

LEÇON 1 : L'UNIVERS ET SES GRANDEURS

I. De l'infiniment grand à l'infiniment petit

Une définition simple de l'Univers pourrait être « l'ensemble de tout ce qui existe ». Il s'étend de l'infiniment petit à l'infiniment grand, notre référence étant la taille de l'homme dont l'ordre de grandeur est le mètre.

1) Décrire l'infiniment grand

Dans l'infiniment grand, on retiendra les **étoiles** dont le Soleil fait partie ; autour de lui le **système solaire** comportant huit **planètes** - Mercure, Vénus, Terre, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus, et Neptune - ainsi que leurs **satellites** (la Lune pour la Terre), des **astéroïdes** et des **comètes**.

Les étoiles sont regroupées dans des **galaxies**. Il en existe un très grand nombre. La galaxie dont fait partie le Soleil est la **Voie Lactée**.

La distance Terre – Lune est de 384 400 km ; la distance Terre – Soleil est de 150 200 000 km.

On voit que l'unité de distance ordinaire (m ou km) n'est pas appropriée pour décrire de telles distances.

a- L'écriture scientifique – l'ordre de grandeur

La **notation scientifique** est l'écriture d'un nombre sous la forme d'un produit du type : $a \times 10^n$, où a est un nombre décimal tel que $1 \leq a < 10$ et n un nombre entier positif ou négatif. On l'utilise de préférence cette notation pour écrire des nombres très grands ou très petits afin d'éviter les ribambelles de zéros qui rendent les chiffres difficiles à lire et sont sources d'erreurs.

Ainsi la distance Terre – Lune devient $3,844 \cdot 10^5$ km. La distance Terre – Soleil $1,5 \cdot 10^8$ km.

Pour comparer des nombres entre eux, on définit **l'ordre de grandeur** : c'est la puissance de dix la plus proche de cette valeur.

Ainsi la distance Terre – Lune est de l'ordre de 10^5 km ; la distance Terre – Soleil est de l'ordre de 10^8 km. Entre les deux, il y a un rapport de 10^3 , soit plus de 1000. On voit que l'ordre de grandeur est facile à manipuler pour la comparaison de nombres très grands.

Les règles de calcul avec les puissances de 10

- $10^0 = 1$
- $10^a \times 10^b = 10^{a+b}$
- $\frac{10^a}{10^b} = 10^{a-b}$
- $(10^a)^b = 10^{a \times b}$

Multiple ou sous multiple	Symbole	Valeur
kilomètre	km	10^3_m
mètre	m	1m
centimètre	cm	10^{-2}_m
millimètre	mm	10^{-3}_m
micromètre	μm	10^{-6}_m
nanomètre	nm	10^{-9}_m
picomètre	pm	10^{-12}_m

b- L'unité astronomique - L'année lumière

Pour parler de ces très grandes distances avec des nombres plus faciles à comprendre et à manipuler on a introduit de nouvelles unités de longueurs.

L'**unité astronomique** (symbole **U.A.**) correspond approximativement à la distance Terre – Soleil : $1 \text{ U.A.} = 150.10^6 \text{ km}$.

L'**année lumière** (symbole **a.l.**) est la **distance** parcourue par la lumière dans le vide en une année. En effet, la lumière se déplace en ligne droite et à vitesse constante dans les milieux homogènes. Dans le vide, sa vitesse est de $c = 3,00.10^8 \text{ m/s}$ (c pour *célérité*). Cette vitesse est une vitesse limite : il n'y a pas d'objet connu ayant une vitesse dépassant celle de la lumière.

Pour déterminer la valeur de l'année lumière, il est possible d'utiliser la relation $d = c \times \Delta t$:

$$1 \text{ a.l.} = 3,0 \times 10^8 \times 365 \times 24 \times 3600 = 9,46 \times 10^{15} \text{ m}$$

$$\rightarrow 1 \text{ a.l.} = 9,46.10^{15} \text{ m}$$



Malgré son nom, l'année lumière est une unité de **distance** et non de durée.

2) Décrire l'infiniment petit

A l'autre extrémité de l'échelle, on trouve les constituants élémentaires de la matière. En 1911, Ernest Rutherford propose son modèle de l'atome : « Un atome est constitué d'un noyau central chargé positivement autour duquel des électrons chargés négativement sont en mouvement, comme les planètes autour du Soleil ».

Le noyau est composé de nucléons : les protons, chargés positivement et les neutrons qui ne portent pas de charge. Le rayon d'un noyau est de l'ordre de 10^{-15} m .

L'atome entier (noyau + électrons sur leur « orbite ») a un rayon de l'ordre de 10^{-10} m .

