

I. Description de l'Univers

Depuis l'Antiquité, les hommes ont observé le ciel. Ils se sont intéressés aux Etoiles, aux Planètes.

1. Vers l'infiniment petit :

- La matière que nous observons autour de nous, qu'elle soit vivante ou inerte, est toujours constituée à partir d'atomes. Chaque atome est constitué d'un noyau, autour duquel circulent un ou plusieurs électrons.
- Ces atomes peuvent s'assembler pour former des molécules, elles-mêmes peuvent s'assembler pour constituer des cellules.
- L'atome le plus simple est l'atome d'hydrogène. Le rayon de son noyau est $r_n = 1,0 \times 10^{-15}$ m. Son électron se situe souvent à une distance du noyau $r_a \approx 5 \times 10^{-11}$ m.

2. Vers l'infiniment grand



Vue d'artiste de la Voie Lactée. Indiquée par la flèche rouge, la position de notre étoile le Soleil)

- Le système solaire est constitué d'une étoile, le Soleil, boule de gaz très chaud autour de laquelle tournent huit planètes (Mercure, Vénus, Terre, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune).
- Le Soleil n'est qu'une étoile moyenne parmi un groupe contenant environ 100 milliards d'étoiles, appelé la Galaxie
- Il existe, dans la Galaxie, des systèmes planétaires extrasolaires : ils sont constitués de planètes gravitant autour d'une étoile autre que le Soleil. Ces planètes sont appelées exoplanètes (en grec, exô signifie « au-dehors »). La première exoplanète, 51 Pegasi b, n'a été détectée que dans les années 1990.

- La Galaxie n'est qu'une des nombreuses galaxies (une centaine de milliards peut-être) qui peuplent l'Univers.



Notre planète la Terre :

Elle est la 3^{ème} planète du système solaire.

On appelle les **quatre premières planètes (Mercure, Vénus, Terre et Mars) planètes telluriques** ou intérieures. Elles sont peu volumineuses mais denses, avec une structure rocheuse autour d'un noyau riche en fer.

Les **quatre planètes suivantes (Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune)** sont appelées **planètes joviennes** ou extérieures. Elles sont volumineuses mais peu denses et présentent une structure gazeuse autour d'un noyau rocheux. **Pluton**, est plutôt mal connue : petit diamètre, faible densité.



3. Structure lacunaire de l'Univers

- Si on représentait le Soleil par un pamplemousse de diamètre 10 cm, la Terre devrait être représentée par une tête d'épingle de 1 mm de diamètre, placée à environ 10 m de lui pour respecter les proportions). Proxima du Centaure, l'étoile la plus proche du système solaire, devrait être représentée à 3 000 km. Les distances entre le Soleil et les planètes dans le système solaire, entre les étoiles dans la Galaxie et entre les galaxies sont très grandes: **la plus grande partie de l'espace est donc occupée par du vide.**
- Si le noyau de l'atome d'hydrogène était représenté par une balle de ping-pong, l'électron devrait être représenté à environ 1 km de cette balle pour respecter la même échelle, avec du vide entre les deux. **La plus grande partie d'un atome est donc constituée de vide.**

Au niveau de l'atome et jusqu'à l'échelle cosmique, la matière a une structure lacunaire : l'espace est essentiellement occupé par du

II. Longueurs dans l'Univers

1. Unité de longueur

Le mètre, de symbole m, est l'unité de longueur dans le système international.

On utilise aussi ses multiples ou ses sous-multiples, dont les plus courants sont rassemblés dans le tableau.

Remarque. La distance moyenne de la Terre au Soleil, une autre unité de longueur appelée unité astronomique (ua), est fréquemment utilisée pour les distances dans le système solaire.

mégamètre	Mm	10^6 m
kilomètre	km	10^3 m
mètre	m	10^0 m ou 1 m
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

Multiples et sous-multiples du mètre.

2. Les puissances de 10 ; l'écriture scientifique :

Pour la clarté des calculs, les scientifiques notent les nombres avec l'écriture scientifique.

L'écriture scientifique d'un nombre est l'écriture de la forme $a \times 10^n$ pour laquelle a est un nombre décimal tel que $1 \leq a < 10$ et n est un entier positif ou négatif.

APPLICATION : Donner l'écriture scientifique en km du rayon de la Terre : $R_T = 6\,378$ km.

Réponse. On exprime 6 378 en fonction de 6,378 car 6,378 est tel que $1 \leq 6,378 < 10$.

Pour passer de 6,378 à 6 378, on doit multiplier par 1000, soit 10^3 . Ainsi, $R_T = 6,378 \times 10^3$ km.

APPLICATION : Exprimer, en utilisant l'écriture scientifique, les valeurs des longueurs suivantes :

Rayon d'un globule rouge : 0,0012 mm

Rayon de Jupiter : 71 490 km

Distance du Soleil à l'étoile la plus proche : 411 000 milliards de km

Les règles de base des calculs avec les puissances de 10 sont :

$$10^0 = 1 ;$$

$$10^a \times 10^b = 10^{a+b} ;$$

$$10^a = 10^{a-b}$$

3. Ordres de grandeur :

L'ordre de grandeur d'une valeur est la puissance de 10 la plus proche de cette valeur.

