

L'Univers qui nous entoure

Pour décrire l'Univers qui nous entoure, il est nécessaire d'avoir une idée des dimensions relatives des objets qui le constituent.

1 – Mesurer l'Univers



Le siècle des Lumières a inventé le système métrique, avec l'idée que ce dernier soit universel, ce qu'il est devenu, jusqu'au parachèvement par le Système International des unités de 1971. Sept unités de base : le mètre, le kilogramme, la seconde, l'ampère, le kelvin, la mole et la candela.

Le mètre a d'abord été défini comme la dix-millionième partie du 1/4 du méridien terrestre (de Paris) que Delambre et Méchain partirent mesurer sur le terrain : des étalons, tels celui-ci au 36 rue de Vaugirard (Paris), étaient placés un peu partout en France pour répandre le système métrique.

La définition par étalon s'avéra vite insuffisamment précise et on utilisa les avancées scientifiques pour trouver des définitions plus universelles. La seconde, initialement définie avec un pendule d'un mètre de long, sera redéfinie par rapport à l'atome et entraînera avec elle la redéfinition actuelle du mètre. Seul subsiste un étalon de masse en platine iridié, conservé à Sèvres, en France (plusieurs répliques existent dans le monde).. Sa redéfinition est à l'étude...

Mesurer, c'est comparer.

Le résultat d'une mesure comporte une valeur numérique et l'unité à laquelle elle se réfère. La valeur numérique est assortie de la précision à laquelle la mesure a pu se faire.

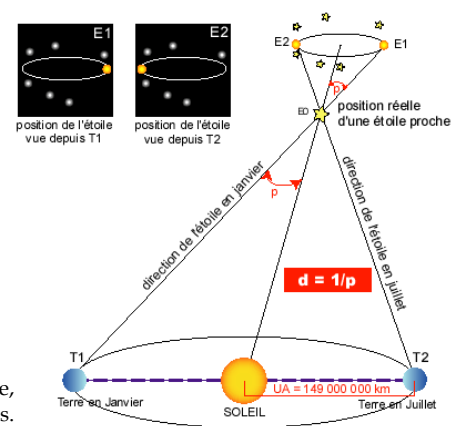
Exemple : la taille d'un segment mesuré avec une règle d'écolier peut être de 4,2 cm, mais pas de 4,21 cm.

On a coutume de compter le nombre de chiffres significatifs du résultat : 4,2 cm en comporte deux, alors que 4,21 cm en comporte trois.

Ainsi, écrire qu'un segment mesure 4,0 cm n'équivaut pas, en sciences expérimentales, à dire que ce segment mesure 4 cm... La première mesure pourrait être faite avec une règle d'écolier (graduée tous les millimètres), la seconde avec une règle de tableau (graduée tous les centimètres).

D'autres longueurs, inaccessibles à la mesure directe, sont déterminées par le calcul et/ou la géométrie. La précision de ces résultats dépend alors évidemment de celle des données (qui sont elles-mêmes généralement des mesures directes) intervenant.

La détermination de la distance des étoiles proches peut se faire par parallaxe, une méthode simple basée sur des visées et des calculs trigonométriques.



Principe général : on identifie la donnée qui contient le moins de chiffres significatifs : ce nombre sera également valable pour le résultat du calcul.



Exemple : le calcul d'une vitesse, d'une surface ou d'un volume.

Remarque : de l'intérêt des puissances de dix et de la notation scientifique

Voir documents de méthodologie.

Le recours aux puissances de 10 est indispensable pour l'écriture de nombres très grands et très petits. La calculatrice les note généralement « E » : $1,5 \cdot 10^{11}$ s'écrit à l'écran de la calculatrice (ou de l'ordinateur) 1,5E11.

L'écriture scientifique d'un résultat facilite sa conversion et l'accès à son ordre de grandeur. Ce dernier donne la puissance de 10 la plus proche du résultat.

2 – Perdus dans l'Univers ?

On entend parfois dans le langage populaire

« Je suis comme Saint Thomas, je ne crois que ce que je vois »

Tous les jours, la Terre donne l'impression d'être plate, même si aujourd'hui la preuve de sa rotondité n'est plus à faire. Il faut donc se méfier des apparences.

