



Systeme métrique et unités de mesures

UN SYSTEME (PRESQUE) UNIVERSEL

Le système métrique est l'ensemble des mesures ayant pour base le mètre (du latin *metrum*, mesure). C'est un système décimal, c'est-à-dire que ses sous-unités (centimètre, kilomètre, etc.) sont liées à l'unité principale (mètre) par des puissances de 10.
Ex : 1 cm = 10⁻² m (ou 0,01 m) ; 1 km = 10³ m (ou 1 000 m).
Ce système décimal a été appliqué à la plupart des grandeurs mesurables (masse, force, température, pression...).
Il est à la base d'un système international d'unités de mesure.
Avant 1795 (date de la définition légale du mètre), le terme « système métrique » désignait un ensemble de systèmes de poids et de mesures, quelle que soit leur base.
Le nouveau système fut appelé « système métrique décimal » pour le distinguer des systèmes antérieurs.

LES ANCIENS SYSTEMES

- Pendant longtemps un très grand nombre d'unités de mesure ont coexisté.
- En 1795, plus de 700 unités de mesure avaient cours en France. Certaines correspondaient à une mesure précise et fixée, d'autres étaient approximatives.
- Les appellations des mesures de même nature pouvaient différer selon les provinces, voire selon les villes ou les villages d'une même région.
- En outre, les échelles des multiples et sous-multiples, dépourvues de cohérence, variaient elles aussi.
- Les premières unités de longueur faisaient souvent référence à des parties du corps humain : pas, coudée, pied, palme, pouce, doigt.

Histoire du système métrique

- Le mètre, en tant qu'unité de mesure du système décimal, a été adopté initialement en France en 1795 puis, progressivement, dans tous les autres pays (même si certains conservaient leur propre système).
- La définition exacte du mètre et la mise au point d'un étalon servant de référence universelle ont posé bien des problèmes et connu plus d'un siècle d'évolution.

Dates-clés

- Mai 1790 : prenant acte de la confusion qui règne dans les systèmes de mesure existants, la chambre des députés demande qu'un système décimal uniforme de mesures soit mis en place.
- 26 mars 1791 : la mesure du mètre, unité de base du nouveau système, est fixée au dix-millionième du quart du méridien terrestre (soit le dix-

millionième de la distance comprise entre le pôle Nord et l'Équateur).
• 7 avril 1795 : les mesures légales et obligatoires en France sont fixées par décret ; mètre (longueur), are (surface), litre (volume), gramme (masse), bar (pression).
• Mai 1875 : Convention du mètre.

Définition légale du mètre : les cinq étapes

- Première définition légale, 1795 : le dix-millionième de la longueur du pôle Nord à l'Équateur.
- Deuxième définition légale, 1799 : un mètre vaut 3 pieds (0,325 m) et 11,296 lignes (2,25 mm).
- Troisième définition légale, 1889 (Conférence générale de Paris) : distance entre les axes des deux traits médians tracés sur une règle en platine et iridium (90 % Pt, 10 % Ir) à la température de 0 °C.
- Quatrième définition légale, 1960 : 1 650 763,73 longueurs d'onde dans le vide de la radiation orangée de l'atome de krypton 86.
- Cinquième définition légale, 1983 : distance parcourue par la lumière dans le vide pendant 1/299 792 458^e de seconde (la vitesse de la lumière est de 299 792 458 m/s).

Le mètre étalon

- La loi de 1799 fixa la longueur du mètre, définie à partir d'une mesure de la longueur du méridien terrestre, à trois pieds onze lignes deux cent quatre-vingt-seize millièmes. Cependant, la mesure de la longueur du méridien avait été faite sur une partie seulement de sa longueur totale (de Dunkerque à Barcelone), et il avait été postulé que la Terre était une sphère parfaite.
- Un mètre étalon en platine, une règle plate de section rectangulaire, fut élaboré pour servir de référence absolue et universelle au système métrique. Mais il fallut tenir compte du fait que la Terre n'était pas une sphère parfaite, et l'étalon se révéla trop court de 0,2 mm.
- En 1875, un nouveau mètre étalon en alliage de platine et d'iridium fut créé et déposé au pavillon de Breteuil, à Sèvres (au Bureau international des poids et des mesures), où on peut encore l'admirer, même s'il ne sert plus de référence.

