

Les origines du Système métrique décimal

Partout et toujours, les hommes ont compté, pesé, mesuré pour des besoins de commerce et d'échanges. Mais les systèmes traditionnels d'unités d'espace, de temps et de monnaie, étaient complexes, archaïques et surtout multiples.

Les unités anciennes de longueur se rapportaient souvent aux dimensions du corps humain ou à la mesure de ses activités : *pouce*, *pied*, *coudée*, *pas*, *lieue* (une heure de marche), *journal* (aire du terrain labourable en une journée), ... Les poids étaient généralement mesurés par des volumes. Pour les durées, le *jour* et l'*heure* avaient cependant un caractère quasi "universel".

Mais les unités ont des définitions locales (quand elles existent!), avec très souvent le même nom pour des valeurs différentes. De plus les subdivisions des unités utilisent les bases 6, 12, 16, voire 24, 10... Dès 789, Charlemagne décrétait l'emploi de mesures identiques dans tout le royaume, mais en vain. Louis XI, François Ier, Henri IV ou Louis XIV ne pourront faire mieux.

En 1581, GALILEE découvre l'*isochronisme* des oscillations : deux pendules de même longueur ont la même période. C'est un lien entre longueur et durée.

En 1585, le Flamand S. STEVIN introduit la *notation décimale* des nombres (unité, dixième, centième...) et en montre l'avantage dans la quantification des mesures. La 'virgule' est imaginée par le Hollandais SNELL quelques années plus tard. Ainsi, le nombre noté 3;5;7 en base 12 (numération duodécimale) vaut $3 + 5/12 + (7/12)/12$ c'est à dire 3,4653... en base décimale.

Les étalons employés jusqu'au 18^e siècle sont :

-le *Pied de Roi* (0,325 m) et la *Toise du Chatelet* valant 6 pieds (1,95 m). Le mot *toise* vient du latin 'tensa brachia' = les bras étendus). C'était une barre de fer scellée en 1668 dans le mur extérieur du Chatelet, démoli en 1802. De plus, un pied vaut 12 *pouces*, et un pouce égale 12 *lignes*.

-la *Livre poids de marc* (0,4895 kg) fraction 1/25 de la *Pile de Charlemagne*, étalon de poids datant du 14^e siècle constitué d'une série de 13 poids en cuivre s'emboîtant les uns dans les autres. La Pile pèse 50 *marcs* (12,2375 kg), le marc fixant à l'époque le poids des monnaies.

Les précurseurs du Système métrique.

Les hommes de science commencent à traiter leurs expériences avec des mesures précises : un besoin d'uniformisation se fait de plus en plus fort. En 1788, la devise "Un roi, une loi, un poids, une mesure" est souvent citée dans les Cahiers de Doléances.

L'idée directrice est d'assurer l'**invariabilité des mesures en les rapportant à des étalons pris dans la Nature, donc universels**. De plus la simplicité et la cohérence supprimeraient les vestiges de la féodalité.

Dès 1670, les astronomes J. PICARD (français), C. HUYGENS (hollandais) et O. ROEMER (danois) suggèrent de se référer à la longueur du pendule "battant la seconde" pour définir l'unité de longueur (environ 99 cm). Mais en 1672, l'astronome français J. RICHER découvre que cette longueur dépend du lieu de l'expérience sur la Terre. En 1747, C. La CONDAMINE propose la référence à l'équateur, tandis qu'en 1775, CONDORCET et C. MESSIER préfèrent la latitude 45°, plus facilement accessible, à mi-distance du pôle et de l'équateur.

Telle est la situation à la veille de la Révolution.