On a longtemps cru que la Terre était le centre de l'Univers (géocentrisme), mais il a bien fallu se rendre à l'évidence : nous ne sommes pas grand-chose...

A l'échelle de l'Univers, nous devons nous résoudre à ne pouvoir faire que des mesures indirectes : seule la lumière qui nous parvient des objets qui le parsèment est susceptible de nous fournir des informations. Nous le verrons, ce n'est déjà pas si mal.

La lumière voyage vite, très vite : dans le vide, comme dans l'air, à 300 000 km/s. Cette valeur, constante et limite pour tout corps matériel, se note

$$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

Cette vitesse est considérable à notre échelle, à tel point que la propagation de la lumière est instantanée.

Exemple : lors d'un orage, par exemple, l'éclair se forme instantanément alors que le tonnerre peut être perçu plusieurs secondes après : cela tient au fait que la lumière se propage un million de fois plus vite dans l'air que le son.

En revanche, à l'échelle du cosmos, la lumière se traîne... Pour nous venir du Soleil, elle met un peu plus de 8 minutes (entraînez-vous à le calculer, sachant que la distance Terre-Soleil est d'environ 150 millions de kilomètres), mais déjà plusieurs années pour nous venir de l'étoile la plus proche (Proxima du Centaure), plusieurs millions d'années pour nous venir de la galaxie la plus proche de la nôtre (Andromède), et plusieurs milliards d'années pour nous venir des confins de l'Univers observable...

Conséquence inattendue : la lumière qui nous vient de ces objets nous apporte des informations (images) qui ont vécu... Ainsi, un cliché instantané du Soleil le montre tel qu'il était il y a 8 minutes, ou encore un cliché instantané de la galaxie d'Andromède la montre telle qu'elle était il y a un peu plus de deux millions d'années. Qui dit astronomie dit donc aussi archéologie : impossible de voir les objets du cosmos tels qu'ils sont aujourd'hui.

« Regarder loin, c'est regarder tôt », comme l'explique Hubert Reeves (Patience dans l'azur).

Pour se figurer les distances astronomiques, on utilise couramment l'année-lumière (ou année de lumière) qui représente la distance parcourue par la lumière dans le vide en une année.



$$1 \text{ al} = 3,00.10^8 \times \underbrace{(60 \times 60 \times 24 \times 365)}_{\text{1 an en secondes}} = 9,46.10^{15} \text{ m}$$

$$1 \text{ al} \sim 10^{16} \text{ m}$$

soit 10^{13} m, ce qui se lit 10 000 milliards de kilomètres...

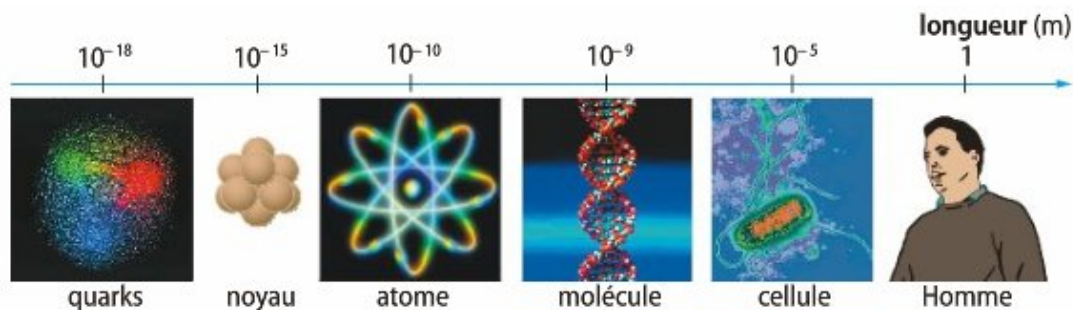
On dit parfois que le Soleil est à un peu plus de 8 minutes-lumière de nous...

Proxima du Centaure est à 4,3 al de nous, dans notre Galaxie (comme la plupart des étoiles que l'on peut observer). La galaxie d'Andromède se situe à 2 millions d'années-lumière de nous, et les objets les plus lointains observés (donc les plus jeunes !) sont situés à 13,7 milliards d'années-lumière.