APPLICATION : Donner l'ordre de grandeur de la distance Terre Soleil $d_{TS} = 150 \times 10^9$ m.

Réponse. On note d'abord la valeur de d_{TS} en écriture scientifique: $d_{TS} = 150 \times 10^9$ m = $1,50 \times 10^2 \times 10^9$ m = $1,50 \times 10^{11}$ m. La puissance de 10 la plus proche de 1,50 est 1. L'ordre de grandeur de d_{TS} est donc 10^{11} m.

L'ordre de grandeur permet d'informer sur l'importance d'une grandeur sans souci de précision.

Exemple. L'ordre de grandeur du rayon du Soleil (695 500 km) est égal à 10^9 m.

Celui de la Terre (6357 km) est de 10^7 m, soit 100 fois plus petit.

C'est le même rapport d'échelle que l'ordre de grandeur du diamètre d'un ballon de football comparé à celui de la taille d'une fourmi.

Calcul avec des puissances de 10 : les atomes de carbone ont un rayon estimé à 10^{-1} nm. En déduire l'ordre de grandeur du nombre d'atomes de carbone qui peuvent être placés côte à côte pour occuper une longueur de 1 mm.

III. L'année de lumière :

1. Une unité de longueur adaptée à l'échelle cosmique :

• La lumière se propage à une **vitesse finie**.

Dans le vide ou dans l'air, la vitesse de propagation de la lumière est: $c = 3,00 \times 10^8$ m.s⁻¹.

• Les distances qui séparent les étoiles ou les galaxies les unes des autres sont considérables. Le mètre, unité de base du système international, est une unité beaucoup trop petite.

En astronomie, on préfère utiliser **l'année de lumière**.

L'année de lumière (a.l.) est la distance parcourue par la lumière, dans le vide, en une année.

• **La valeur de l'année de lumière se détermine de la manière suivante :**

$$d = c \times \Delta t \text{ donc } 1 \text{ a.l.} = 3,00 \times 10^8 \times \underbrace{(365,25 \times 24 \times 3600)}_{\text{un an exprimé en secondes}} = 9,47 \times 10^{15} \text{ m.}$$

un an exprimé en secondes

Attention : l'année de lumière est une unité de longueur, pas une unité de temps. L'ordre de grandeur d'une année de lumière est

Proxima du Centaure est l'étoile la plus proche du Soleil. Elle se situe à un peu plus de 4 a.l. de la Terre: la lumière met plus de 4 ans à nous parvenir.

APPLICATION :

L'étoile polaire se situe à 4,2 x 10⁶ milliards de km de la Terre.

Exprimer cette distance en années de lumière. Donnée: 1 a.l. = 9,47 x 10¹⁵ m.

Réponse : D'après le tableau de proportionnalité, on a :

$$x = \frac{4,2 \times 10^6 \times 10^9 \times 10^3}{9,47 \times 10^{15}} = 4,4 \times 10^2 \text{ a.l.}$$

1 a.l.	4,47 x 10 ¹⁵ m
x a.l.	4,2x10 ⁶ x10 ⁹ x10 ³ m

Exemple : Le 23 février 1987, les astronomes ont observé l'explosion d'une étoile dans le grand nuage de Magellan situé à 1,7 x 10⁵ a.l. de la Terre. Cet événement s'est en réalité produit il y a 170 000 ans environ.

2. Voir loin, c'est voir dans le passé

- Les objets qui nous entourent sont visibles parce qu'ils émettent de la lumière qui parvient jusqu'à nos yeux. Celle-ci met du temps à parcourir la distance qui nous sépare de l'objet observé.
- La lumière nous apporte des renseignements (couleur, forme...) sur un objet tel qu'il était au moment de l'émission de lumière.
- Plus il est éloigné, plus la durée du trajet parcouru par la lumière est longue, et plus nous observons dans le passé.
- Pour les objets à proximité de la Terre, l'instant de l'émission coïncide pratiquement avec celui de la réception: nous voyons les objets tels qu'ils sont dans le présent.
- En revanche, pour les étoiles ou les galaxies, la lumière voyage pendant des années. Ainsi, en observant les galaxies les plus éloignées, nous les voyons telles qu'elles étaient il y a plus de 12 milliards d'années, c'est-à-dire presque à l'origine de l'Univers.

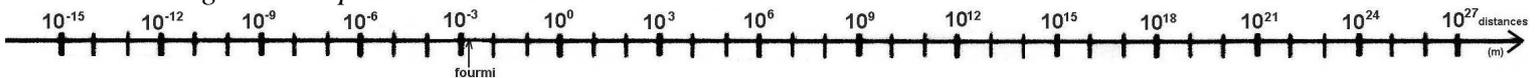
IV. Echelle des longueurs dans l'Univers :

L'échelle suivante est une échelle non linéaire de longueurs exprimées en mètre. **D'une graduation à l'autre, la valeur est multipliée (ou divisée) par dix.** Grâce à cette technique, on peut placer des objets de tailles très différentes sur un même axe.