Application : $\frac{r_{\text{atome}}}{r_{\text{noyau}}} = \frac{10^{-10}}{10^{-15}} = 10^5$ Si on assimile le noyau d'un atome à une balle de tennis de 3,3cm de rayon (ordre de 10^{-2} m) alors le rayon de l'atome correspondant est de l'ordre de

$$r_{\text{atome}} = 10^5 \times 10^{-2} = 10^3 \text{ m} = 1 \text{ km} \rightarrow \text{L'atome entier a un rayon de l'ordre du kilomètre.}$$

II. Point maths : les chiffres significatifs (C.S.)

Rappel : La notation scientifique est l'écriture d'un nombre sous la forme : $a \times 10^n$ où $1 \leq a < 10$.

☞ On appelle **chiffres significatifs** les chiffres présents dans le nombre a .

Ex. : $125 \text{ g.mol}^{-1} = 1,25.10^2 \text{ g.mol}^{-1} \Leftrightarrow 3 \text{ chiffres significatifs}$

$0,0067 \text{ L} = 6,7.10^{-3} \text{ L} \Leftrightarrow 2 \text{ chiffres significatifs}$

Le nombre de chiffres significatifs révèle la **précision** sur la valeur exprimée. Il est donc important de le **maîtriser**.

☞ D'abord, il faut se demander le nombre de chiffres nécessaire à l'expression d'une donnée, surtout lorsqu'il s'agit de nombres très grands ou très petits. Prenons la distance Paris - Brest : ça fait à peu près 594km. En unités S.I., on va naturellement se limiter à $5,94.10^3 \text{ m}$ plutôt que 594 000m. On voit

bien que 3 chiffres significatifs suffisent : sur une telle distance, il n'est pas utile de préciser les mètres, à plus forte raison les cm ou les mm.

✍ Pour le résultat d'un calcul, de façon générale, **un résultat ne peut pas avoir plus de chiffres significatifs que les données qui ont servi à le calculer**, ET PEU IMPORTE ce que donne la calculatrice (elle n'a pas de cerveau !!).

✍ Les nombres entiers servant de constantes dans les calculs (exemple le 2 de $2\pi r$ pour le calcul d'un périmètre) sont considérés comme **infiniment précis** c'est-à-dire possédant autant de chiffres significatifs que nécessaire.

Application : Ainsi, si on parcourt la distance Paris-Brest $d = 594\text{km} = 5,94 \cdot 10^3 \text{ m}$ – 3 chiffres significatifs – en une durée de $t = 6\text{h}00 = 6 \times 60 \times 60 = 2,16 \cdot 10^4 \text{ s}$ – 3 chiffres significatifs –, alors la vitesse moyenne est de $v = \frac{d}{t}$ $v = \frac{5,94 \cdot 10^3}{2,16 \cdot 10^4}$ la calculatrice donne 0,2736 → le résultat correct est $0,274 \text{ m.s}^{-1}$ car le résultat ne peut pas avoir plus de 3 chiffres significatifs (comme les données d et t).

✍ **Conséquence** : les zéros situés après la virgule ne sont pas tous simplifiés, car ils ont un sens. Ainsi, par exemple, mesurer un temps de 5min ou de 5,00min ne se fera pas avec le même matériel : une montre quelconque suffira pour 5min, là où un chronomètre sera nécessaire pour mesurer 5,00min. Et cela ne donnera pas la même précision sur le résultat du calcul d'une vitesse par exemple.



Lorsqu'un calcul est réalisé en plusieurs étapes, **il ne faut pas arrondir les résultats intermédiaires**, au risque d'introduire une erreur. C'est le résultat final qui doit comporter le bon nombre de chiffres significatifs. Un bon compromis : présenter les résultats intermédiaires avec le bon nombre de C.S. **mais** conserver pour les calculs tous les chiffres donnés par la calculatrice.

III. Les subdivisions et multiples de l'unité

On connaît traditionnellement les préfixes multiplicatifs kilo- (qui vaut 1000 comme le kilogramme et le kilomètre), hecto- (100), déca- (10) ainsi que les diviseurs déci- (qui vaut 0,1), centi- (0,01) et milli- (0,001). Il n'existe pas de dénomination pour toutes les subdivisions.

Autour de l'unité, les subdivisions vont de 10 en 10. Mais au-delà de *kilo* et en deçà de *milli*, les noms des subdivisions vont de mille en mille.

Voici un tableau de conversion, ici il est appliqué au mètre, mais ça marche pour tout :

Pour les multiplicateurs (à lire de droite à gauche) :

Téra-	Giga-	Méga-	Kilo-	Hecto-	Déca-	
10^{12}	10^9	$1\ 000\ 000 = 10^6$	$1\ 000 = 10^3$	$100 = 10^2$	$10 = 10^1$	1
1 Tm = 1000 Gm	1 Gm = 1000 Mm	1 Mm = 1000 km	1 km = 10 hm	1 hm = 10 dam	1 dam = 10m	m

On les utilise beaucoup aujourd'hui pour parler des octets des données numériques.

