

INTERET DE LA METROLOGIE

L'accès à une connaissance passe bien souvent par un nombre, et la mesure qui fournit ce nombre ne peut se concevoir sans unités, étalons et instruments de mesure. Ceci est la raison d'être de la métrologie qui n'est pas seulement une discipline particulière des sciences physiques mais le socle de nos activités quotidiennes. A l'instar de Monsieur Jourdain lorsqu'il faisait de la prose sans le savoir, nous utilisons tous la métrologie sans nous en apercevoir. Monsieur Christian Pierret a présenté la métrologie et ses diverses applications lors d'une communication en conseil des ministres du 2 décembre 1998, intitulée "de nouvelles ambitions pour une métrologie au service de la compétitivité". L'extrait ci-dessous rappelle que la mesure est une nécessité scientifique, économique et sociale :

La mesure accroît la connaissance

Dans la recherche fondamentale, la métrologie est présente à chaque étape, elle permet de concevoir les conditions d'observation d'un phénomène, de construire et qualifier les instruments de son observation, et d'établir si les résultats obtenus sont significatifs. Ainsi, la datation des roches, la caractérisation des champs gravitationnels, la détermination de certaines constantes en chimie ou en physique relèvent d'activités de mesure.

La mesure protège les personnes

- dosage des médicaments, les rayonnements en radiothérapie, la sécurité alimentaire, et bien d'autres, nécessitent des opérations de mesure essentielles pour la santé publique. La fiabilité des appareils de mesure des salles d'opération ou de soins intensifs est cruciale.
- Le respect du droit du travail nécessite un système de suivi des heures travaillées, des niveaux de bruit et d'éclairage des locaux professionnels, des mesures d'atmosphères ambiantes (vapeurs de mercure, fibres et particules), etc.
- La sécurité routière impose des contraintes de vitesse, de taux d'alcoolémie, d'efficacité du freinage des véhicules, et des mesures pour constater leur respect.
- La protection de l'environnement suppose des exigences réglementaires sur les nuisances et la qualité de l'air et de l'eau, et appelle des mesures.

La mesure régit les transactions

- Les transactions opérées par des individus et des entreprises font l'objet de mesures : dosage en alimentation, comptage de gaz d'abonné ou comptage transfrontalier, essence à la pompe ou sur oléoduc, pesage au détail ou à la cargaison...
- La mesure est indispensable dans les relations entre donneurs d'ordres et sous-traitants, sans mesure fiables, on ne peut garantir que les pièces sous-traitées seront compatibles avec les exigences du donneur d'ordre.

La mesure permet l'innovation et la compétitivité de nos industries

- La compétitivité passe par la qualité d'un produit, qui est son aptitude à satisfaire les besoins des consommateurs et utilisateurs, et qui requiert des mesures de tous types afin d'étudier les attentes des clients et d'y répondre (mesures organoleptiques dans l'industrie agro-alimentaire, mesures de performances des produits industriels, etc.). Cette qualité peut être démontrée aux clients au moyen de la certification, elle aussi, fondée sur des mesures.
- La compétitivité suppose que l'industrie mesure et maîtrise finement les volumes de production et les performances de l'appareil de production, et minimise les coûts des rebuts et retouches.

Le descriptif de ces diverses applications de la métrologie nous conduit à distinguer la métrologie fondamentale et la métrologie légale. D'une part, la métrologie scientifique se préoccupe d'effectuer des recherches amont pour de nouvelles références, mais aussi de la réalisation, la conservation, l'amélioration et le transfert des références métrologiques. Cette activité qui est celle des laboratoires nationaux de métrologie, est en amont de toute application technologique. Elle implique donc de se tenir à l'écoute des évolutions incessantes dans le domaine des processus industriels ou dans celui des applications, notamment celles qui sont liées à la santé ou à l'environnement. D'autre part, la métrologie légale correspond à une des missions régaliennes de l'Etat qui consiste à assurer la fiabilité et la stabilité des mesures à usage commercial ou réglementaire, et de prévenir les fraudes. La métrologie est alors un outil de régulation économique.

<http://www.metrologie-francaise.fr/fr/histoire/interet-metrologie.asp>

Mars Climate Orbiter : Un petit tour, et puis s'en va ...

La manœuvre d'insertion orbitale

Le 23 septembre 1999 à 10:41 heure française débutait la mise en orbite de la sonde Mars Climate Orbiter. La manœuvre d'insertion en orbite martienne (MOI, Mars Orbit Insertion) était l'une des phases les plus critiques de la mission. La sonde suit à ce moment-là une procédure entièrement automatique et lorsque la manœuvre commence, plus rien ne peut stopper son déroulement.