On considère les objets suivants : Noyau d'un atome : 1 millionième de nanomètre

Taille de l'univers connu : 15 milliards d'année de lumière.

Question : Exprimer les 2 longueurs précédentes en mètre et en écriture scientifique et placer ces 2 longueurs sur l'axe gradué en puissances de 10.



V. Ordre de grandeurs :

2 longueurs, dans la même unité, sont séparées de 10ⁿ ordre de grandeur, si le rapport (la division) de la plus grande par la plus petite est proche de la valeur 10ⁿ.

Question : Combien d'ordre de grandeur y-a-t-il entre : la fourmi (5 mm) et le rayon de la terre (6400 km) ? la taille de l'Univers (10²⁶ m) et la taille d'un noyau d'atome (10⁻¹⁵ m) ?

Exercices Ch.7 Description de l'Univers p : 116 – 117 -118

Exercice n°1 Mots manquants :

- a. étoile ; Galaxie
- b. ordre ; grandeur
- c. extrasolaires ; exoplanètes
- d. atomes ; molécules
- e. ordre ; grandeur ; atome
- f. vide ; lacunaire
- g. année ; lumière ; vide, longueur
- h. propagation ; passé

Exercice n° 2 – QCM

- a. 10^{-10} m.
- b. 10^8 km.
- c. 100 milliards.
- d. 10^3 km.
- e. 10^6 μm .
- f. Dans cent ans.
- g. $3,0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
- h. 10^{16} m.

Description de l'univers

3. Structure lacunaire : Voir cours.

4. Le bon mot : a. De molécules d'eau. b. D'atomes de fer.

Longueurs dans l'Univers

5. Voir tableau des multiples et des sous-multiples.

6. Voir écriture scientifique.

7. Ordres de grandeur pour un lycéen. a. $1\text{m} = 10^0 \text{ m}$. b. 10^1 ans.

L'année de lumière

8. Définition de l'année de lumière : cours

« Pour parvenir jusqu'à nous, la lumière issue de Proxima du Centaure effectue un trajet d'une distance d'un peu plus de 4 années de lumière pendant une durée d'un peu plus de 4 années. »

Utiliser ses compétences

9. Convertir en utilisant les puissances de 10 :

- a. $1,7 \times 10^{-2} \text{ m}$; $0,48 \times 10^3 \text{ m}$; $49 \times 10^{-3} \text{ m}$; $35 \times 10^2 \text{ cm}$; $63 \times 10^3 \text{ m}$; $568 \times 10^3 \text{ km}$.
- b. $1,7 \times 10^{-2} \text{ m}$; $4,8 \times 10^2 \text{ m}$; $4,9 \times 10^{-2} \text{ m}$; $3,5 \times 10^3 \text{ cm}$; $6,3 \times 10^4 \text{ m}$; $5,68 \times 10^5 \text{ km}$.

10. Calcul d'un ordre de grandeur.

11. Utiliser l'écriture scientifique :

- a. $1,2 \times 10^{-2} \text{ mm}$.
- b. $7,1490 \times 10^4 \text{ km}$.
- c. $4,1000 \times 10^{13} \text{ km}$.

12. Donner un ordre de grandeur en m :

- a. 10^{-5} m .
- b. 10^8 m .
- c. 10^{16} m .

13. Attribuer une unité apparentée :

$1,7\text{Mm}$; $12\mu\text{m}$; $0,17 \text{ Tm}$ (ou 170 Gm mais cela ajoute un chiffre significatif) ; $1,2 \text{ fm}$; $540 \mu\text{m}$; $0,14 \text{ nm}$ (ou 140 pm mais cela ajoute un chiffre significatif).

14. Appliquer une relation de proportionnalité :

Longueur réelle	Longueur fictive
$R_S = 7,0 \times 10^8 \text{ m}$	$R_P = \frac{D_P}{2} = 5,0\text{cm}$
$d_{S-V} = 1,08 \times 10^{11} \text{ m}$	$r = ?$

Si le Soleil avait la taille d'un pamplemousse, l'orbite de Vénus supposée circulaire aurait un rayon :

$$r = \frac{d_{S-V} D_P}{2R_S} = 7,7 \times 10^2 \text{ cm} = 7,7 \text{ m}.$$

15. Calculer avec des puissances de 10 :

$$N = \frac{L}{2r} = 5 \times 10^6, \text{ soit un ordre de grandeur de } 10^7.$$

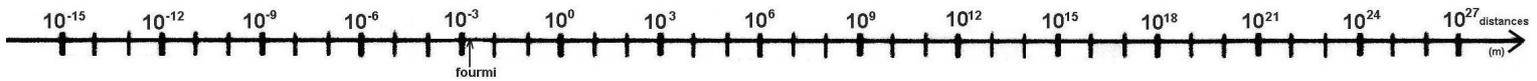
Réponses :