Le kilogramme étalon

- En 1793, la première unité de masse imaginée pour le système métrique fut appelée le « grave ».
- Sa valeur correspondait à la masse d'un décimètre cube d'eau à température de congélation. Elle fut rapidement remplacée par le gramme, défini comme la masse d'un centimètre cube d'eau pure à 4 °C.
- Comme pour le mètre, il fallait un étalon, mais il se révéla quasiment impossible de réaliser un étalon précis pour une si petite unité.

En 1799, la décision fut donc prise de créer un kilogramme étalon appelé « kilogramme des archives ».
• En 1875, après la Convention du mètre, on créa un nouvel étalon, peu différent de l'étalon des archives mais plus précis, sous la forme d'un cylindre en alliage de platine et d'iridium de 39 mm de hauteur. Déposé au pavillon de Breteuil à Sèvres en 1889, il est toujours utilisé dans la fabrication d'étalons pour les pays adhérant à la Convention du mètre.

• Le kilogramme est aujourd'hui l'unité de mesure de masse du système international.

Le litre

- Le litre est une unité de volume très utilisée, même si l'unité de base actuelle du système métrique est le mètre cube.
- Le litre a été défini comme le volume occupé par un kilogramme d'eau pure (eau distillée) à la température de 4 °C et sous la pression atmosphérique (1 013 hectopascals).
- Selon cette définition, 1 litre serait en fait égal à 1,000028 décimètre cube.
- Il est entendu aujourd'hui que 1 litre équivaut exactement à 1 décimètre cube.

LE SYSTEME INTERNATIONAL D'UNITES (SI)

Origine

- Dès la définition du mètre comme unité de mesure de longueur, le système décimal (ou métrique) avait été appliqué à d'autres mesures (masse, volume).
- Une Commission internationale du mètre, réunie en 1870, définit des étalons internationaux de mesure.
- En 1960, le système international (SI) fut adopté officiellement dans tous les pays.

Unités de base et unités dérivées

Unités de base

- Le système international d'unités est fondé sur elles.
- Définies spécifiquement pour un phénomène donné, elles sont au nombre de 7 :
- mètre (longueur),
- kilogramme (masse),
- seconde (temps),
- ampère (intensité de courant électrique),
- kelvin (température thermodynamique),
- mole (quantité de matière),
- candela (intensité lumineuse).

Unités dérivées

- Elles sont formées par la combinaison d'unités de base selon les fonctions algébriques qui lient les grandeurs correspondantes.

Par exemple, la vitesse, qui représente une distance que divise un temps, se mesure en mètre par seconde.

- On a attribué un nom spécifique à certaines combinaisons d'unités. Ainsi, l'unité de mesure de la force est le newton, qui correspond au produit d'une masse par une accélération : kg x m/s².

DÉFINITIONS LÉGALES

Longueur : mètre (m)

- Le mètre est la longueur du trajet parcouru par la lumière dans le vide pendant une durée de 1/299 792 458 de seconde.

Masse : kilogramme (kg)

- La valeur du kilogramme est définie par la masse du prototype international du kilogramme datant de 1901 et composé de platine et d'iridium.

Temps : seconde (s)

- La seconde est la durée de 9 192 631 770 périodes

LE MILLE MARIN

- Le mille, appelé aussi mille nautique (international nautical mile) ou mille marin, est une unité de mesure légale du système international d'unités utilisée pour quantifier les distances en navigation maritime et aérienne. Sa valeur internationale est de 1 852 m, sauf pour la Grande-Bretagne et les pays du Commonwealth, où sa valeur est très exactement de 1 853,18 m.

de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133.

Intensité électrique : ampère (A)

- L'ampère est l'intensité d'un courant constant qui, maintenu dans deux conducteurs parallèles

