

## La métrologie en entreprise

**INTRODUCTION** : d'après le Vocabulaire Internationale de la Métrologie (VIM), la métrologie se définit par « la science des mesurages et ses applications » dans cette phrase, « le mesurage » est introduit pour qualifier l'action de mesurer.

Cette définition reste incomplète car le terme « mesurage » regroupe plusieurs idées.

La première qui vient à l'esprit est : la quantification, mesurer revient à quantifier un objet, un phénomène, un matériau, ...

Pour ce faire, le métrologue mettra en place une méthode de mesure cela peut être en comparant, en dénombrant ou en analysant

Une fois cette quantification effectuée, la seconde étape consiste à s'interroger sur la justesse du mode opératoire. La mesure effectuée correspond-elle à la réalité ? Pour répondre à cette question, est intégré le terme étalonnage.

Suivant le VIM, Etalonnage signifie : « opération qui, dans des conditions spécifiées, établit en une première étape une relation entre les valeurs et les incertitudes de mesure associées qui sont fournies par des étalons et les indications correspondantes avec les incertitudes associées, puis utilise en une seconde étape cette information pour établir une relation permettant d'obtenir un résultat de mesure à partir d'une indication ».

Faire intervenir un instrument étalonné (étalon) va permettre de connaître la justesse du phénomène, objet ou matériau.

Un étalonnage est une image à un instant  $t$  donné dans des conditions

spécifiées

Si « la mesure » se fait à une date ultérieure ou dans d'autres conditions, l'étalonnage devient obsolète. Afin de maîtriser ce phénomène, on cherche à contrôler les conditions et à maîtriser la dérive de l'étalon en choisissant une périodicité d'étalonnage optimale.

Enfin malgré toutes les précautions, il restera toujours un doute sur la mesure dont les causes sont la méthode employée, le milieu, le matériel, la matière ou encore la main d'oeuvre. Ce doute sera évalué et estimé sous forme d'incertitude. C'est pourquoi en métrologie chaque mesure s'exprime sous la forme d'un résultat, d'une incertitude et d'une unité.

Ainsi avons-nous pu voir que faire une mesure dépend de trois paramètres que sont : la justesse, l'incertitude de mesure, la pérennité ?

Ces trois paramètres sont liés et la méconnaissance d'un des trois entraînent une dégradation soit de l'incertitude soit de la périodicité et réciproquement.

## RAPPEL HISTORIQUE

➤ **A l'antiquité** : l'origine de la mesure et de la métrologie n'est pas identifiable mais on suppose qu'elle est apparue en même temps que l'homme s'est sociabilisé. Il a fallu comptabiliser les troupeaux, évaluer des cueillettes, mettre en place des systèmes de troc.

Dans l'Egypte ancienne, les murs des tombeaux abritent des dessins de fléau à bras égaux, destinés à la pesée des âmes, nul doute que de tels instruments existaient déjà du temps de cette civilisation.

□ Au moyen âge au XVIIIème siècle : en cette période, les échanges se sont considérablement multipliés, le système d'unité s'est développé en parallèle. Le pouvoir étant partagé entre chaque seigneur, les unités se sont, elles, aussi

multipliées jusqu'à devenir un « chaos métrologique »... Certaines unités sont employées dans des lieux et des moments précis comme « la livre d'argent des foires de Champagne ». Les commerçants possèdent alors leur carnet pour faire les conversions entre les différentes unités.

➤ **La naissance du Système International (S.I.)** : le XVIII<sup>ème</sup> siècle offrira une avancée remarquable dans la métrologie car à cette époque plusieurs expériences sont menées, comme la mesure d'un arc de méridien ou encore la détermination de la longueur du pendule battant la seconde. La révolution française de 1789 sera à l'origine de la naissance du système international d'unités. Il faudra plus de 50 ans pour le faire appliquer en France (1840) et à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, il gagnera nos voisins européens.

En 1875, a lieu la signature de la convention du mètre et la création du **Bureau International des Poids et Mesures (BIPM)**, pour la première fois, 40 états s'engagent à utiliser le même système d'unités.

## LE S.I. DE NOS JOURS

Actuellement la majorité des pays a intégré le système international mais la mise en place reste lente et fastidieuse. Chez nos voisins britanniques, américains ou canadiens, le système international est utilisé par les scientifiques pour faciliter les calculs mais il est encore peu utilisé par les industriels et ne s'est pas démocratisé auprès du grand public.

□ **LES UNITES DE BASE** : le système international d'unités comme nous le connaissons actuellement s'appuie sur 7 unités de base que sont le **mètre** (symbole m), le **kilogramme** (symbole kg), le **kelvin** (symbole K), la **seconde** (symbole s), l'**ampère** (symbole A), la **candela** (symbole cd) et la **mole** (symbole mol).

Ce système est régulièrement appelé sous son ancien nom de 1946, « système MKSA »  
A partir de ses 7 unités de base, on peut définir toutes les autres unités existantes.