Echelle des longueurs dans l'Univers

On considère les objets suivants : Noyau d'un atome : 1 millionième de nanomètre

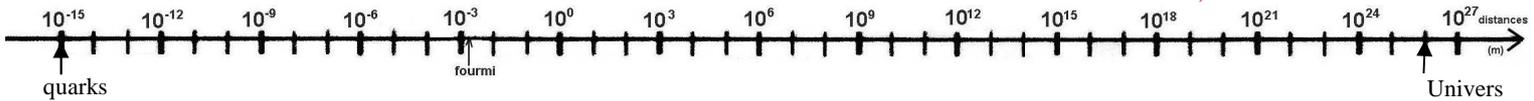
Taille de l'univers connu : 15 milliards d'année de lumière.

Question : Exprimer les 2 longueurs précédentes en mètre et en écriture scientifique et placer ces 2 longueurs sur l'axe gradué en puissances de 10.



Noyau d'un atome : 1 millionième de nanomètre = $10^{-6} \times 10^{-9} = 10^{-15}$ m

Taille de l'univers connu : 15 milliards d'année de lumière = $15 \cdot 10^9 \cdot 10^{16}$ m = $1,5 \cdot 10^{26}$ m $\approx 10^{26}$ m



Ordre de grandeurs :

Combien d'ordre de grandeur y-a-t-il entre : la fourmi et le rayon de la terre ? $6,4 \cdot 10^6 / 5 \cdot 10^{-3} = 1,2 \cdot 10^9$

- La taille de l'Univers et la taille d'un noyau d'atome ? $10^{26} / 10^{-15} = 10^{41}$.

Exercices Ch.7 (suite)

16. Déterminer la durée d'un trajet :

Si une explosion brutale se produisait à la surface du Soleil, nous en serions informés au bout d'un temps $t = \frac{d_{T-S}}{c} = 5,0 \times 10^2$ s (soit 8,3 min).

c

20. Pixel et cheveu :

$$L_{\text{pixel}} = \frac{L_{\text{écran}}}{N_{\text{pixel}}} = \frac{22 \times 10^{-2}}{1024} = 2,1 \times 10^{-4} \text{ m. Ordre de grandeur : } 10^{-4} \text{ m.}$$

L'épaisseur d'un cheveu ($80 \mu\text{m} = 8,0 \times 10^{-5}$ m) est du même ordre de grandeur ($10 \times 10^{-5} = 10^{-4}$ m).

21. Un atome dans un stade :

Longueur réelle	Longueur fictive
$2 r_a = 2 \times 1,8 \times 10^{-10} \text{ m}$	$L_{\text{stade}} = 100 \text{ m}$
$r_n = 3,4 \times 10^{-15} \text{ m}$	$L_{\text{objet}} = ?$

La taille de l'objet représentant le noyau de l'atome est $L_{\text{objet}} = 9,4 \times 10^{-4}$ m, soit environ 1mm, taille d'une tête d'épingle.

22. On note d la distance Terre-Vénus.

$2d = c \times t$, donc d

=

$c \cdot t$

2

= $4,14 \times 10^{10}$ m.

23. a. $c = 3,00 \times 10^8$ m · s⁻¹.

b. t_1

c

d

= 1×10^{-5} s, de l'ordre de 10^{-5} s.

c. t_2

=

d

v

= 1×10^1 s, de l'ordre de 10^1 s.

d. La perception de l'éclair est quasi-instantanée, ce qui n'est pas le cas du tonnerre qui atteint Mickaël une dizaine de secondes après le coup de foudre.

24. a. Si la scène se produit en l'an 2000, les ondes radio ont « voyagé » pendant :
 $2000 - 1935 = 65$ ans.

Les Terriens captent la réponse en l'an 2000. Le signal radio a mis 65 ans pour parcourir la distance aller-retour, soit une durée du trajet aller de 32,5 ans.

La distance qui sépare la Terre de cette civilisation extraterrestre est : $d = 32,5$ a.l.

$d = c \cdot t$ avec $\Delta t = 32,5$ années, donc :

$d =$

$$3,00 \cdot 10^8 \cdot 32,5 (365,25 \cdot 24 \cdot 3600) = 3,1 \cdot 10^{17} \text{m} = 3,1 \cdot 10^{14} \text{km} .$$

b. En posant une question à l'âge de 40 ans, le scientifique peut espérer une réponse 65 ans plus tard soit à l'âge de 105 ans. Possible mais avec peu d'espoir.

c. En posant une question à l'âge de 15 ans, il peut espérer une réponse pour ses 80 ans. Possible avec davantage d'espoir.

25. a. $d = 1$ a.l.