Unités de base et unités dérivées du système international

Grandeur	Unité	Symbole	Formules et autres unités légales
Longueur	mètre	m	mille marin, 1 mille = 1 852 m
Surface	mètre carré	m ²	are (a), 1 a = 100 m ² hectare (ha), 1 ha = 10 000 m ² barn (b), 1 b = 10 ⁻²⁸ m ²
Volume	mètre cube	m ³	litre (l), 1 l = 1 dm ³ baril (bbl), 1 bbl = 158,98 l
Temps	seconde	s	minute (min), 1 mn
Masse	kilogramme	kg	gramme (g), 1 g = 0,001 kg tonne (t) 1 t = 1 000 kg unité de masse atomique (u) 1 u = 1,66056 x 10 ⁻²⁷ kg carat métrique (ct), 1 ct = 0,2 g
Température	kelvin	K	degré Celsius (°C) température en °C = température en K-273,15
Intensité du courant électrique	ampère	A	
Angle plan	radian	rad	1 rad = 1 m/m degré (°), 1° = π/180 minute (′), 1′ = 1°/60 seconde (″), 1″ = 1′/60 le gon, 1 gon = (π/200) rad
Angle solide	stéradian	sr	
Intensité lumineuse	candela	cd	
Quantité de matière	mole	mol	
Vitesse	mètre/seconde	m/s	km/h, 1 km/h = 0,2778 m/s
Force	newton	N	1N = 1kg m/s ²
Pression	pascal	Pa	1 Pa = 1 N/m ² Bar (bar), 1 bar = 10 ⁵ Pa Millimètre de mercure (mmHg), 1 mmHg = 1,33322 x 10 ² Pa

Commentaire du tableau :

- On utilise le grec pour les multiples : déca (x 10), hecto (x 100), kilo (x 1 000), mégas (x 10 000), etc.
- On utilise le latin pour les fractions : déci (1/10), centi (1/100), milli (1/1 000), etc.

Métrique et pratique

La Terre est distante de la Lune de 384 400 km et du Soleil de 150 millions de kilomètres environ.

La France a une superficie d'environ 549 000 km² et la Terre de 510 millions de kilomètres carrés.

Le volume de la Terre est de 1 100 109 km³.

La température du centre du Soleil est d'environ 15 millions de degrés Celsius.

La masse de la Terre est de 6,1024 kg.

La vitesse de la lumière est de 300 000 km/s dans le vide et celle du son de 340 m/s dans l'air.

Dans 12 g de carbone 12, il existe 6,02 x 10²³ atomes.

1 mètre vaut 100 centimètres

1 mètre carré vaut 10 000 centimètres carrés

1 mètre cube vaut 1 million de centimètres cubes et 1 000 litres

1 hectare vaut 10 000 m²

1 micromètre (ou micron) vaut un millième de millimètre, soit un millionième de mètre

1 carat vaut 0,2 gramme

1 baril de pétrole représente un volume de 159,98 litres

Une température de 20 degrés Celsius correspond à 293,15° kelvin

Quelques anciennes unités de mesure

Unités de mesure	Équivalent en unités du système international
Ligne	2,25 mm (0,002 m, douzième partie d'un pouce)
Pouce	27,07 mm (0,027 m)
Pied	0,325 m
Doigt	Mesure approximative équivalant à la largeur d'un doigt
Palme	Mesure approximative équivalant à la largeur de la paume de la main
Coudée	Mesure approximative équivalant à la longueur qui sépare le coude de l'extrémité du médius (env. 50 cm).
Pas	Longueur d'une enjambée
Toise	1,949 m
Pinte	Valeur variable selon les régions (0,93 l à Paris)
Livre	Unité de poids de valeur variable (489,5 g à Paris), correspondant aujourd'hui à un demi-kilo (500 g)
Once	30,594 g (un seizième de livre de Paris)
Tonneau	2,83 m ³ (utilisé pour le jaugeage des navires)

Volume

Valeur par rapport au mètre cube
 Kilomètre cube
 1 km³ = 1 000 000 000 m³
 Hectomètre cube
 1 hm³ = 1 000 000 m³
 Décamètre cube
 1 dam³ = 1 000 m³
 Hectolitre (hl) = 100 décimètres cubes (dm³)
 1 hl = 100 dm³ = 0,1 m³
 Décalitre (dal) = 10 dm³
 1 dal = 10 dm³ = 0,01 m³
 Litre (l ou L) ou décimètre cube
 1 dm³ = 1 l = 0,001 m³
 Décilitre (dl) = 0,1 dm³
 1 dl = 0,1 dm³ = 0,001 m³
 Centilitre (cl) = 0,01 dm³
 1 cl = 0,01 dm³ = 0,000 1 m³
 Millilitre (ml) ou centimètre cube
 1 ml = 1 cm³ = 0,000 001 m³
 Millimètre cube
 1 mm³ = 0,000 000 001 m³
 1 stère de bois = 1 m³ de bois

Masse

Valeur par rapport au kilogramme
 Tonne
 1 t = 1 000 kg
 Quintal
 1 q = 100 kg
 Hectogramme
 1 hg = 0,1 kg
 Décagramme
 1 dag = 0,01 kg
 Gramme
 1 g = 0,001 kg
 Décigramme
 1 dg = 0,000 1 g
 Centigramme
 1 cg = 0,000 01 g
 Milligramme
 1 mg = 0,000 001 g

• Bien que l'on parle couramment de « poids », c'est la masse qui est mesurée en kilogrammes et non le poids.
 • Le poids est une force dont l'intensité est proportionnelle à la force de pesanteur. Ainsi, si une masse donnée est invariable, le poids, lui, varie en fonction de la pesanteur. Son unité de mesure est le newton (N).