3 - Balade de l'infiniment petit à l'infiniment grand

Du côté de l'infiniment petit

mètre	décimètre	centimètre	millimètre	micromètre	nanomètre	picomètre	femtomètre
1 m	1 dm	1 cm	1 mm	1 μm	1 nm	1 pm	1 fm
10^0 m	10^{-1} m	10^{-2} m	10^{-3} m	10^{-6} m	10^{-9} m	10^{-12} m	10^{-15} m

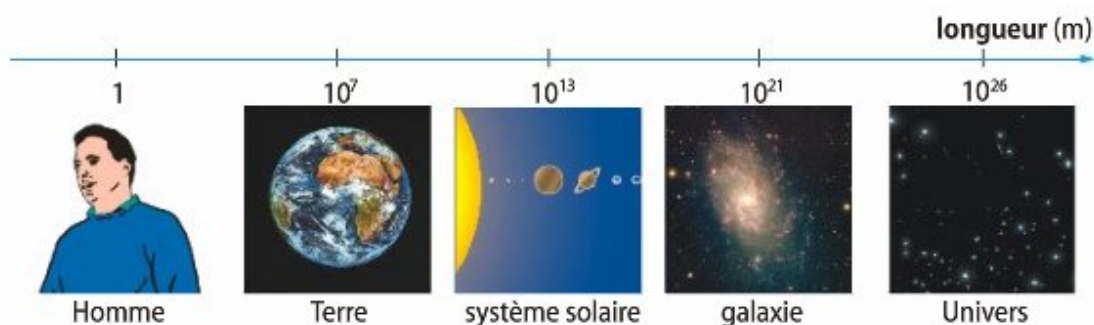


« Qu'est ce que l'homme dans la nature ? Un néant à l'égard de l'infini, un tout à l'égard du néant, un milieu entre rien et tout. » Blaise Pascal (1623-1662), Pensées.

« Quand on se place du point de vue du système solaire, nos révolutions ont à peine l'amplitude de mouvement d'atomes » Ernest Renan (1823-1892)

Du côté de l'infiniment grand

mètre	décamètre	hectomètre	kilomètre	mégamètre	gigamètre	téramètre	pétamètre
1 m	1 dam	1 hm	1 km	1 Mm	1 Gm	1 Tm	1 Pm
10^0 m	10^1 m	10^2 m	10^3 m	10^6 m	10^9 m	10^{12} m	10^{15} m

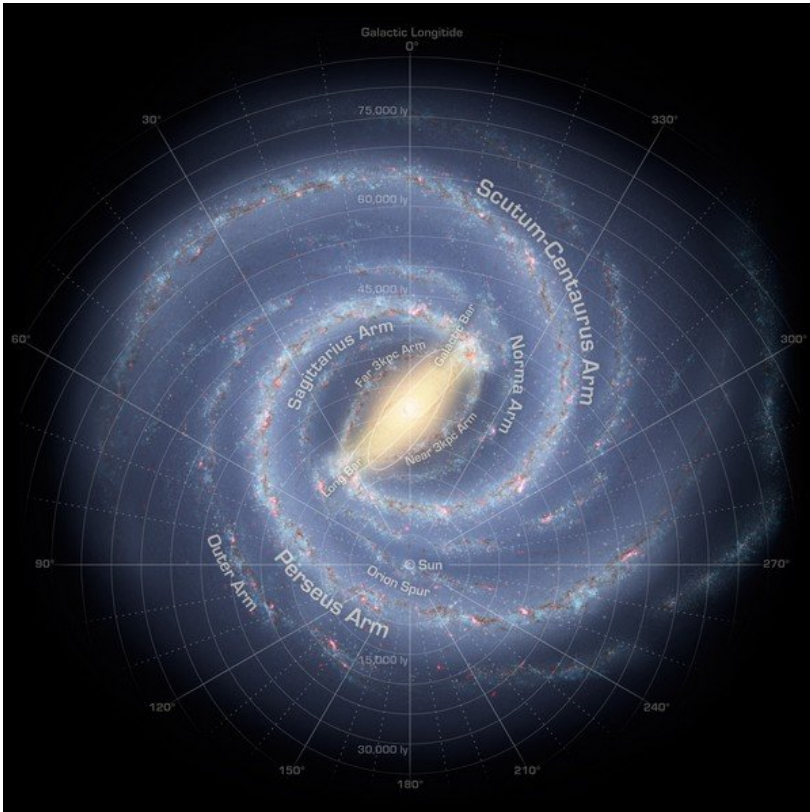




La matière est localisée dans certaines régions de l'espace. Entre ces concentrations de matière, à toute échelle, règne le vide. On parle de la structure lacunaire et discontinue du remplissage de l'espace par la matière.