Les étapes de la réforme (1790-1799).

a) Le 8 mai 1790, l'Assemblée Nationale adopte un projet de TALLEYRAND, évêque d'Autun et député du clergé : *l'unité naturelle des longueurs sera celle d'un pendule battant la seconde sous une latitude à définir en accord avec d'autres pays* (notamment l'Espagne, la Grande-Bretagne et les Etats-Unis d'Amérique). Ce concours des nations ne sera hélas pas obtenu.

b) Le 27 octobre 1790, l'Académie des Sciences adopte l'échelle décimale pour tous les poids et mesures, et une Commission composée de BORDA, LAGRANGE, LAPLACE, MONGE et CONDORCET est chargée de fixer la base des unités.

c) Ces savants rejettent l'idée du pendule en raison de son caractère local, non universel, et proposent la longueur du méridien terrestre (la même partout sur la Terre). L'Assemblée vote cette loi le 30 mars 1791, et ordonne la mesure de l'arc de méridien de Dunkerque à Barcelone (environ 10°). C'est la première définition du mètre : la dix-millionième partie du quart du méridien. Ainsi, par définition, la circonférence polaire de la Terre mesure exactement 40 000 000 m. (le mot mètre, dû à Borda, vient du grec 'metron' = mesure).

Dunkerque et Barcelone ont été choisies pour plusieurs raisons : elles se situent très près du méridien de Paris (celui de l'Observatoire), elles sont toutes deux de part et d'autre du 45^e parallèle, et elles se situent au niveau de la mer, ce qui facilite la détermination précise de leur latitude, par la mesure de la hauteur du Pôle céleste, proche de l'Etoile Polaire. On voit bien toute l'importance des astronomes dans cette aventure, car c'en est bien une que celle de Jean-Baptiste DELAMBRE et de Pierre MECHAIN qui, seuls ou presque, vont parcourir la France du nord au sud (et une partie de l'Espagne, alors en guerre contre la France) pendant sept ans, de juin 1792 à décembre 1798. Il ne leur sera guère facile de faire les mesures par triangulation (voir encadré) au milieu des vicissitudes de la France révolutionnaire. Pourtant ces deux savants acheveront leur mission.

La Commission chargea également les chimistes A. de LAVOISIER et R-J. HAÛY de déterminer le poids (la masse) d'un volume connu d'eau pure pour en déduire l'unité de masse, d'abord appelée grave (du latin 'gravis' = lourd).

d) Avant de disposer des résultats des mesures, la Convention Nationale adopte deux textes très importants :

- le 1er août 1793 : décret sur un système décimal provisoire des poids et mesures,

La triangulation

Cette méthode géodésique consiste à déterminer une grande longueur par la mesure directe de quelques angles, et d'une distance relativement faible appelée la base (une dizaine de kilomètres).

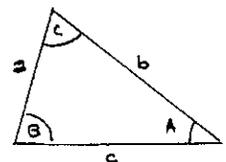
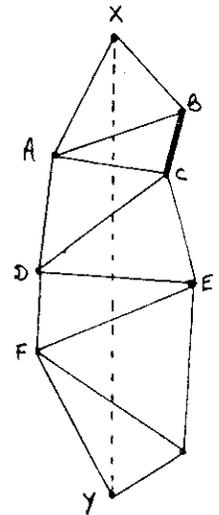
Pour déterminer la distance entre les villes X et Y, on choisit de part et d'autre de la ligne XY les points A, B, C... tels que, distants entre eux de 10 ou 20 km, ils puissent être visés à partir d'au moins deux autres points. Chacun d'eux est matérialisé par un repère géodésique (clocher, pyramide, ...) de 20 à 30 m de haut. De proche en proche, par visée directe, on mesure très précisément tous les angles du réseau des triangles XAB, ABC, BCD, ... à l'aide d'un théodolite (Borda avait mis au point le cercle répétiteur pour les mesures de Delambre et Méchain et en utilisant le grade pour unité d'angle).

Ayant choisi une ligne de référence (base) la plus horizontale possible (par exemple BC), on détermine sa longueur avec toute la rigueur possible. La précision actuelle avec des décamètres spéciaux est de l'ordre de 1 mm pour 10 km (soit 10⁻⁷).

Tous les angles et un seul côté étant connus, la trigonométrie (sphérique) permet de calculer tous les côtés des triangles, donc la longueur XY en unités linéaires. Par exemple, en géométrie plane, dans le triangle ABC, on connaît le côté b et les angles A, B, C: la relation

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}$$
 permet le calcul de a et de c.