Température

• Température Kelvin = température Celsius + 273,15
 • Température Fahrenheit = 32 + 1,8 x température Celsius
 • Bien que l'unité de base de mesure de la température soit le kelvin (K), seuls les scientifiques utilisent l'échelle Kelvin et on mesure couramment la température en degrés Celsius (°C).
 • L'échelle Fahrenheit (°F) est une ancienne échelle de mesure de la température (1720), encore en usage aux États-Unis.
 • Zéro absolu
 0 K = - 273,15 °C (en théorie, température la plus basse possible).
 • Température d'ébullition de l'eau sous une pression de 1 atmosphère
 100 °C = 373 K = 212 °F.
 • Température de congélation de l'eau sous une pression de 1 atmosphère
 0 °C = 273 K = 32 °F.

AUTRES SYSTÈMES D'UNITÉS

Le système anglo-saxon

• La Grande-Bretagne, les pays du Commonwealth et les États-Unis ont adopté le système international de mesure.

• Toutefois, l'usage de certaines anciennes unités, telles que foot (pied), inch (pouce) et pint (pinte), n'a pas encore été abandonné dans certains pays.
 • Il existe des tableaux de conversion des unités du système anglo-saxon en unités du système international.

SYSTÈMES ABANDONNÉS

Ces systèmes d'unités ont été utilisés temporairement mais ne sont plus légaux en France depuis 1962.

MGS (millimètre, gramme, seconde)

• Ce système, proposé en 1832 par Karl Friedrich Gauss (astronome et mathématicien allemand, 1777-1855), pour les unités électriques, est fondé sur le millimètre, le gramme et la seconde.

CGS (centimètre, gramme, seconde)

• Ce système a été adopté en 1881 pour la mesure de petites quantités. Il a été utilisé principalement par les scientifiques.

MTS (mètre, tonne, seconde)

• Ce système est similaire au système CGS, mais a été proposé pour la mesure de grandes quantités. Il a été légal en France de 1919 à 1961.

LES ÉCHELLES DE TEMPÉRATURE

• En 1854, à la suite des travaux du Français Sadi Carnot (1796-1832) et de l'Allemand Rudolf Clausius (1822-1888), l'éminent savant britannique lord Kelvin définit une température « absolue » (ou thermodynamique) et montre l'existence d'un zéro absolu égal à - 273,15° C. L'échelle de température absolue, graduée en kelvin (K), se déduit de l'échelle Celsius en ajoutant 273,15.
 • Le kelvin a été adopté comme unité de base du système international d'unités, mais, là encore, les Anglo-Saxons se distinguent du reste du monde car ils utilisent comme échelle de température absolue l'échelle Rankine, dont le degré (R) est égal aux 5/9 du degré Celsius et qui se déduit de l'échelle Fahrenheit : température en R = température en K + 457,67.

MKSA (mètre, kilogramme-masse, seconde, ampère)

• Ce système est proposé en 1901 pour englober les unités électriques (électrostatiques et électromagnétiques) dans un seul système. Il est adopté en 1935 par la Commission électrotechnique internationale. L'ampère est une unité qui ne sera ajoutée qu'en 1950.

