

Le système international d'unités (SI)

Il nous semble assez naturel de demander un kilo de pain, un kilo de riz et de recevoir la quantité espérée ou bien dire que cette route est limitée à 50Km/h, tout le monde interprète vos dires et les grandeurs spécifiées sont presque partout comprises.

Pour nombre d'entre nous, ces valeurs (ces quantités) sont pratiquement "innées", tellement on les rencontre, mais en fait, c'est aux travers d'une longue histoire que les hommes se sont entendus sur certaines quantités bien définies. Pour illustrer cette saga, nous allons survoler deux grandeurs, le temps et la distance.

Le temps

Pour commencer, et pour ne pas se "fâcher" avec quiconque, nous postulons que nous ne savons pas ce qu'est [le temps](#). C'est donc la mesure d'une durée que l'on va chercher à spécifier. Comme on peut le supposer, ce fut à partir du jour, de la nuit, de l'année, bref en se basant sur divers cycles solaires, lunaires ou terrestres, que les hommes ont mis au point diverses grandeurs et la façon de les quantifier pour pouvoir échanger des informations les plus précises possibles.

Sans remonter à la pré-histoire ou à l'antiquité, pour les mesures de durées, il fut évident d'utiliser la rotation de la terre comme élément de base, on divisa, la valeur de cette division varia beaucoup avant de se stabiliser, une rotation 24 (heures) que l'on divisa en 60 (minutes) et pour finir ces nouvelles durées furent divisées en 60 (secondes). Pendant de nombreuses années la régularité des phénomènes astronomiques furent suffisants (la terre : avant 1960 la rotation sur elle-même, après la rotation autour du soleil), mais les années passant et les besoins de précisions augmentant, il fallut trouver une autre base pour fixer cette durée de base. En 1967, la conférence générale des poids et mesures, défini l'unité de temps en fonction d'un phénomène atomique et non plus astronomique.

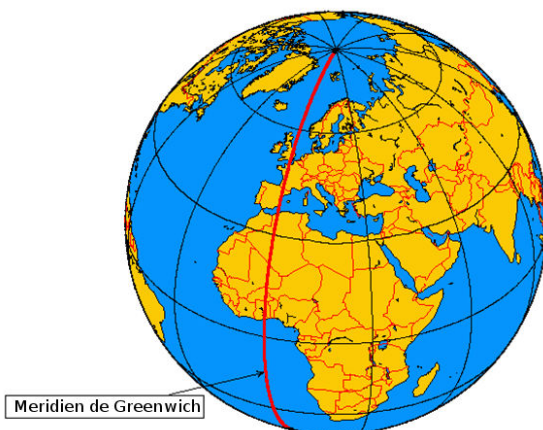
[Définition du SI](#) : "la seconde est la durée de 9'192'631'770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133".

La valeur de 9'192'631'770 n'est là que pour se rattacher à la "seconde historique"

Pourquoi le mètre ?

En 1790, l'Assemblée Nationale Française décide d'établir un système de référence pour la mesure de grandeurs pratiques quotidiennes. Cette "révolution" à la révolution, dont le but était le renforcement de l'union nationale, accessoirement le prélèvement de taxes □ , mais ce fût aussi le premier pas du système international d'unités !

Pour la première grandeur : "la distance" que prendre ? Une barre de fer, comme la toise, figée dans un mur ? Difficile de faire accepter cela par tout le monde, ce qui est un des fondements du système, le maximum de personnes en accord et l'utilisant sinon cela sert à rien, c'est évident pour nous, mais avant ! C'est les quelques "sages" de l'époque, l'Académie des Sciences (Condorcet, Laplace, Lagrange, Bordat, excusez du peu !) qui réfléchissent au problème et ils préconisent de prendre le 10'000 dix-millionième du quart du méridien passant par Paris (Greenwich) comme distance de référence (1 mètre).



