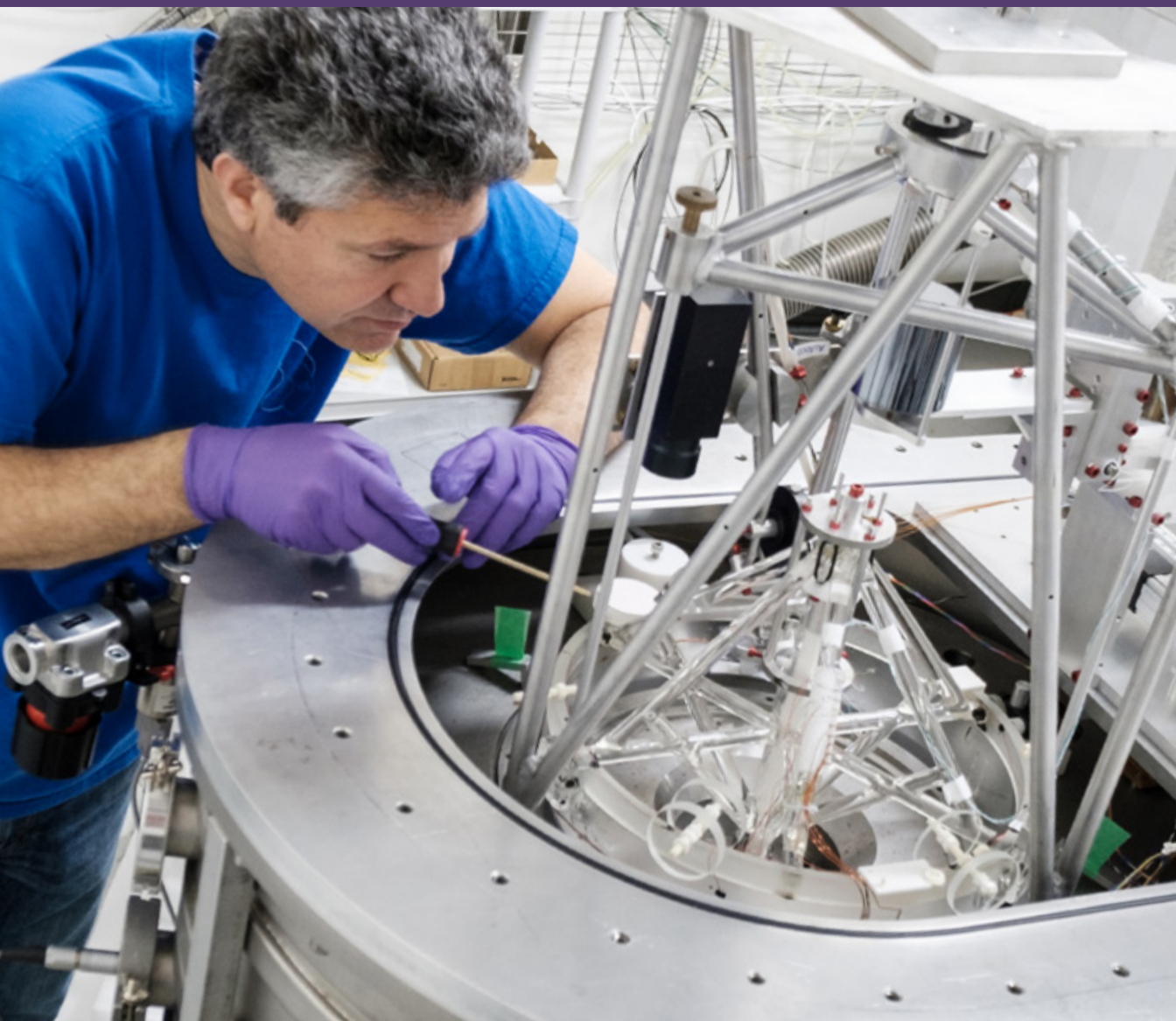


**CMRC·NRC**

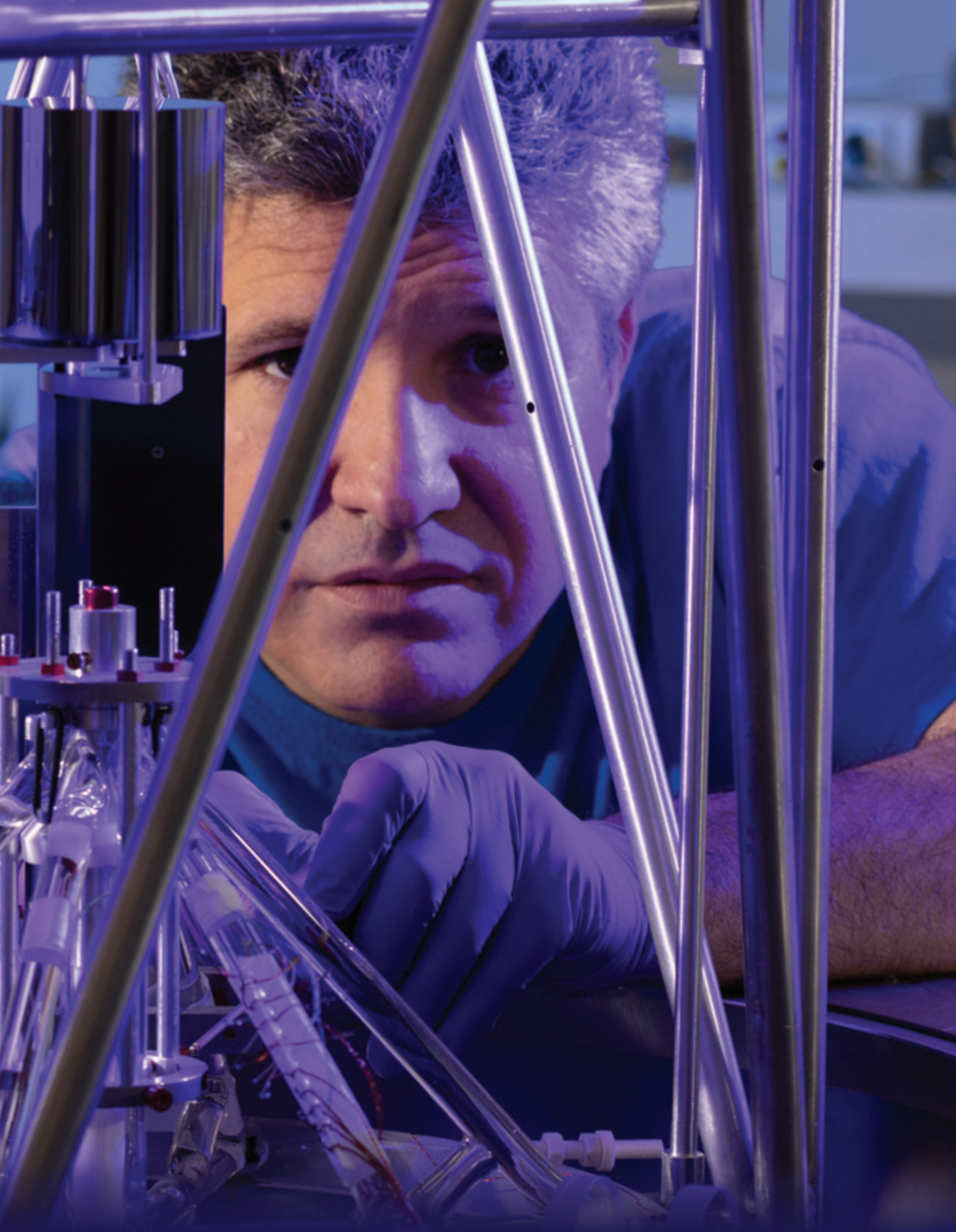
# Le système international d'unités : vers des constantes fondamentales



Conseil national de  
recherches Canada

National Research  
Council Canada

Canada 



© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le Conseil national de recherches du Canada, 2023

Papier : numéro de catalogue NR16-429/2023F, ISBN 978-0-660-68874-9

PDF : numéro de catalogue NR16-429/2023F-PDF, ISBN 978-0-660-68873-2

Une version HTML de ce produit est disponible sur le site web du CNRC. Also available in English.



## Science des mesures et Étalons

Le système international d'unités (SI) est le système d'unités le plus largement utilisé, avec un statut officiel dans presque tous les pays du monde. Il contient sept unités de base, qui dépendent toutes, de manière simple, répétable et précise, de constantes physiques, qui sont toujours les mêmes et peuvent être mesurées en tous lieux.

La constante de Planck est une constante fondamentale de la nature qui mesure la relation entre l'énergie et la fréquence de la lumière. Le Conseil national de recherches du Canada (CNRC) fait partie d'un nombre sélect d'instituts nationaux de métrologie qui assurent le leadership d'expériences essentielles pour déterminer l'unité kilogramme à partir de la constante de Planck.

## Projet de la balance Kibble du CNRC

La balance Kibble du CNRC, logée dans un laboratoire souterrain et isolé à Ottawa (Ontario), a joué deux rôles essentiels dans la redéfinition du Système international d'unités (SI). Dans un premier temps, elle a été utilisée pour mesurer la valeur de  $h$ , la constante de Planck, afin de soutenir l'effort mondial de redéfinition du kilogramme, où le CNRC est parvenu à fournir la mesure la plus précise au monde. Aujourd'hui, après la redéfinition du SI, la balance Kibble est devenue l'étalon de masse primaire pour le Canada, soutenant la traçabilité au SI pour la communauté scientifique et industrielle du pays. Le CNRC continue également de jouer un rôle essentiel pour assurer la cohérence du kilogramme à mesure que les pays s'adaptent à la nouvelle définition, grâce à un accord international connu sous le nom de valeur consensuelle mondiale du kilogramme, à laquelle la balance Kibble du CNRC fournit d'importantes mesures.

