

LA BALANCE DU WATT,
ici celle du NIST (l'Institut américain
des normes et des technologies),
convertit une puissance électrique en
puissance mécanique, et vice versa.
Grâce à sa grande précision, elle joue
un rôle clé dans le processus
de redéfinition du kilogramme
à partir de la constante de Planck.

L'ESSENTIEL

- Depuis 1889,
le kilogramme est défini
par un étalon matériel,
un cylindre de platine
et d'iridium conservé
à Sèvres, près de Paris.
- L'étalon a perdu de
la masse ces dernières
décennies. L'incertitude
sur sa définition
augmente et pose des
questions sur sa fiabilité.
- En 2011, la Conférence
générale des poids et
mesures a décidé de
redéfinir le kilogramme
à partir d'une constante
d'origine quantique,
la constante de Planck.
- La nouvelle définition
sera officielle en 2018.

© Richard Barnes

Plus fiable et plus précise, la nouvelle définition du kilogramme reposera, à partir de 2018, sur une constante fondamentale liée à la physique quantique.

Travailler à redéfinir le kilogramme conduit parfois à des situations étonnantes. Un après-midi d'avril 2016, à l'aéroport international de Washington, Jon Pratt se dirigeait nerveusement vers le poste de contrôle des bagages. Dans son sac, il avait rangé quatre cylindres métalliques, qui ne manqueraient pas d'attirer l'attention des agents de sécurité. Chaque cylindre pesait exactement un kilogramme. L'un d'eux, fait d'un alliage brillant de platine et d'iridium, valait au moins 40 000 dollars. Les trois autres, en acier inoxydable, avaient été fabriqués avec tout autant d'attention.

Jon Pratt, qui dirige la division Mesures quantiques du NIST, l'Institut américain des normes et des technologies, avait pour mission de livrer les cylindres intacts à ses collègues dans la banlieue de Paris. Pour passer sans encombre les contrôles de l'aéroport, il était muni de documents officiels qui précisaient que les cylindres étaient quatre étalons américains du kilogramme – objets qui servent de référence pour toutes les mesures de masse dans le pays. En outre, il était précisé que ces cylindres ne devaient en aucun cas être touchés ou retirés de leur étui de protection.

Le « Grand K », l'étalon des étalons

Si quelqu'un avait posé ses doigts sur l'un des cylindres, cela aurait ruiné les mois de travail qu'avait requis la mesure de sa masse avec une précision de l'ordre de quelques milliardièmes. Jon Pratt apportait les cylindres au BIPM, le Bureau international des poids et mesures, à Sèvres, près de Paris, afin de comparer les étalons américains avec ceux de trois autres pays, ainsi qu'avec une boule de un kilogramme de silicium purifié, fabriquée par le laboratoire de métrologie allemand. Un événement historique dans le domaine de la métrologie.

Depuis 1889, le kilogramme est défini à partir d'un cylindre de platine iridié (un alliage de 90 % de platine et 10 % d'iridium, ce dernier élément servant de durcissant) conservé sous une triple cloche de verre dans un coffre-fort du BIPM. Le prototype international du kilogramme, surnommé le Grand K, sert de référence pour définir les étalons de masse de tous les pays.

Aujourd'hui, le kilogramme constitue une anomalie: c'est la dernière unité de mesure encore associée à un objet matériel... Mais plus pour très longtemps. D'ici à la fin 2018, le Grand K prendra sa retraite. Le kilogramme aura une nouvelle définition fondée sur la constante de Planck, une constante fondamentale intervenant dans les lois de la physique quantique et reliée à la quantité d'énergie que peut transporter un unique photon, la particule de lumière.

Quand le kilogramme maigrit

Mais pourquoi ne plus utiliser le Grand K? Depuis des années, les métrologues rêvent d'un étalon international de masse précis et fiable, qui soit relié à des constantes fondamentales de la nature plutôt qu'à un morceau de métal d'un autre temps. Et il y a une raison beaucoup plus pressante à vouloir trouver un successeur au Grand K: ce dernier semble perdre de la masse! Une fois tous les trente ans environ, le Grand K est extrait de son coffre pour être nettoyé et comparé à six copies officielles, les « témoins », conservés dans le même coffre. Lorsque les deux premiers témoins ont été comparés au Grand K en 1889, leur différence a été déterminée avec une grande précision. Mais, en 1946, lorsque le Grand K a été comparé à ses six témoins, la différence avait changé. Le Grand K pesait 30 microgrammes de moins que ces derniers. En 1992, la différence était passée à 50 microgrammes, l'équivalent d'une aile de mouche.