Anciennes unités de mesure anglo-saxonnes

Grandeur	Unité	Équivalence en unités légales	Observations
Longueur	Inch (pouce)	0,025 4 m	Ne pas confondre avec l'ancien pouce français (0,027 m) Foot (pied) = 12 inches 0,304 8 m Ne pas confondre avec l'ancien pied (0,325 m)
	Yard	0,914 4 m	
	Fathom (brasse)	1,828 8 m	Ne pas confondre avec l'ancienne brasse (1,66 m).
	Pole	5,029 2 m	
	Chain	20,116 8 m	Furlong = 10 chains 201,168 m Ne pas confondre avec le mille marin (international nautical mile), unité légale
Surface	Perch	25,293 m ²	
	Acre	4 046,8 m ²	Ne pas confondre avec l'ancien acre français, valant environ 52 ares (2 200 m ²)
Volume	US pint (pinte)	0,473 l	États-Unis. Ne pas confondre avec l'ancienne pinte française.
	UK pint (pinte)	0,568 l	Grande-Bretagne. Ne pas confondre avec l'ancienne pinte française (0,93 l).
	US gallon	3,785 l	États-Unis
	UK gallon	4,546 l	Grande-Bretagne et Canada
	Barrel (baril)	158,98 l	Cette unité, le baril (bbl), est utilisée pour mesurer les volumes de pétrole Ne pas confondre avec l'ancien tonneau marin (2,83 m ³)
Masse	Ton (unité de volume)	1,132 m ³	
	Grain	0,064 8 g	
	Dram	1,772 g	
	Ounce (once)	28,35 g	Vaut 31,103 g pour l'or et les autres métaux précieux. Ne pas confondre avec l'ancienne once française (30,594 g). Ne pas confondre avec l'ancienne livre française (489,5 g)
Température	Pound (livre)	453,592 g	
	Quarter	12,7 kg	
	Ton (poids)	1 001,6 kg	Ne pas confondre avec la tonne (1 000 kg)
	Fahrenheit	T (F) = 32 + 1,8 x T (°C)	

et 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 2.10⁻⁷ newton par mètre.

Température : kelvin (K)

• Le kelvin est une unité de température thermodynamique équivalant à 1/273,16 de la température du point triple de l'eau (le point triple de l'eau est le seul état thermodynamique dans lequel peuvent coexister à l'équilibre les trois phases de l'eau).
 • L'échelle Kelvin a les mêmes degrés que l'échelle Celsius couramment utilisée, mais son degré 0 correspond à - 273,15 °C.

Quantité de matière : mole (mol)

• La mole, abréviation de « molécule-gramme », est la quantité de matière d'un système contenant autant d'entités élémentaires qu'il y a d'atomes dans 0,012 kg de carbone.

Intensité lumineuse : candela (cd)

• La candela (mot latin signifiant chandelle) est l'intensité lumineuse dans une direction donnée d'une source émettant un rayonnement monochromatique de fréquence 540.10¹² hertz et dont l'intensité énergétique dans cette direction est de

1/683 watt par stéradian (unité de mesure d'angle dans l'espace).

Bureau international des poids et des mesures

• L'uniformité mondiale des mesures est assurée par le Bureau international des poids et des mesures (BIPM).
 • Fondé en 1875, le BIPM organise des comparaisons internationales d'étalons nationaux de mesure et effectue des étalonnages pour les États membres de la convention du mètre.
 • Des réunions ont lieu tous les quatre ans pour décider d'éventuelles modifications à apporter au système de mesure.

RAPPORTS ENTRE UNITÉS

Longueur

Valeur par rapport au mètre
 Kilomètre
 1 km = 1 000 m
 Hectomètre
 1 hm = 100 m
 Décamètre
 1 dam = 10 m
 Décimètre
 1 dm = 0,1 m
 Centimètre
 1 cm = 0,01 m
 Millimètre
 1 mm = 0,001 m
 1 mille marin = 1 852 m
 1 double décimètre = 0,2 m

Surface

Valeur par rapport au mètre carré
 Kilomètre carré
 1 km² = 1 000 000 m²
 Hectomètre carré ou hectare (ha)
 1 hm² = 10 000 m²
 Décamètre carré ou are (a)
 1 dam² = 100 m²
 Décimètre carré (dm²)
 1 dm² = 0,01 m²
 Centimètre carré (cm²)
 1 cm² = 0,000 1 m²
 Millimètre carré (mm²)
 1 mm² = 0,000 001 m²
 1 hectare vaut 100 ares
 En France, 1 acre équivalait à environ 52 ares
 En Grande-Bretagne et au Canada, 1 acre = 40,47 ares

Préfixes de multiples et sous-multiples des unités

Préfixe	Facteur	Symbole
téra-	10 ¹²	T
giga-	10 ⁹	G
méga-	10 ⁶	M
kilo-	10 ³	k
hecto-	10 ²	h
déca-	10	da
déci-	10 ⁻¹	d
centi-	10 ⁻²	c
milli-	10 ⁻³	m
micro-	10 ⁻⁶	μ
nano-	10 ⁻⁹	n
pico-	10 ⁻¹²	p
femto-	10 ⁻¹⁵	f