Quelles références pour les mesures physiques aujourd'hui ?

Marc Himbert

Chaire de métrologie, Conservatoire national des arts et métiers
61 rue du Landy Case I 361, 93210 La-Plaine-Saint-Denis

himbert@cnam.fr

Mesurer, c'est comparer une grandeur physique (ou chimique, ou biologique…) inconnue à une grandeur de même nature prise comme référence, directement ou indirectement, à l'aide d'une chaîne instrumentale. Pour utiliser avec confiance le résultat d'une mesure ou d'un essai, il est indispensable que la traçabilité de cette référence soit établie, et reconnue sans équivoque par les différents partenaires impliqués. La rigueur scientifique, la sincérité des échanges économiques, l'harmonie de la construction sociale, et bien entendu les référentiels utilisés pour l'accréditation pour les mesures ou pour la certification de management de la qualité, l'exigent sans équivoque. Les laboratoires nationaux de métrologie et les organismes d'accréditation constituent aujourd'hui l'ossature de cette infrastructure cachée qui garantit l'uniformité des mesures.

Ce souci d'exprimer en termes d' « unités » les références pour les mesures remonte pratiquement aux origines de la numération. À l'origine basées sur des étalons matériels, reconnues à l'échelle d'un bassin d'échanges commerciaux ou d'un lieu de pouvoir politique, les références ont été peu à peu harmonisées dans les différentes civilisations pour disposer, depuis plus d'un siècle, d'une reconnaissance mondiale scientifique (1793, 1875) puis économique (1999). Mais la nature même des références utilisées a profondément changé. Une orientation nette s'est dégagée, au cours des dernières décennies, pour asseoir les définitions des unités et donc nos références pour les mesures, scientifiques, industrielles ou sociétales, sur des phénomènes physiques d'interprétation aujourd'hui indiscutée dans le cadre de nos représentations modèles de la réalité physique. Ces représentations introduisent des constantes physiques fondamentales. C'est par exemple l'esprit de la dernière définition du mètre (1983) qui, en pratique, fixe en mètres par seconde la valeur numérique de la vitesse de propagation de la lumière dans le vide.

C'est a priori la capacité à transférer aux utilisateurs des références d'une exactitude adaptée aux besoins croissants des activités technologiques, industrielles ou de contrôle (santé, environnement…) qui a piloté l'évolution des références. Des illustrations détaillées des outils employés comme références opérationnelles montrent la diversité des principes physiques sur lesquels reposent les capteurs employés.

Par ailleurs, la situation présente des unités de base du Système international d'unités révèle dans une situation très diverse aujourd'hui : gel de la valeur numérique de constantes physiques fondamentales pour le mètre et l'ampère, prototype pour le kilogramme, période de transition atomique pour la seconde, point d'équilibre entre phases pour le kelvin, etc. Le rôle joué par les constantes fondamentales va cependant croissant, de même que la prise en compte de phénomènes d'origine quantique pour la réalisation d'étalons opérationnels. Aujourd'hui plusieurs expériences sont en cours pour accéder à une connaissance plus exacte des valeurs numériques des constantes N_A, h, ou k_B, préalable indispensable à une éventuelle évolution des définitions des unités fixant les valeurs de ces constantes. Un nouveau cadre conceptuel pour introduire les unités de mesure à partir des constantes intervenant dans la représentation théorique des interactions est également à l'étude.