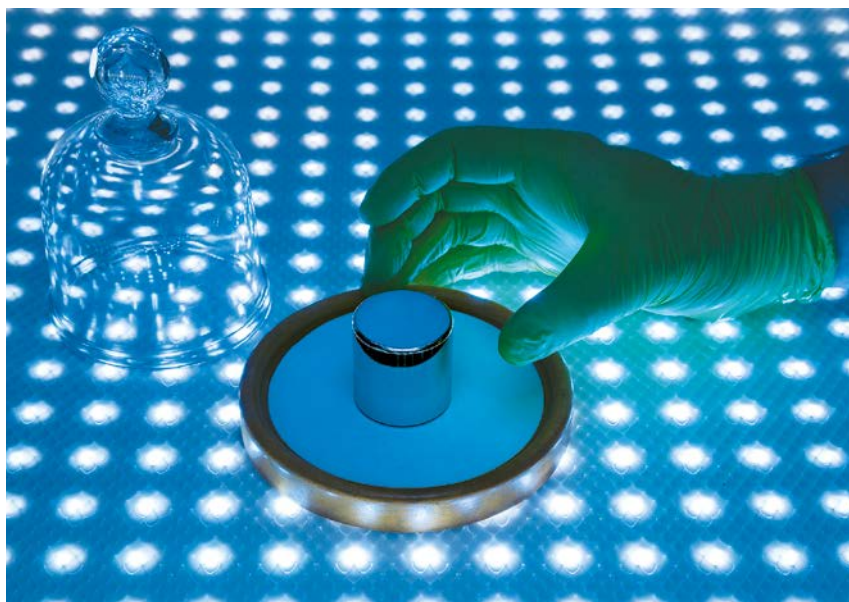
L'AUTEUR



Tim FOLGER est journaliste scientifique. Il contribue régulièrement aux revues

National Geographic, Discover et Scientific American.

K20, L'UN DES ÉTALONS AMÉRICAINS du kilogramme, est un cylindre de platine iridié, comme le Grand K. Il est l'un des deux prototypes attribués aux États-Unis en 1889.



© Richard Barnes

Il est peu probable que les deux témoins aient pris du poids tandis que le Grand K serait resté égal à lui-même. Pour Michael Stock, directeur du département Métrologie en physique du BIPM, il est plus probable que le prototype international du kilogramme ait perdu de la masse. Du fait de cette incertitude, les membres de la Conférence générale des poids et mesures (l'organisme décisionnel en matière de métrologie et, en particulier, des unités du système international) ont décidé en 2011 qu'une nouvelle référence de masse est nécessaire.

Personne ne sait pour quelle raison le Grand K perd de la masse. Et il reste trop précieux pour autoriser sur cet objet les tests qui pourraient apporter une réponse. Ainsi, ce problème pose la question de la fiabilité de cet étalon et donc de la définition du kilogramme.

Vers un nouvel étalon

Et les conséquences du problème du Grand K ne se limitent pas à la question de la masse. L'incertitude sur la valeur du kilogramme se propage à d'autres unités fondamentales. Ainsi, l'unité de force, le newton, est définie à partir du kilogramme, puis le newton intervient pour expliciter le joule, l'unité d'énergie, et le joule est lié au watt, l'unité de puissance, et ainsi de suite. En fin de compte, cette petite incertitude entache chaque mesure du monde physique. Par ailleurs, on se sert de certaines de ces unités pour définir la valeur des constantes fondamentales; or, comme l'explique Michael Stock, « nous en sommes au point où la valeur de certaines constantes fondamentales varie parce que le prototype international du kilogramme varie. C'est absurde. »

Le kilogramme n'est pas la seule des sept unités de base du système métrique à être repensée. Le système international (SI) des unités regroupe le kilogramme, le mètre, l'ampère (pour l'intensité d'un courant électrique), la seconde, la candela (pour mesurer l'intensité lumineuse), la mole (qui relie la masse d'un objet au nombre d'atomes qu'il contient) et le kelvin (pour la température).

Trois unités du système international ont été redéfinies ces dernières décennies. On définissait autrefois la seconde comme une fraction de la durée d'un jour; avec l'avènement des horloges atomiques, dans les années 1960, la durée correspondant à la seconde a été redéfinie en 1967 comme