur fixe de la constante de Boltzmann.**

En France, après plus d'une décennie de travail et plusieurs mesures marquantes, et face à la concurrence parfois féroce des principaux laboratoires internationaux, le groupe de thermométrie du LCM, dans un projet dirigé par Laurent Pitre, **a produit la meilleure détermination mondiale de la constante de Boltzmann**. L'incertitude de cette détermination se situe entre 4,8 et 5,6 parties par 10 millions. La technique utilisée, la thermométrie acoustique, a été la mesure de la vitesse du son dans un gaz de composition connue, réalisée précisément à la température du point triple de l'eau. La valeur de la constante de Boltzmann déterminée par le LCM a été récemment acceptée pour publication dans la revue Metrologia. Elle contribuera à hauteur de 55% à la moyenne mondiale.

Une fois que le kelvin aura été redéfini en 2018, les températures seront mesurables de manière continue avec une incertitude meilleure que la partie par million, sur une plage de plusieurs centaines de kelvin, à partir des températures proches du zéro absolu, jusqu'au-delà de la température ambiante, ce qui sera une véritable révolution.

Allons plus loin... qu'est-ce que la constante de Boltzmann ?

La constante de Boltzmann k (ou kB) a été introduite par Ludwig Boltzmann dans sa définition de l'entropie de 1877 alors qu'il cherchait à lier l'entropie d'un système thermodynamique à l'équilibre avec le nombre d'états microscopiques distincts accessibles à ce système, compte tenu des contraintes macroscopiques selon la formule : **S = k x ln** où S désigne l'entropie du système et le nombre d'états microscopiques

L'entropie... ou la mesure du désordre !
Le terme entropie désigne, dans la thermodynamique classique, une fonction d'état extensive. En d'autres termes, une fonction d'état proportionnelle à la quantité de matière en présence.

La thermodynamique statistique permet de préciser que l'entropie caractérise le désordre microscopique d'un système, son degré de désorganisation. L'entropie d'un système rend donc compte du degré de dispersion de l'énergie (thermique, chimique, etc.) au sein même du système. Et selon le deuxième principe de la thermodynamique, l'énergie d'un système isolé a tendance à se disperser le plus possible. Son entropie a donc, de même, tendance à augmenter.

La constante de Boltzmann fait partie des constantes fondamentales et elle revêt une importance particulière en physique statistique.
Elle se note kB, ou tout simplement k, et vaut environ **1,380 648 8 x 1023 J.K-1**. Ainsi, comme l'entropie, la constante de Boltzmann a la dimension d'une énergie sur une température.

Un lien entre énergie et température
La constante de Boltzmann peut également être interprétée, en mécanique statistique, comme faisant le lien entre la température d'un système et son énergie au niveau atomique. L'expression**(½) x k x T**désigne ainsi l'énergie d'un degré de liberté en translation.
En d'autres termes, c'est l'énergie cinétique moyenne des particules dans une direction donnée lorsque celles-ci peuvent se déplacer librement dans cette direction et lorsque le système est en état d'équilibre thermodynamique à la température T.

Constante de Boltzmann, nombre d'Avogadro et gaz parfaits
Ce lien entre le monde microscopique et le monde macroscopique est également visible dans la loi des gaz parfaits écrite de la façon suivante : **p x V = N x k x T** où p figure la pression du gaz, V son volume, T sa température et N le nombre de molécules qu'il contient.
Multipliez la constante de Boltzmann par le nombre d'Avogadro et vous obtiendrez donc la constante universelle des gaz parfaits.

Sources
http://www.futura-sciences.com/

7 juillet 2017

L'article

New measurement of the Boltzmann constant k by acoustic thermometry of helium-4 gas

Laurent Pitre, Fernando Sparasci, Lara Risegari, Cecile Guianvarch, Catherine Martin, Marc E Himbert, Mark Plimmer, Alexandre Allard, Bernard Marty, P Alberto Giuliano Albo

Paru dans la revue scientifique à comité de lecture le 27 juin 2017.