$d = c \cdot t$ avec Δt égale à une année, donc :

$d =$

$$3,00 \cdot 10^8 \cdot (365,25 \cdot 24 \cdot 3600) = 9,47 \cdot 10^{15} \text{m} = 9,47 \cdot 10^{12} \text{km} .$$

b. Le lieu de l'explosion se situe à $D = 1,7 \times 10^5$ a.l. de la Terre.

Ainsi $D = 1,7 \times 10^5 \times 9,47 \times 10^{12} = 1,6 \times 10^{18}$ km.

c. Cette explosion a eu lieu 17×10^5 ans avant d'être observée sur Terre.

d. La date correspondrait à la période de l'apparition de l'Homo Sapiens sur Terre.

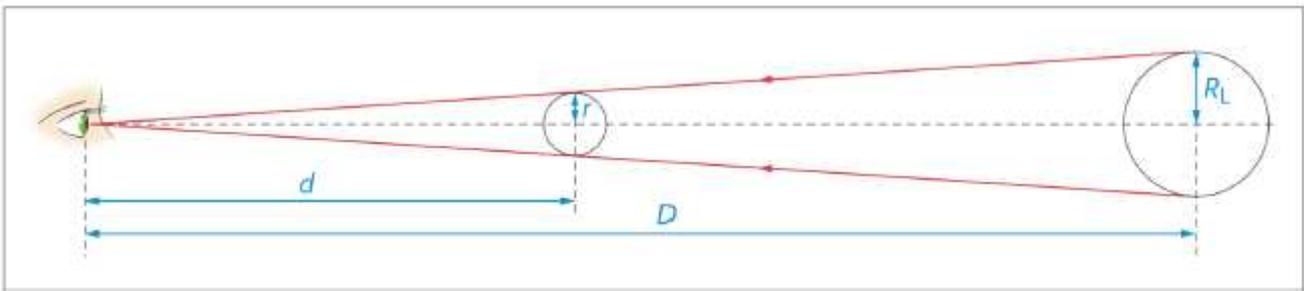
26. a. Bellatrix disparaît du ciel vu depuis la Terre 243 années après son explosion, Bételgeuse 427 années après son explosion.

Année	1600	1789	2010
Durée depuis l'explosion (en années)	100	289	510
Aspect du groupe d'étoile vu depuis la Terre			

b. Étoiles situées à plus de 700 a.l. : , , , ou .

Pour aller plus loin

27. a., b. et c.



d. L'application du théorème de Thalès conduit à :

$$\frac{d}{D} = \frac{r}{R_L}$$

e. $R_L = 1,9 \times 10^6 \text{ m}$.

f. Même ordre de grandeur : 10^6 m ou 10^3 km .

28. a. Lucky Luke s'apprête bien à dégainer sur l'ombre, ce qui correspond bien à sa position juste avant de tirer.

b. L'impact de la balle dans l'ombre est contraire aux lois de la physique car il montrerait que la balle se déplace plus vite que la lumière. La vitesse de propagation de la lumière est une vitesse limite qu'aucun objet ne peut atteindre ou dépasser.

29. a. $\Delta t = 30\,000 \text{ ans}$ pour $d = 4 \text{ a.l.}$:

$$v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{3,00 \times 10^8 \times 4 \times 365,25 \times 24 \times 3600}{30000 \times 365,25 \times 24 \times 3600} = 4 \times 10^4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

b. Dans 30 000 ans, la sonde sera à 4 années de lumière de la Terre. Les messages radios mettront 4 années à nous parvenir.

30. 1. a. Longueur d'une arête : $L_{\text{arête}} = 1 \text{ mm}$. Diamètre d'un atome : $D_{\text{atome}} = 0,25 \text{ nm}$.

Nombre d'atomes par arête : $N_{\text{arête}} = \frac{L_{\text{arête}}}{D_{\text{atome}}}$

Nombre d'atomes dans un cube: $N = (N_{\text{arête}})^3$ soit ici $6,4 \times 10^{19}$.

b. Longueur de la file : $L = N \times D_{\text{atome}} = 1,6 \times 10^{10} \text{ m}$. Près de 400 fois le tour de la Terre !!!

2. a. Volume de sable : $V = L \times l \times h = 1,0 \times 10^6 \text{ m}^3 = 1,0 \times 10^{15} \text{ mm}^3$.

À raison de 100 grains par mm^3 , cela représente un nombre de grains de l'ordre de 10^{17} .

b. Il faudrait plus de 600 plages identiques à celle étudiée pour obtenir le même nombre qu'au 1. !!!

c. Le nombre d'atomes contenus dans un échantillon de matière même petit à l'échelle humaine est colossal.

31. a. $10^{17} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

b. 10^{11} kg .

c. 10^{-6} m^3 .

d. Même ordre de grandeur qu'un dé à coudre 10^{-6} m^3 soit 1 cm^3 .

17. Effectuer une recherche :

Les proportions ne sont pas respectées.