Dans l'expérience de la balance Kibble, la force gravitationnelle qui s'exerce sur une masse est équilibrée avec la force électromagnétique engendrée par un courant électrique traversant une bobine suspendue dans un champ magnétique. Le courant est réglé au moyen des étalons

quantiques de la tension et de la résistance, établissant de ce fait un lien entre la constante de Planck et la masse. Outre ces mesures électriques, la balance a dû être ajustée en fonction d'infimes tolérances, car il faut connaître avec précision les forces gravitationnelles qui agissent sur la masse, mais aussi contrôler les mouvements et l'emplacement de la bobine par interférométrie dans un ordre de grandeur qui équivaut à une fraction de longueur d'onde de la lumière. Enfin, pour diffuser la valeur de la masse à autres intervenants, de fines corrections sont apportées pour tenir compte des changements qui se produisent lors du déplacement des étalons de masse entre le vide dans lequel la balance Kibble fonctionne et l'air dans lequel les étalons de masse sont utilisés en pratique. La résolution des mesures utilisées pour effectuer cette correction est inférieure à la masse d'une seule couche de molécules d'eau à la surface des étalons de masse.

## **Le Système international d'unités (SI) : hier, aujourd'hui et demain**

Une unité de mesure est la valeur normalisée d'une propriété physique employée pour exprimer les multiples quantitatifs de la propriété en question.

Les unités de mesure figurent parmi les premiers outils inventés par l'être humain. Les sociétés primitives avaient besoin de mesures rudimentaires pour accomplir de multiples tâches : bâtir des habitations de la taille et de la forme appropriées, confectionner des vêtements, voire troquer des aliments ou des matières premières. Dans les systèmes les plus anciens, les instruments de mesure reposaient pour la plupart sur des parties du corps — la longueur du pied ou de la main ouverte — ou des objets trouvés dans la nature – grains et courges. Les collectivités, d'abord dispersées, commençant à se fusionner, il devint vite apparent que cette abondance de « mesures », parfois dictées par l'avidité d'un monarque ou d'un opulent propriétaire, suscitait le chaos et devenait source de conflits pour les terres, les eaux, les forêts et les capitaux.

Il y a environ 200 ans, dans la tourmente de la Révolution française, l'Assemblée nationale constituante pria l'Académie des sciences de mettre au point un système homogène pour les mesures et les poids.

Le Système international d'unités (SI) contemporain regroupe les mesures employées uniformément sur le globe. Connue universellement dans les sciences, le SI a fini par s'implanter dans le commerce et les échanges internationaux.

La création du système métrique décimal durant la Révolution française, en 1799, et le dépôt subséquent de 2 étalons en platine représentant le mètre et le kilo aux Archives de la République, à Paris, furent les premières étapes d'un processus qui devait aboutir au développement du système international moderne. Au départ, le mètre correspondait au « 10 millionnièmes d'un quart de grand cercle passant par les pôles » (méridien de Paris), tandis que le kilo était l'équivalent de la masse d'un décimètre cube d'eau. Cet étalon du kilo s'avéra vite malcommode.

Depuis son lancement en 2009, le projet de balance Kibble du CNRC a fait des progrès surprenants et continue de se distinguer en présentant l'incertitude la plus faible jamais atteinte pour la détermination de la constante de Planck.



La Convention du Mètre de 1875, point marquant dans la mondialisation, que ratifièrent les délégués de 17 nations plaça le système métrique sous la responsabilité du Bureau international des poids et mesures (BIPM). De nouveaux prototypes du mètre et du kilo en platine-iridium, internationalement reconnus, furent fabriqués pour servir d'unités de base à la longueur et à la masse. Avec la seconde astronomique comme unité de temps, ces étalons constituèrent un système mécanique d'unités à 3 dimensions.

En 1921, les progrès de la science et de la technologie nécessitèrent une révision de la Convention du Mètre, qui élargit la portée et les responsabilités du BIPM à d'autres branches de la physique, et mena à l'adoption d'un système quadridimensionnel articulé sur le mètre, le kilo, la seconde et l'ampère. En 1954, l'ampère, le kelvin et la candela furent respectivement désignés comme étalonnant le courant électrique, la température thermodynamique et l'intensité lumineuse.

Le système international d'unités reçut son nom officiel en 1960 et sa version actuelle s'acheva en 1971 avec l'ajout de la mole, unité de mesure de la quantité de matière, ce qui portait à 7 le nombre d'unités de base. De nombreuses modifications ont été apportées au système entre 1971 et 2010 : la définition de maintes unités a été remaniée en fonction des développements réalisés en métrologie, mais aussi pour donner plus de cohérence à l'ensemble. Ce dynamisme continue de caractériser le SI. Depuis le 20 septembre 2019, avec la redéfinition du SI, les 7 unités de base reposent sur des constantes physiques fondamentales.

## Contact

Richard Green (Ph. D.), Agent de recherches principale, Métrologie

Téléphone : 613-990-0721

Richard.Green@nrc-cnrc.gc.ca

[canada.ca/cnrc-metrologie](http://canada.ca/cnrc-metrologie)