Le principe de la manœuvre d'insertion orbitale est assez simple. Mars Climate Orbiter arrive sur Mars comme un bolide. Pour se placer en orbite martienne, il est nécessaire de la ralentir suffisamment pour qu'elle puisse être happée par le champ de gravité de Mars. Si le moteur ne s'allume pas ou si le freinage n'est pas assez fort, la sonde survole Mars puis dépasse la planète en continuant sur sa lancée. La mise en orbite n'est plus possible et la sonde poursuit sa route à travers le système solaire sur une orbite héliocentrique.

A 11:01 très précise, au grand soulagement des contrôleurs, et alors que la sonde est en train de frôler le pôle nord martien, le moteur de 640 Newtons de poussée est mis à feu. L'analyse du décalage doppler du signal radio confirme que le vaisseau est bien en train de ralentir. A 11:06, comme prévu, le signal radio de la sonde s'évanouit, tandis que les données de télémétrie déjà reçues attestent du bon comportement du moteur pendant les 5 premières minutes de son fonctionnement. A 11:27, le contact radio doit normalement être rétabli.

Les derniers calculs indiquent que la sonde doit réapparaître à 11:26, mais lorsque le moment fatidique arrive, l'immense antenne de la station du Deep Space Network de Canberra en Australie ne capte aucun signal. Quelques minutes plus tard, le silence se prolonge et sur les images diffusées sur la télévision de la NASA, les contrôleurs commencent à montrer des signes d'impatience. Quelques dizaines de minutes plus tard, la station de Canberra annonce que le contact n'est toujours pas rétabli et à 11:41, la NASA annonce officiellement que le contact avec la sonde est perdu.

Le plongeon mortel dans l'atmosphère

Les premières analyses des données obtenues 6 à 8 heures avant la manœuvre d'insertion arrivent et montrent des résultats inattendus. Il semble de plus en plus évident que la sonde a suivi un couloir de survol beaucoup plus bas que le couloir théorique. Le survol du pôle nord devait avoir lieu à une altitude théorique confortable de 193 km. Depuis quelques jours, les ingénieurs avaient bien remarqué que la sonde semblait suivre une trajectoire un peu trop basse et que le passage allait en fait avoir lieu à une altitude de 140 km, mais cette valeur restait raisonnable. La limite extrême à ne pas dépasser était de 85 km car en dessous, la densité de l'atmosphère est bien trop forte et l'échauffement libéré lors de la rentrée désintégrerait la sonde en quelques secondes.

Et puis d'un seul coup le chiffre tombe. Mars Climate Orbiter a été victime d'une erreur catastrophique de navigation, et la sonde a affronté l'atmosphère martienne à une altitude incroyable de 57 km. Au fur et à mesure de son plongeon, la densité de l'atmosphère resserrait ses griffes sur la sonde. Mars Climate Orbiter s'est transformé en une boule incandescente, étoile filante dans le ciel martien, dispersant ses fragments métalliques dans l'atmosphère. Un petit tour, et puis s'en va ... Une semaine après la destruction de Mars Climate Orbiter, l'une des deux premières commissions rend ses premières conclusions sur les causes du crash de la sonde. Celles-ci sont affligeantes ...

Un simple problème d'unité de mesure

Je crois qu'il n'existe pas une manière plus bête de perdre une sonde spatiale que celle qui a frappé Mars Climate Orbiter dans sa course. Si la NASA peut tirer une leçon de ce drame, la perte de Mars Climate Orbiter n'aura pas été vaine. Par pitié, plus jamais ça !

Il semble que la perte de Mars Climate Orbiter doit simplement être mise sur le compte d'un problème d'unité dans l'expression d'une force de poussée. Les ingénieurs de Lockheed Martin Astronautics (Denver dans le Colorado), la firme qui a conçu et fabriqué la sonde martienne, avaient apparemment gardé la mauvaise habitude de travailler avec les unités du système anglo-saxons. De leur côté, les ingénieurs du Jet Propulsion Laboratory (Pasadena en Californie) travaillaient depuis des années dans le système métrique, reconnu au niveau international comme étant le système de référence. Il semble que lors du transfert des données entre le centre de Lockheed et celui du JPL, personne ne se soit rendu compte qu'il fallait convertir les données, chacun étant persuadé que l'un utilisait les mêmes unités que l'autre ! Les données qui proviennent de Lockheed sont pourtant soumises à des procédures particulièrement sévères de vérification, mais celles-ci sont restées parfaitement inopérantes. L'erreur était apparemment trop grossière pour être détectée, et elle est passée comme un poisson dans l'eau à travers les barrières du système de vérification.