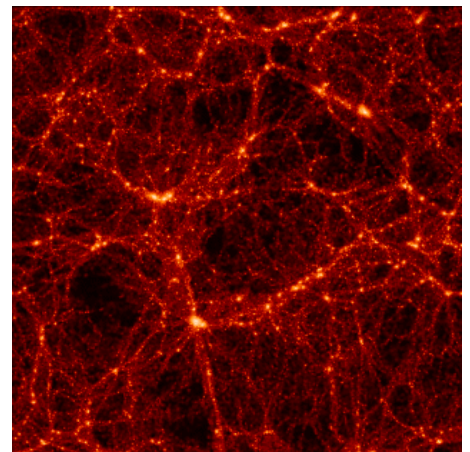
→ A l'échelle microscopique, le noyau est 100 000 fois plus petit que l'atome lui-même : entre les deux, là où se situent les électrons, du vide.

→ A l'échelle cosmique, le système solaire est 1 000 000 fois plus étendu qu'une planète ; la Galaxie 10 millions de fois plus que le système solaire, et l'Univers observable 100 000 fois plus que la Galaxie : l'espace est principalement constitué de vide.



Ci-contre : la Voie Lactée, notre galaxie, c'est cette étrange voile ténu qui drapé le ciel d'été. C'est une vaste nuée de 100 à 300 milliards d'étoiles parmi lesquelles la nôtre, le Soleil, une étoile tout à fait banale... à 25 000 al du centre de cette galaxie « spirale barrée » de 100 000 al de diamètre environ.

Ci-dessous : une simulation de l'Univers à très grande distance (les points lumineux sont des galaxies)



Un homme de 70 kg compte:

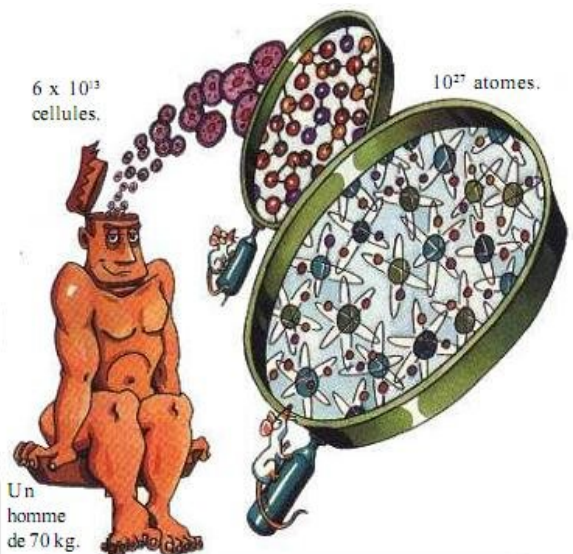
de 40 à 60 000 milliards de cellules
=
10 000 fois plus que tous les humains qui crapahutent sur Terre aujourd'hui.

↓

ces cellules sont composées de 6 millions de milliards de molécules
=
60 fois plus qu'il n'y a d'étoiles dans l'Univers.

↓

ces molécules sont elles-mêmes formées d' 1 milliard de milliards de milliards d'atomes (essentiellement de l'oxygène, du carbone, de l'hydrogène, de l'azote avec un peu de soufre, de phosphore, de chlore, d'arsenic, d'or, etc..)
=
un nombre astronomique qui serait équivalent au nombre d'étoiles contenues dans 10 000 Univers comparables au nôtre.



Si un atome mesurait 1 mm, une cellule friserait les 10 cm et un homme de 1,75 m plafonnerait à 1 750 km de haut !