Je vous conseille [ce site](#) pour avoir une idée plus précise de la chose ou bien cette vidéo :

*Si on fait le calcul, nous aurons : la longueur du méridien 40'000 : soit "un mètre historique"
= $40'000 \text{ km} / 4 / 10'000'000 = 1 \text{ m}$ Le seul problème étant de contrôler si la terre est parfaitement ronde, un petit tour sur la question, [c'est ici](#).*

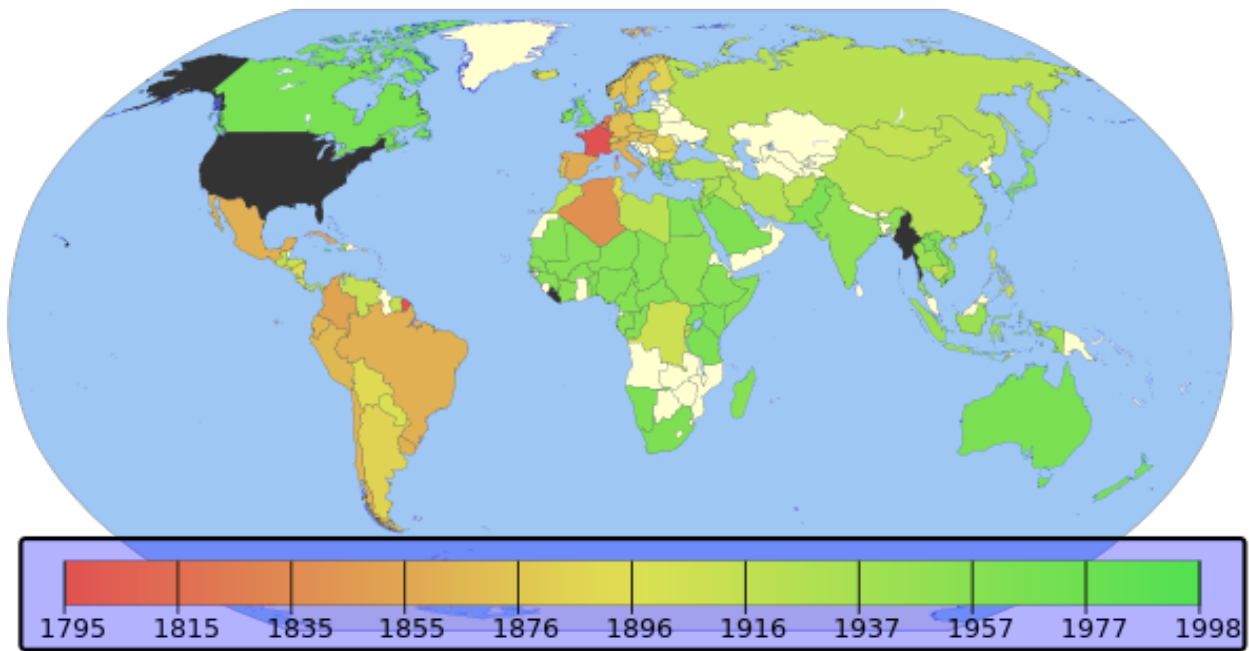
Son nom "mètre" viendrait du grec (metron) ou du latin (metrum), il y a encore d'autres possibilités qui vont dans le même type de prononciation.

Les étapes des conventions

Comme nous l'avons vu depuis fort longtemps les humains mesurent, calculent et communiquent avec diverses grandeurs sans pour autant avoir des bases communes. De nombreuses tentatives d'unifications verront le jour sans remporter l'adhésion du plus grand nombre.