L'erreur d'unité concerne en fait des données d'accélération. Lockheed fournissait ses données en livres, une unité du système anglais, alors que les ingénieurs du JPL s'empressaient de les rentrer dans les ordinateurs en considérant que ces données représentaient des Newtons (unité du système métrique). Une livre équivaut à 4,48 Newtons. Ces données permettaient de programmer l'allumage régulier des petits moteurs d'attitude qui servent à corriger la trajectoire de la sonde ainsi que sa vitesse. A chaque fois que les petites fusées étaient mises à feu, elles injectaient dans la trajectoire de la sonde une déviation très légère et sournoise.

http://www.nirgal.net/mco_end.html

LES UNITES DE MESURE

La raison d'être du SI - bref historique

Faire une mesure, c'est comparer une grandeur physique (ou chimique) inconnue avec une grandeur de même nature prise comme référence à l'aide d'un instrument.

Qui dit mesure, dit référentiel, donc unité. Dans un passé pas si lointain, coexistaient de nombreuses unités qui n'avaient souvent que peu de rapports les unes avec les autres. Il a fallu attendre la révolution française pour qu'un premier système d'unités cohérent voit le jour : le système métrique. Ce système fût consacré sur le plan international par la Convention du mètre du 20 mai 1875, traité diplomatique.

En 1960, lors de la onzième Conférence générale des poids et mesures (CGPM), apparaît le Système International d'unités, le SI, qui comprend aujourd'hui deux classes d'unités :

- les **unités de base**, au nombre de sept ;
- les **unités dérivées**.

Cependant, il ne faudrait pas croire que ce système, une fois établi, reste figé. Les progrès de la science et des technologies, les nouveaux besoins de la société, et par conséquent les nouveaux besoins en terme d'exactitude accrue, amènent le LNE et l'ensemble des instituts nationaux de métrologie à améliorer, de façon constante et continue, la réalisation pratique de l'ensemble des unités du SI. Cette préoccupation concerne aussi bien les références que les moyens de transfert vers les utilisateurs, pour permettre de répondre au mieux à ces nouveaux besoins. Il est donc parfois nécessaire de faire évoluer les définitions des unités ou d'en introduire de nouvelles.

Les unités de base et leurs définitions

A ce jour, le Système International d'unités, le SI, est constitué de sept unités de base (entre parenthèse le symbole qui la représente de façon unique) :

- le mètre (m)
- le kilogramme (kg)
- la seconde (s)
- l'ampère (A)
- le kelvin (K)
- la candela (cd)
- la mole (mol)

Unités	Définitions
mètre (m)	Le mètre est la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant une durée de 1/299 792 458 de seconde.
kilogramme (kg)	Le kilogramme est la masse du prototype en platine iridié qui a été sanctionné par la Conférence générale des poids et mesures tenue à Paris en 1889 et qui est déposé au Bureau International des Poids et Mesures.
seconde (s)	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.
ampère (A)	L'ampère est l'intensité d'un courant électrique constant qui, maintenu dans deux conducteurs parallèles, rectilignes, de longueur infinie, de section circulaire négligeable et placés à une distance de un mètre l'un de l'autre dans le vide, produirait entre ces conducteurs une force de $2 \cdot 10^{-7}$ newton par mètre de longueur.
kelvin (K)	Le kelvin est la fraction 1/273,16 de la température thermodynamique du point triple de l'eau.
candela (cd)	La candela est l'intensité lumineuse, dans une direction donnée, d'une source qui émet un rayonnement monochromatique de fréquence $540 \cdot 10^{12}$ hertz et dont l'intensité énergétique dans cette direction est 1/683 watt par stéradian.
mole (mol)	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.

Les unités dérivées (inclus les unités sans dimensions)

Les unités dérivées sont nombreuses et viennent compléter les unités de base. Elles peuvent avoir des noms spéciaux (hertz, pascal, becquerel, ...) mais peuvent toujours être exprimées à partir des unités de base. Il existe aussi des **unités dérivées sans dimension** (exemple le radian qui est m/m).

Il est aussi à noter que ces unités sont reliées entre elles pour former un système cohérent.

Enfin, chaque grandeur peut avoir à couvrir une vaste étendue de valeurs. Pour éviter d'avoir à utiliser des facteurs multiplicatifs ou des valeurs avec un grand nombre de zéros, on a recouru à des préfixes. Ces derniers vont permettre de couvrir une gamme allant de 10^{24} à 10^{-24} fois l'unité.

<http://www.metrologie-francaise.fr/fr/si/unites-mesure.asp>