On note R_J le rayon de Jupiter, a_J le demi-grand axe réel de la trajectoire de Jupiter et a_m celui mesuré sur le dessin. Si on adopte l'échelle de l'orbite de Jupiter :

$9,47 \times 10^{15} \text{ m}$	1 a.l.
$4 \times 10^{18} \text{ m}$	$d = ?$

$$d = \frac{4 \times 10^{18}}{9,47 \times 10^{15}} = 4 \times 10^2 \text{ a.l.}$$

La durée qu'il faut à la lumière pour parvenir jusqu'à nous depuis l'étoile polaire est donc de 400 ans.

Exercices d'entraînement

I. Description de l'Univers

Depuis l'Antiquité, les hommes ont observé le ciel. Ils se sont intéressés aux Etoiles, aux Planètes.

1. Vers l'infiniment petit :

- La matière que nous observons autour de nous, qu'elle soit vivante ou inerte, est toujours constituée à partir d'atomes.

....

2. Vers l'infiniment grand



Vue d'artiste de la Voie Lactée. Indiquée par la **flèche rouge**, la position de notre étoile le Soleil)

- Le système solaire est constitué d'une étoile, le Soleil, boule de gaz très chaud autour de laquelle tournent huit planètes (Mercure, ...
- Le Soleil n'est qu'une étoile moyenne parmi un groupe contenant environ 100 milliards d'étoiles, appelé
- Il existe, dans la Galaxie, des systèmes planétaires extrasolaires : ils sont constitués de planètes gravitant autour d'une étoile autre que le Soleil. Ces planètes sont appelées exoplanètes (en grec, exô signifie « au-dehors »). La première exoplanète, 51 Pegasi b, n'a été détectée que dans les années 1990.

- Notre Galaxie n'est qu'une des nombreuses galaxies (une centaine de milliards peut-être) qui peuplent l'Univers.



Notre planète la Terre :

Elle est la 3^{ème} planète du système solaire.

On appelle les **quatre premières planètes (Mercure, Vénus, Terre et Mars)** **planètes telluriques** ou intérieures. Elles sont peu volumineuses mais denses, avec une structure rocheuse autour d'un noyau riche en fer.

Les **quatre planètes suivantes (Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune)** sont appelées **planètes joviennes** ou extérieures. Elles sont volumineuses mais peu denses et présentent une structure gazeuse autour d'un noyau rocheux. **Pluton**, est plutôt mal connue : petit diamètre, faible densité.



3. Structure lacunaire de l'Univers

- Si on représentait le Soleil par un pamplemousse de diamètre 10 cm, la Terre devrait être représentée par une tête d'épingle de 1 mm de diamètre, placée à environ 10 m de lui pour respecter les proportions). Proxima du Centaure, l'étoile la plus proche du système solaire, devrait être représentée à 3 000 km.

Les distances entre le Soleil et les planètes dans le système solaire, entre les étoiles dans la Galaxie et entre les galaxies sont très grandes: **la plus grande partie de l'espace est donc occupée**

- Si le noyau de l'atome d'hydrogène était représenté par une balle de ping-pong, l'électron devrait être représenté à environ 1 km de cette balle pour respecter la même échelle, avec du vide entre les deux.

La plus grande partie d'un atome est donc

Au niveau de l'atome et jusqu'à l'échelle cosmique, ...

II. Longueurs dans l'Univers

1. Unité de longueur

Le mètre, de symbole m, est l'unité de longueur dans le système international.

On utilise aussi ses multiples ou ses sous-multiples, dont les plus courants sont rassemblés dans le tableau.

Remarque. La distance moyenne de la Terre au Soleil, une autre unité de longueur appelée unité astronomique (ua), est fréquemment utilisée pour les distances dans le système solaire.

mégamètre	Mm	10^6 m
kilomètre	km	10^3 m
mètre	m	10^0 m ou 1 m
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

Multiples et sous-multiples du mètre.

2. Les puissances de 10 ; l'écriture scientifique :

Pour la clarté des calculs, les scientifiques notent les nombres avec l'écriture scientifique.

L'écriture scientifique d'un nombre est l'écriture de la forme $a \times 10^n$ pour laquelle a est un nombre décimal tel que $1 \leq a < 10$ et n est un entier positif ou négatif.

APPLICATION : Donner l'écriture scientifique en km du rayon de la Terre : $R_T = 6\,378$ km.

Réponse. On exprime 6 378 en fonction de 6,378 car 6,378 est tel que $1 \leq 6,378 < 10$.

Pour passer de 6,378 à 6 378, on doit multiplier par 1000, soit 10^3 . Ainsi, $R_T = 6,378 \times 10^3$ km.

APPLICATION : Exprimer, en utilisant l'écriture scientifique, les valeurs des longueurs suivantes :

Rayon d'un globule rouge : 0,0012 mm

Rayon de Jupiter : 71 490 km

Distance du Soleil à l'étoile la plus proche : 411 000 milliards de km

Les règles de base des calculs avec les puissances de 10 sont :

$$10^0 = 1 ;$$

$$10^a \times 10^b = 10^{a+b} ;$$

$$10^a = 10^{a-b}$$

3. Ordres de grandeur :

L'ordre de grandeur d'une valeur est la puissance de 10 la plus proche de cette valeur.