*Donc en 1790, l'Assemblée Française fixe la première pierre de l'édifice actuel. En 1860 Maxwell et Thomson élaborent un système de référence dans le domaine de l'électricité. Ils posent les bases d'un système cohérent d'unités, d'unités dérivées et de références. La British Association of Science adopta ce système : **le CGS**. La vraie naissance d'un système international cohérent est en fait la [Convention du Mètre](#) qui a été signée à Paris en 1875 par dix-sept États. C'est en créant le "Bureau International des Poids et Mesures" (BIPM) que cette convention établit un organe supra national de permettant la définition et l'établissement de grandeurs communes. En 1946 le BIPM fût officiellement chargé de "gérer" les grandeurs communes de l'époque : le mètre (m), la masse (kg), le seconde (s) et l'ampère (A). **Le système MKSA** prend jour, c'est la fin du CGS. En fait le système CGS reste utilisé dans certaines parties de la physique ou en astronomie.*

La vue ci-dessous présente l'évolution du système international d'unités (le S.I.). On remarquera que seul quelques pays (en noir) n'y ont pas adhéré formellement alors que le mètre sert de référence partout, même pour ces pays qui n'y ont pas adhéré. Aux US, le pouce est par rapport au mètre !



http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Metrication_by_year_map.svg

Le système international d'unités

LES GRANDEURS DE BASE

Actuellement le système comprend (gère) 7 grandeurs de base et un système de sous-unités. C'est la base de la norme internationale ISO 1000

Les unités de base permettent par combinaison de définir de nouvelles unités, comme l'exemple de la vitesse d'un véhicule (50 km/h) est la combinaison d'une distance avec une durée (un temps).

Les grandeurs de base avec leur unité de base

1. distance, longueur : *le mètre (m)*
2. la masse, quantité de matière : *le kilogramme (kg)*
3. la durée, le temps : *la seconde (s)*
4. le débit électrique, le courant : *l'ampère (A)*
5. La température : *le kelvin (K)*

6. la quantité de matière : *la mole (mol)*

7. L'intensité lumineuse: *le candela (cd)*

Voilà, voilà tout est dit

Oui, je sais pour beaucoup il manque des choses, le volume, le litre, le lumen, la pression, la chaleur, le magnétisme, etc . De plus il y en a deux qui mesurent la quantité de matière : la masse et la mole !! En fait de prime abord cela ne semble pas très cohérent pour un truc qui doit faire office de référence pour le monde entier !

Nous n'allons pas aborder toutes ces grandeurs, car j'ai déjà survolé certain sujets comme pour la masse, vous pouvez vous référer à cet [article](#). Ce qui est important de noter c'est que toutes ces grandeurs sont définies de façon commune, c'est à dire que n'importe qui, peut, en suivant les protocoles établis, retrouver la grandeur souhaitée. En fait une seule grandeur posait problème jusqu'à récemment (20 mai 2019): la masse, le kilogramme. C'était la seule grandeur référencée par un objet physique. En plus, il y avait une différence entre les étalons ce qui n'était pas sans causer quelques soucis ! Ce qui est curieux, c'est aussi cette grandeur (le kilogramme) qui ne suit pas parfaitement le principe des préfixes et sous-unités, une grandeur "bizarre" un peu à part.

Définition du kilogramme

Pour plus d'informations sur le problème d'un poids référence physique, je vous conseille l'excellent article du journal «La Liberté» du 8 mars 2016.



La fascinante histoire du kilogramme

PHYSIQUE • Cette unité de mesure est la dernière à être définie par un objet: le «Grand K». Une situation qui pose divers problèmes. La communauté scientifique a fixé la révolution à 2018. Et la Suisse a un rôle important à jouer.

PHOTOS: ALAIN WRIGHT
TEXTES: AUGE-MAY LERASTEUR

Vous êtes-vous jamais demandé qui a inventé le kilogramme ? Cette mesure typiquement française a votre plus-petit-père – cette vieille balance – de votre humilité régularité ?

Sachez que vous n'êtes pas la seule victime de cette unité de masse. Le kilogramme donne également des aueurs froides aux scientifiques, mais pas pour les mêmes raisons. Car ce coquin fait preuve de bien moins de rigueur qu'on ne le croit.