✎ Pour convertir 5 Mm, on écrira :

Tm	Mm	km	hm	dam	m
	5	000	0	0	0

→ Soit 5 000 000 m = 5×10^6 m

Pour les diviseurs :

	Déci-	Centi-	Milli-	Micro-	Nano-	Pico-	Femto-
1	0,1	0,01	$0,001 = 10^{-3}$	$0,000001 = 10^{-6}$	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}
m	1 dm = 0,1 m	1 cm = 0,01 m	1 mm = 0,001 m	1 μ m = 0,000001 m	1 nm = 0,000000001 m	1 pm = 0,000000000001 m	1 fm = 0,000000000000001 m

✎ Pour convertir 4,3 μ m, on écrira :

m	dm	cm	mm	μ m	nm	pm	fm
0,	0	0	0	004	3		

→ soit 0,000 004 3 = $4,3 \cdot 10^{-6}$ m

✎ Pour convertir 3,5 nm, on écrira :

m	dm	cm	mm	μ m	nm	pm	fm
0,	0	0	0	000	003	5	

→ soit 0,000 000 003 5 = $3,5 \cdot 10^{-9}$ m

→ On voit comme il devient vite compliqué de bien compter le nombre de zéros et de ne pas en oublier un en recopiant : c'est l'intérêt de la notation scientifique pour les nombres très grands ou très petits.

DEVOIR 1 L'univers et ses grandeurs

EXERCICE 1 :

Définir l'unité astronomique. Donner sa valeur avec 2 chiffres significatifs.

EXERCICE 2 :

Donner la valeur de l'année lumière et préciser son intérêt.

EXERCICE 3 :

Convertir les grandeurs suivantes en mètres et en utilisant la notation scientifique :

- 2 pm	- 4,3µm	- 68,3km
- 3,5nm	- 4807m	- 12mm

EXERCICE 4 : manipuler la notation scientifique

Effectuer les calculs suivants sans calculatrice (développer vos calculs) :

- a. $10^{-4} \times 10^{-5}$ b. $30 \times 10^5 \times 10^2 \times 4$ c. $10^{-2} \times 10^{12} \times 10$ d. $(4 \times 10^2) / (2 \times 10^4)$
e. $(10^4)^2 / 10^8$ f. $10^3 \times 10^{-5}$

EXERCICE 5 :

1) Attribuer à chacun des « objets » numérotés de 1 à 8 sa taille parmi celles données de a à i (réécrire les items – ne pas se contenter des chiffres et des lettres)... attention, tout ne s'accorde pas...

- 1- mouche 2- atome 3- distance Terre-Soleil 4- diamètre d'un cheveu
5- train 6- rayon de la Terre 7- molécule 8- la Voie Lactée
9- hauteur d'une montagne

- a- $1,50 \cdot 10^8$ km b- 4,4 km c- 6400 km d- 1,0 cm e- 0,1 nm f- 90 µm
g- 158 m h- 10 nm i- 1 fm

2) Convertir chacune des dimensions précédentes en m.

3) Donner les ordres de grandeurs correspondants.

4) Placer les « objets » sur un axe gradué en puissance de 10 (la plus petite sera l'origine ; l'échelle sera de 0,5cm pour un ordre de grandeur).

EXERCICE 6 :

L'étoile polaire est l'étoile la plus proche de notre système solaire. Elle se situe à $4,08 \cdot 10^{15}$ km de la Terre.

- a) Quelle est cette distance exprimée en année lumière ? (justifier par un calcul).
b) A l'aide de ce calcul, expliquer la phrase « voir loin, c'est voir dans le passé ».

EXERCICE 7 :

Rechercher les diamètres des planètes du système solaire et comparer les ordres de grandeurs.

Représenter la Terre avec un diamètre de 0,5cm et en déduire l'échelle de votre dessin..

A partir de cette échelle, représenter les autres planètes (justifier par au moins un calcul).

EXERCICE 8 :

Pour mesurer la distance de la Terre à la Lune, on utilise un laser à impulsions. Une impulsion lumineuse (un flash) part de la Terre et se propage dans l'espace jusqu'à la Lune puis il est renvoyé à la station émettrice sur la Terre par un réflecteur.

La durée écoulée entre l'émission et la détection du signal est de 2,56s. En déduire la distance Terre-Lune.

Données : on rappelle la vitesse de la lumière dans le vide et dans l'air : $c = 3,00.10^8\text{m/s}$