APPLICATION : Donner l'ordre de grandeur de la distance Terre Soleil $d_{TS} = 150 \times 10^9$ m.

Réponse. On note d'abord la valeur de d_{TS} en écriture scientifique: $d_{TS} = 150 \times 10^9$ m = $1,50 \times 10^2 \times 10^9$ = $1,50 \times 10^{11}$ m. La puissance de 10 la plus proche de 1,50 est 1. L'ordre de grandeur de d_{TS} est donc 10^{11} m.

L'ordre de grandeur permet d'informer sur l'importance d'une grandeur sans souci de précision.

Exemple. L'ordre de grandeur du rayon du Soleil (695 500 km) est égal à 10^9 m.

Celui de la Terre (6357 km) est de 10^7 m, soit 100 fois plus petit.

C'est le même rapport d'échelle que l'ordre de grandeur du diamètre d'un ballon de football comparé à celui de la taille d'une fourmi.

Calcul avec des puissances de 10 : les atomes de carbone ont un rayon estimé à 10^{-1} nm. En déduire l'ordre de grandeur du nombre d'atomes de carbone qui peuvent être placés côte à côte pour occuper une longueur de 1 mm.

III. L'année de lumière :

1. Une unité de longueur adaptée à l'échelle cosmique :

• La lumière se propage à une **vitesse finie**.

Dans le vide ou dans l'air, la vitesse de propagation de la lumière est: $c = 3,00 \times 10^8$ m.s⁻¹.

• Les distances qui séparent les étoiles ou les galaxies les unes des autres sont considérables. Le mètre, unité de base du système international, est une unité beaucoup trop petite.

En astronomie, on préfère utiliser **l'année de lumière**.

L'année de lumière (a.l.) est la distance parcourue par la lumière, dans le vide, en une année.

• **La valeur de l'année de lumière se détermine de la manière suivante :**

$$d = c \times \Delta t \text{ donc } 1 \text{ a.l.} = 3,00 \times 10^8 \times \underbrace{(365,25 \times 24 \times 3600)}_{\text{un an exprimé en secondes}} = 9,47 \times 10^{15} \text{ m.}$$

un an exprimé en secondes

Attention : l'année de lumière est une unité de longueur, pas une unité de temps. L'ordre de grandeur d'une année de lumière est

Proxima du Centaure est l'étoile la plus proche du Soleil. Elle se situe à un peu plus de 4 a.l. de la Terre: la lumière met plus de 4 ans à nous parvenir.

APPLICATION :

L'étoile polaire se situe à 4,2 x 10⁶ milliards de km de la Terre.

Exprimer cette distance en années de lumière. Donnée: 1 a.l. = 9,47 x 10¹⁵ m.

Réponse : D'après le tableau de proportionnalité, on a :

$$x = \frac{4,2 \times 10^6 \times 10^9 \times 10^3}{9,47 \times 10^{15}} = 4,4 \times 10^2 \text{ a.l.}$$

1 a.l.	4,47 x 10 ¹⁵ m
x a.l.	4,2x10 ⁶ x10 ⁹ x10 ³ m

Exemple : Le 23 février 1987, les astronomes ont observé l'explosion d'une étoile dans le grand nuage de Magellan situé à 1,7 x 10⁵ a.l. de la Terre. Cet événement s'est en réalité produit il y a 170 000 ans environ.

2. Voir loin, c'est voir dans le passé

- Les objets qui nous entourent sont visibles parce qu'ils émettent de la lumière qui parvient jusqu'à nos yeux. Celle-ci met du temps à parcourir la distance qui nous sépare de l'objet observé.
- La lumière nous apporte des renseignements (couleur, forme...) sur un objet tel qu'il était au moment de l'émission de lumière.
- Plus il est éloigné, plus la durée du trajet parcouru par la lumière est longue, et plus nous observons dans le passé.
- Pour les objets à proximité de la Terre, l'instant de l'émission coïncide pratiquement avec celui de la réception: nous voyons les objets tels qu'ils sont dans le présent.
- En revanche, pour les étoiles ou les galaxies, la lumière voyage pendant des années. Ainsi, en observant les galaxies les plus éloignées, nous les voyons telles qu'elles étaient il y a plus de 12 milliards d'années, c'est-à-dire presque à l'origine de l'Univers.

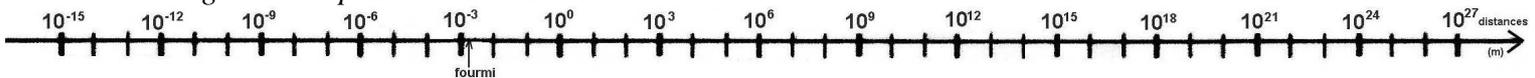
IV. Echelle des longueurs dans l'Univers :

L'échelle suivante est une échelle non linéaire de longueurs exprimées en mètre. **D'une graduation à l'autre, la valeur est multipliée (ou divisée) par dix.** Grâce à cette technique, on peut placer des objets de tailles très différentes sur un même axe.