Le pied du roi

Au début, dans le monde des poids et mesures, régnait le chaos. Chaque nation, chaque région avait son propre système, dérivé – sans s'en rendre compte – d'une trop grande vraisemblance – d'éléments de la vie courante. Au pied anglais de 30,48 centimètres (proposé au XVIII^e siècle par le français (préliminairement de Charlemagne) de 32,48). Pour le commerce à travers la Manche, c'était le pied.

certains de la nature, telles que la vitesse de la lumière ou la valeur des électrons dans l'atome –, le kilogramme dépend encore de cet objet physique. Cela ne va évidemment pas sans créer quelques soucis.

Ce lourdard de 38

Lorsque le BIPM fabriqua le «Grand K», il produisit également d'autres étalons – cylindre de platine et d'iridium de 39 millimètres de diamètre pour autant de hauteur –, dont une partie fut conservée à côté du prototype original, et une autre envoyée à travers le monde. C'est ainsi que la Suisse obtint sa première copie, le chammant N° 38.

Mais quand, quelques années plus tard, on réalisa les dangers pour les peser à nouveau, le BIPM se rendit compte que leurs masses avaient varié par rapport à celui du «Grand K». Ohé de pas grand-chose! Extrapolé sur 101 ans, le changement correspondait en moyenne à la masse d'un demi-millimètre carré de papier.



Et pour quelques informations de plus sur le changement de définition du kilogramme, le “kilogramme nouveau”, voici un [article intéressant](#).

COMMENT SAVOIR SI UN MÈTRE EST BIEN UN MÈTRE ?

Oui, vous allez au magasin du coin et vous achetez un mètre dépliant. Qui vous prouve que ce mètre dépliant est correct ? Ou bien qui vous dit que les centimètres de votre outil sont

bien juste ?



En fait personne, si ce n'est la confiance que vous avez dans votre instrument, la marque ou le magasin. Avec du matériel plus élaboré, comme un pied à coulisse (utilisation en

mécanique de précision voir photo ci-dessous), vous devez le faire contrôler périodiquement pour être sûr de votre instrument.



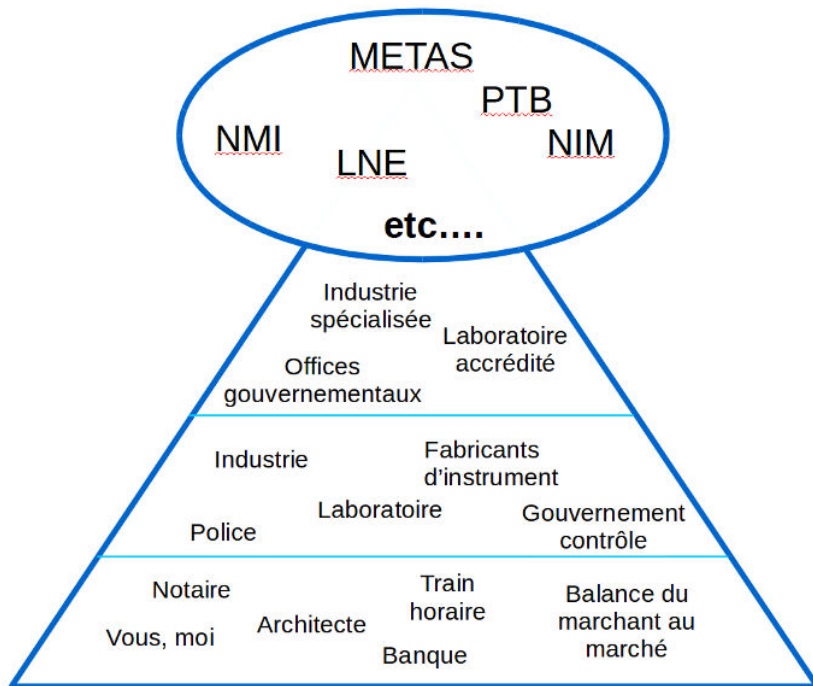
Au moment de l'achat vous recevez un certificat qui atteste que votre instrument est correct au moment du contrôle. Notez la précision, c'est correct au moment du contrôle, après on ne sait pas. L'instrument est peut-être tombé, peut-être a-t-il servi à serrer des vis (vécu □), l'ambiance est très chaude, humide, etc. On peut imaginer beaucoup de situations, ceci uniquement pour spécifier que la certification de votre instrument est valable qu'au moment du contrôle.