Pour atteindre le rayon R de la Terre, on mesure les latitudes φ_1 et φ_2 des points X et Y (distants de L) par les hauteurs du Pôle céleste dans le ciel en ces points. La relation $L/2\pi R = (\varphi_1 - \varphi_2)/360$ donnera R. Avec $2\pi R = 40\,000\,000$ mètres par définition, ces calculs déterminent la valeur en mètres de l'unité linéaire employée pour la mesure directe de la base (la toise pour Delambre et Méchain).



avec comme unité de longueur le *mètre*, de masse le *grave*, de capacité la *pinte* (qui sera changée en *cadil* en janvier 1794), et de monnaie le *franc d'argent*.

- le 7 avril 1795 (18 germinal an III): *loi organique du Système métrique décimal*, fixant les nouvelles mesures "républicaines" et les préfixes décimaux à utiliser dans la nomenclature : le *mètre*, l'*are* (du latin 'area'=aire), le *stère* (du grec 'stereos'= solide), le *litre* (du grec 'litra', nom d'une mesure des liquides chez les Grecs), le *gramme* (du grec 'gramma'= petit poids), le *franc* (du nom du denier d'or frappé sous Jean le Bon en 1360, avec la devise "Francorum rex" = roi des Francs). Cette nouvelle monnaie remplace la *livre tournois* (du latin 'Turonensis'= monnaie frappée à Tours, au 13^e siècle).

Pour l'unité de masse (le *gramme*), la loi de 1795 adopte une valeur 1000 fois plus petite que celle de 1793 (le *grave*), à cause de l'étendue de l'échelle des "poids". L'unité deviendra le *kilogramme* en 1799, mais on gardera cependant le préfixe 'kilo' (voir le tableau ci-après).

e) Après les mesures de Delambre, Mechain, Lavoisier et Haüy, vérifiées par une commission de savants européens, la loi du 19 frimaire an VIII (10 décembre 1799) fixe la valeur *définitive* du *mètre* :

- le *mètre* vaut 3 pieds 11,296 lignes de la Toise du Pérou (copie étalon de la Toise du Chatelet, utilisée par La Condamine vers 1740 au Pérou pour la mesure du méridien sous l'équateur).

- le *kilogramme* (masse du décimètre cube d'eau pure à 4°C) vaut 18827,15 grains, le grain étant la fraction 1/9216 de la livre poids de marc, et 9216 = 16x24x24.

Ces unités avaient été matérialisées par des étalons en platine aggloméré : une règle à *bouts* (et non à traits) pour le *mètre*, et un cylindre de diamètre égal à sa hauteur (39 mm) pour le *kilogramme*. Ces étalons furent déposés aux Archives de la République le 4 messidor an VII (22 juin 1799).

Ainsi, la loi du 19 frimaire définit le *mètre* et le *kilogramme* par ces étalons qui "*sont définitifs dans toute la République*".

Diverses nomenclatures de quelques mesures décimales
(D'après H. Moreau: *Le Système métrique*)

Grandeurs	1er août 1793	7 avril 1795	4 nov. 1800	Valeurs
<i>longueurs</i>	milliaire	kilomètre	mille	1000 m
	mètre	mètre	mètre	1
	millimètre	millimètre	trait	0,001
<i>superficies</i> (agraines)	are	hectare	arpent	10000 m ²
	centiare	are	perche carrée	100
	-	centiare	mètre carré	1
<i>capacités</i>	cade	kilolitre	muid	1 m ³
	décicade	hectolitre	setier	0,1
	centicade	décalitre	boisseau	0,01
	pinte (cadil)	litre	pinte	0,001
<i>mesure des bois</i> <i>de chauffage</i>	-	stère	stère	1 m ³
	-	décistère	solive	0,1
<i>masses</i>	grave	kilogramme	livre	1 kg
	décigrave	hectogramme	once	0,1
	centigrave	décagramme	gros	0,01
	gravet	gramme	denier	0,001
	décigravet	décigramme	grain	0,0001
<i>monnaies</i>	franc d'argent	franc	franc	1 F
	-	décime	sol	0,1
	-	centime	denier	0,01

La mesure des durées.