On considère les objets suivants : Noyau d'un atome : 1 millionième de nanomètre

Taille de l'univers connu : 15 milliards d'année de lumière.

Question : Exprimer les 2 longueurs précédentes en mètre et en écriture scientifique et placer ces 2 longueurs sur l'axe gradué en puissances de 10.



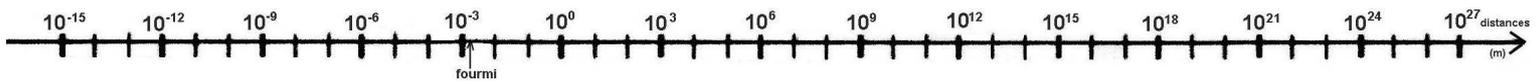
V. Ordre de grandeurs :

2 longueurs, dans la même unité, sont séparées de 10ⁿ ordre de grandeur, si le rapport (la division) de la plus grande par la plus petite est proche de la valeur 10ⁿ.

Question : Combien d'ordre de grandeur y-a-t-il entre : la fourmi (5 mm) et le rayon de la terre (6400 km) ? la taille de l'Univers (10²⁶ m) et la taille d'un noyau d'atome (10⁻¹⁵ m) ?

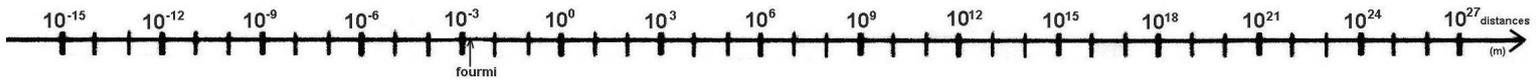
On considère les objets suivants : Noyau d'un atome : 1 millionième de nanomètre
Taille de l'univers connu : 15 milliards d'année de lumière.

Question : Exprimer les 2 longueurs précédentes en mètre et en écriture scientifique et placer ces 2 longueurs sur l'axe gradué en puissances de 10.



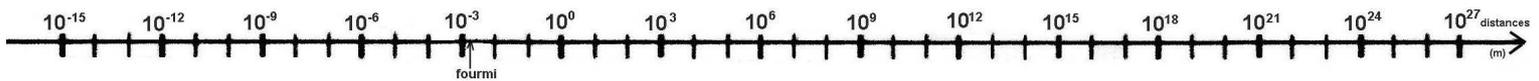
On considère les objets suivants : Noyau d'un atome : 1 millionième de nanomètre
Taille de l'univers connu : 15 milliards d'année de lumière.

Question : Exprimer les 2 longueurs précédentes en mètre et en écriture scientifique et placer ces 2 longueurs sur l'axe gradué en puissances de 10.



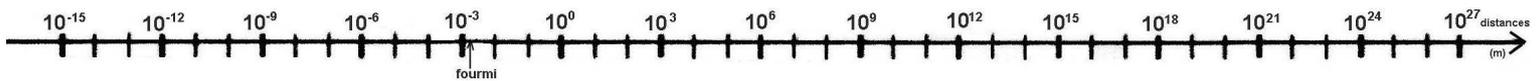
On considère les objets suivants : Noyau d'un atome : 1 millionième de nanomètre
Taille de l'univers connu : 15 milliards d'année de lumière.

Question : Exprimer les 2 longueurs précédentes en mètre et en écriture scientifique et placer ces 2 longueurs sur l'axe gradué en puissances de 10.



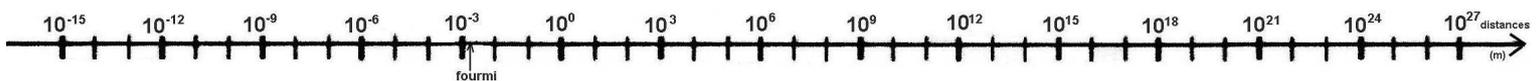
On considère les objets suivants : Noyau d'un atome : 1 millionième de nanomètre
Taille de l'univers connu : 15 milliards d'année de lumière.

Question : Exprimer les 2 longueurs précédentes en mètre et en écriture scientifique et placer ces 2 longueurs sur l'axe gradué en puissances de 10.



On considère les objets suivants : Noyau d'un atome : 1 millionième de nanomètre
Taille de l'univers connu : 15 milliards d'année de lumière.

Question : Exprimer les 2 longueurs précédentes en mètre et en écriture scientifique et placer ces 2 longueurs sur l'axe gradué en puissances de 10.



On considère les objets suivants : Noyau d'un atome : 1 millionième de nanomètre
Taille de l'univers connu : 15 milliards d'année de lumière.

Question : Exprimer les 2 longueurs précédentes en mètre et en écriture scientifique et placer ces 2 longueurs sur l'axe gradué en puissances de 10.