Notre interrogation initiale pourrait continuer par :

- *Ah oui !? et qui vous dit que ce contrôle est correct ?*
- *Le contrôleur est certifié et son matériel également !*
- *Ah oui !? et qui vous dit que ces certifications sont correctes ?*
- *??!??*

Comment ce système international est-il organisé pour être sûr de nos mesures, de nos grandeurs ?

C'est un système pyramidal qui permet de garantir la fiabilité, seulement au sommet de cette pyramide il ne faut pas y voir un seul laboratoire, une seule instance gouvernementale, une seule personne, mais un réseau d'offices spécialisés dans une ou autre mesure de grandeur physique (une des 7 grandeurs fondamentales).



Dans le monde, il y a quelque chose comme une centaine de laboratoires pouvant définir et mesurer les grandeurs fondamentales. On peut imaginer un laboratoire par pays mais le coût est élevé, donc certain pays se sont groupés. En France, c'est le [LNE](#), en Suisse le [METAS](#), en Allemagne le [PTB](#), en Chine le [NIM](#), etc ... Ce sont ces laboratoires qui sont le sommet de la pyramide, ils certifient d'autres laboratoires ou offices, sociétés pouvant certifier à leur tour les instruments que vous utilisez. Ils certifient le personnel et les instruments. Comment est on sûr du sommet de la pyramide ? ils se contrôlent entre eux et se certifient mutuellement, il n'y a pas d'autres méthodes, mais vous pouvez imaginer que quelques fois cela donne "d'étranges résultats".

C'est une lourde organisation, les laboratoires sont terriblement onéreux (matériel et personnel) mais c'est le prix pour pouvoir travailler, chercher-découvrir, commercer ensemble, mondialement. Toute cette organisation pour qu'un kilo de riz soit un kilo de riz en Thaïlande, aux USA ou en Suisse !

LES PRÉFIXES ET LES PUISSANCES DE 10

Les hommes aiment grouper les choses, les classer, les ordonner probablement car cela facilite la compréhension. Des choses comme des nombres, on les groupe ! Pensez aux numéros de téléphone. Les anglo-saxons ont plus l'habitude de grouper les chiffres par trois, les Français plutôt par quatre, après quelques "discussions" c'est l'habitude anglo-saxonne qui s'est imposée dans le système international des unités. Donc vous verrez les chiffres par groupe de trois ou par milliers. Le système international des unités a nommé ces groupes par des préfixes. Vous en utilisez certains même sans vous en rendre compte.

Prenons le cas des distances : l'unité de base est le mètre.

Il est assez évident qu'un chauffeur poids lourd parlera de kilomètres pour les distances parcourues. Dans le terme kilomètre vous remarquez ce mot est composé de "kilo" et de "mètre". C'est exactement ce que le système international d'unités a figé : l'unité de base précédé par un préfixe (en l'occurrence : kilo).

Pour un mécanicien, un horloger, c'est plutôt en millimètre qu'il va décrire sa pièce. Vous retrouvez la même composition de pour définir la distance : le mot "milli" et le mot "mètre". Un préfixe avec l'unité de base.

Voici le tableau des préfixes selon le système international d'unités, vous noterez le groupement par 3 des chiffres (1000) et la notation en puissance de 10 est très souvent utilisées. Vous remarquerez que la combinaison d'un préfixe avec une unité devrait vous être connue : le kilomètre, la milliseconde,

Au milieu du tableau (en $1000^0 = 1$ mathématiquement) vous avez l'unité de référence (le mètre, la seconde, le candela, etc..)