### □ **Unité de longueur : le mètre (m)**

La première définition du mètre, date de la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle, est fixe le mètre comme le dix millionième d'un quart de méridien terrestre. Sur cette base sont créés plusieurs étalons gravés dans le marbre (dont certains sont toujours visibles sur la région parisienne).

Un siècle plus tard, le BIPM redéfinit le mètre comme étant la distance de deux points sur une barre d'un alliage de platine et d'iridium. Ce prototype appelé « mètre étalon » est conservé au pavillon de Breteuil.

Enfin, depuis la conférence de 1983, la définition du mètre devient : « Le mètre est la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant une durée de  $1/299\,792\,458$  de seconde ».

### ➤ **Unité de longueur : le kilogramme (kg)**

A l'origine, l'unité de référence choisie fut le gramme et avait pour définition la masse d'un centimètre cube d'eau à une température de 4°C.

Comme pour le mètre, à la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle, est créé un kilogramme étalon en platine, il devient la représentation du kilogramme.

Enfin en 1889, un prototype international du kilogramme fut créé et outre le fait que ce soit la seule unité précédée d'un préfixe multiplicateur, elle est la seule unité qui reste matérialisée.

Le kilogramme est actuellement défini comme la masse de ce prototype, un **cylindre en platine iridié** (90 % **platine** et 10 % **iridium**) de 39,17 **mm** de **diamètre** et 39,17 **mm** de hauteur. Cette référence souvent appelé K est toujours visible au pavillon de Breteuil. De nos jours, pour éviter d'avoir une référence matérialisée, des travaux à l'échelle mondiale, sont menés pour remplacer cette définition.

### ➤ **Unité de temps : la seconde (s)**

1/86 400 du jour solaire terrestre moyen est sensé représenter la première définition de la seconde.

Depuis la 13<sup>ème</sup> conférence des poids et mesures (CGPM) « la seconde est la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133».

Les sessions de 1997 et 2000 ont ajouté quelques précisions. « La définition de la seconde est fondée sur un atome de césium non perturbé par le rayonnement du corps noir, c'est-à-dire placé dans un environnement à la température de 0 K, et la fréquence des étalons primaires de fréquence doit donc être corrigée pour tenir compte du décalage dû au rayonnement ambiant».

### ➤ **Unité de courant électrique : l'ampère (A)**

Fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, deux unités électriques dites « internationales » ont été introduites pour les mesures de courant et de résistance.

En 1946, l'unité de courant électrique est confirmée, sa définition est : « l'ampère est l'intensité d'un courant constant qui, maintenu dans deux conducteurs parallèles, rectilignes, de longueur infinie, de section circulaire négligeable et placés à une distance de 1 mètre l'un de l'autre dans le vide, produirait entre ces conducteurs une force égale à  $2 \times 10^{-7}$  newton par mètre de longueur ».

### ➤ **Unité de température thermodynamique : le kelvin (K)**

L'unité de température thermodynamique fut adoptée en 1954, la 10<sup>ème</sup> CGPM choisit comme référence le point triple de l'eau comme ayant une température de 273,16 K.

Le point triple correspond au point tel que si on change un paramètre thermodynamique (pression, volume ou température) le corps change d'état liquide, solide ou gazeux.

La définition du kelvin est alors : « unité de température thermodynamique, est la fraction  $1/273,16$  de la température thermodynamique du point triple de l'eau ». Une unité fréquemment employée est le °C qui correspond à une translation de l'échelle des K de  $273,15^{\circ}\text{C}$  ou  $273,15\text{ K}$ .

*A noter que l'on parle de degré Celcius et de Kelvin et non de degré Kelvin*

### ➤ **Unité de quantité de matière : la mole (mol)**

A l'origine physicien et chimiste n'étaient pas d'accord sur la détermination de la masse atomique de l'atome oxygène compte tenu de ses différents isotopes.

Lors de la 14<sup>ème</sup> CGPM de 1969, confirme la définition suivante : « La mole est la quantité de matière d'un système contenant autant d'entités élémentaires qu'il y a d'atomes dans 0,012 kilogramme de carbone 12 ». « Lorsqu'on emploie la mole, les entités élémentaires doivent être spécifiées et peuvent être des atomes, des molécules, des ions, des électrons, d'autres particules ou des groupements spécifiés de telles particules ».

### ➤ **Unité d'intensité lumineuse : la candéla (cd)**

Avant 1948, les unités d'intensité lumineuses étaient celles d'étalons à flamme ou à filament incandescent. Puis ce fut la « bougie nouvelle » fondée sur la luminance du radiateur de Planck

En 1948, elle prit le nom de candela.

En 1979, suite à la difficulté de réaliser un radiateur de Planck, la définition de la candéla fut modifiée par la 16<sup>ème</sup> CGPM pour devenir : « La candela est l'intensité lumineuse, dans une direction donnée, d'une source qui émet un rayonnement monochromatique de fréquence  $540 \times 10^{12}$  hertz et dont l'intensité énergétique dans cette direction est  $1/683$  watt par stéradian ».