La Nature offre à l'homme des durées étalons : l'année et le jour. Les Egyptiens avaient convenu de découper le jour et la nuit en deux fois 12 heures (de durées inégales). Les noms des autres subdivisions apparaissent au 13^è siècle : *minute* vient du latin 'minutus' (= petit), et *seconde* dérive de 'minuta secunda' par opposition à 'minuta prima' au sens de première et deuxième subdivision de l'heure en base sexagésimale (60). La seconde reçut très tôt une définition "naturelle": la fraction $1/86400$ du jour ($86400 = 24 \times 60 \times 60$).

Le calendrier est la liste des jours de l'année, rythmée par les saisons et les phases de la Lune. Afin de rompre avec le passé (aspect antireligieux de la réforme) et aussi pour introduire la numération décimale, la Convention Nationale décrète l'usage du *calendrier républicain* le 5 octobre 1793 : l'année débute le jour de l'équinoxe d'automne à Paris (en souvenir de la date de la proclamation de la République en 1792). Elle comporte 12 mois égaux, partagés en 3 décades, plus 5 (ou 6) jours supplémentaires afin de coïncider avec l'année astronomique des saisons.

Ce même décret prévoyait la division décimale et centésimale du jour : un jour égale 10 heures, une heure égale 100 minutes, et une minute vaut 100 secondes. Cette disposition ne sera guère appliquée : la loi du 18 germinal an III (7 avril 1795) en suspend l'obligation à cause des difficultés à rompre les habitudes.

Parallèlement, sur une proposition de Borda, les angles devront être mesurés en *grades* (et non en degrés, minutes et secondes d'arc) à raison de 400 grades pour un tour. Cette mesure ne s'est pas imposée à cause des astronomes et des marins, trop habitués aux valeurs sexagésimales! Pourtant, sur une Terre sphérique, un centigrade d'écart en latitude correspond exactement à une distance de 1 km, alors que le *mille marin* (écart de 1 minute d'angle) vaut 1852 m. Déjà en 1670, mais sans succès, l'abbé G. MOUTON avait proposé de définir une unité "universelle" de longueur, la *virgula* ou *pied géométrique*, par la fraction $1/10000$ du mille (environ 20 cm).

Des décisions rétrogrades.

La population (souvent illétrée) n'était guère favorable au Système métrique, y voyant plus d'inconvénients avec les noms nouveaux et les habitudes à modifier, que les avantages de la décimalisation.

Le 13 brumaire an IX (4 novembre 1800), un arrêté consulaire redonnait à la plupart des unités leurs noms "anciens" d'avant 1793 (tableau). Le 12 février 1812, un décret impérial autorisait, à côté du système légal, l'emploi de mesures "usuelles" à subdivision non décimale, et portant des noms anciens! L'arrêté du 21 février 1816, sous Louis XVIII, abandonnait même la décimalisation, compromettant gravement la réforme à peine réalisée.

Heureusement, la loi du 4 juillet 1837 abrogea le décret de 1812 et rendit obligatoire l'usage du Système métrique décimal à partir du 1^{er} janvier 1840.

Quelques expressions nous rappellent ces anciennes unités : "passer sous la toise", "ne pas reculer d'un pouce", ... Seul le mot *livre* (500 g) résiste encore sur les marchés!

Internationalisation du Système métrique.

Peu à peu, mais parfois avec des réticences, tous les pays vont adopter notre système que Condorcet dédiait "à tous les temps et à tous les peuples pour leur plus grand avantage". Les expositions universelles en favoriseront l'expansion et le Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) sera créé en 1875 lors de la "Convention du Mètre".

Depuis, les progrès de la physique ont permis de modifier les définitions des unités (sauf celle du kilogramme qui est toujours la masse d'un cylindre de platine) et la lumière et les atomes assurent à présent le caractère naturel des étalons du mètre et de la seconde.