Préfixes du Système international d'unités et noms des nombres correspondants

1000^m	10ⁿ	Préfixe français	Symbole	Depuis <small>note 1</small>	Nombre décimal	Désignation <small>note 2</small>
1000 ⁸	10 ²⁴	yotta	Y	1991	1 000 000 000 000 000 000 000 000 000	Quadrillion
1000 ⁷	10 ²¹	zetta	Z	1991	1 000 000 000 000 000 000 000 000	Trilliard
1000 ⁶	10 ¹⁸	exa	E	1975	1 000 000 000 000 000 000	Trillion
1000 ⁵	10 ¹⁵	péta	P	1975	1 000 000 000 000 000	Billiard
1000 ⁴	10 ¹²	téra	T	1960	1 000 000 000 000	Billion
1000 ³	10 ⁹	giga	G	1960	1 000 000 000	Milliard
1000 ²	10 ⁶	méga	M	1960	1 000 000	Million
1000 ¹	10 ³	kilo	k	1795	1 000	Millier
1000 ^{2/3}	10 ²	hecto	h	1795	100	Centaine
1000 ^{1/3}	10 ¹	déca	da	1795	10	Dizaine
1000 ⁰	10 ⁰	(aucun)	—	—	1	Unité
1000 ^{-1/3}	10 ⁻¹	déci	d	1795	0,1	Dixième
1000 ^{-2/3}	10 ⁻²	centi	c	1795	0,01	Centième
1000 ⁻¹	10 ⁻³	milli	m	1795	0,001	Millième
1000 ⁻²	10 ⁻⁶	micro	μ	1960 <small>note 3</small>	0,000 001	Millionième
1000 ⁻³	10 ⁻⁹	nano	n	1960	0,000 000 001	Milliardième
1000 ⁻⁴	10 ⁻¹²	pico	p	1960	0,000 000 000 001	Billionième
1000 ⁻⁵	10 ⁻¹⁵	femto	f	1964	0,000 000 000 000 001	Billiardième
1000 ⁻⁶	10 ⁻¹⁸	atto	a	1964	0,000 000 000 000 000 001	Trillionième
1000 ⁻⁷	10 ⁻²¹	zepto	z	1991	0,000 000 000 000 000 000 001	Trilliardième
1000 ⁻⁸	10 ⁻²⁴	yocto	y	1991	0,000 000 000 000 000 000 000 001	Quadrillionième

https://fr.wikipedia.org/wiki/Pr%C3%A9fixes_du_Syst%C3%A8me_international_d%27unit%C3%A9s

Comme déjà mentionné, un cas un peu à part : le kilogramme. Si le nom de l'unité est le kilogramme en préfixant avec "kilo", cela donne l'unité "kilogramme" bien sûr vous connaissez tous cette unité, on l'appelle la tonne ! En prenant le problème différemment je préfixe l'unité kilogramme avec "milli", donc je parle de "milligramme" et vous avez reconnu le "gramme" ! C'est la seule unité qui ne suit pas implicitement les règles du système international d'unités. En fait lors des conventions sur des définitions des grandeurs de base, il aurait fallu prendre le gramme comme unité de base !

Conclusion

Après une longue histoire où chacun mesurait, comptait selon sa propre inspiration, un système international sur lequel se basent toutes les grandeurs a vu le jour. Cela facilite grandement les échanges (commerce, scientifique, humain, ...). Il y a bien sûr des tas de grandeurs, d'unités qui couramment utilisées comme : le gallon, le mile nautique, le pouce, le parsec, le nano, l'hectare, le litre, etc mais derrière ces grandeurs, vous trouverez leurs définitions aux 7 grandeurs fondamentales du système international d'unités qui sert de ciment, de référence à tout ceci.

Ce système international d'unités est peut-être mal connu, mais il représente une des grandes avancées humaines pour l'harmonie et la compréhension entre les hommes.