

## 1 L'immensité de l'Univers s'impose à nous

Nous entendons souvent l'expression « année-lumière » pour exprimer une distance immense. Que signifie-t-elle exactement ?

### 1.1 Documents

#### 1 : Regarder loin, c'est regarder tôt

« Nous savons aujourd'hui que, comme le son, la lumière se propage à une vitesse bien déterminée. En 1675, étudiant le mouvement des satellites de Jupiter, l'astronome danois RÖMER a mis en évidence certains comportements bizarres. Ces comportements s'expliquent si on admet que la lumière met quelques dizaines de minutes pour nous arriver de Jupiter. Cela équivaut à une vitesse d'environ trois cent mille kilomètres par seconde, un million de fois plus vite que le son dans l'air. Il faut bien reconnaître que, par rapport aux dimensions dont nous parlons maintenant, cette vitesse est plutôt faible. À l'échelle astronomique, la lumière progresse à pas de tortue. Les nouvelles qu'elle nous apporte ne sont plus fraîches du tout !

Pour nous, c'est plutôt un avantage. Nous avons trouvé la machine à remonter le temps ! En regardant "loin", nous regardons "tôt". La nébuleuse d'Orion nous apparaît telle qu'elle était à la fin de l'Empire romain, et la galaxie d'Andromède telle qu'elle était au moment de l'apparition des premiers hommes, il y a deux millions d'années. À l'inverse, d'hypothétiques habitants d'Andromède, munis de puissants télescopes, pourraient voir aujourd'hui l'éveil de l'humanité sur notre planète... [...]

Certains quasars(\*) sont situés à douze milliards d'années lumière. La lumière qui nous en arrive a voyagé pendant douze milliards d'années, c'est-à-dire quatre-vingt pour cent de l'âge de l'Univers... C'est la jeunesse du monde que leur lumière nous donne à voir au terme de cet incroyable voyage. »

Hubert REEVES, *Patience dans l'azur*, éditions du Seuil, 1981.

(\*) Quasars : astres distants, qui apparaissent comme des étoiles très brillantes lorsqu'on les observe au télescope, mais dont on sait aujourd'hui qu'il s'agit de noyaux actifs de galaxies lointaines. Les quasars se trouvent à des milliards d'années-lumière de nous et sont une marque caractéristique de l'Univers lorsqu'il était beaucoup plus jeune.

<http://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/astrophysique/quasar-305/>

**2 : La lumière du Soleil** La lumière du Soleil met un peu plus de huit minutes à nous parvenir : le Soleil se trouve à 8,5 minutes-lumière de nous.

#### 3 : Distances en temps-lumière

Objets célestes	Temps de parcours de la lumière
Terre-Lune	1,2 seconde
Terre-Soleil	8,5 minutes
Soleil-Pluton	5,5 heures
Soleil-Proxima du Centaure	4,2 années
Voie Lactée-Andromède	2,5 millions d'années

Physique-Chimie 2<sup>nde</sup>, programme 2010, édition 2014, Bordas.

### 1.2 Démarche A

#### Recherche et exploitation d'informations

**a.** Quelle est la vitesse de la lumière dans le vide ?

**b.** À partir des différents documents, proposer une définition de l'année-lumière, appelée aussi année de lumière.

**APP** Compétence S'APPROPRIER

↔ Extraire l'information.

**c.** Exprimer l'année de lumière en mètre.

**d.** Quel est l'intérêt d'utiliser l'année de lumière comme unité de longueur ?

**VAL** Compétence VALIDER

↔ Avoir un regard critique.

### 1.3 Démarche B

#### Commentaire argumenté

**e.** En vous appuyant sur le document et sur vos connaissances personnelles, développer une argumentation pour expliquer la phrase suivante : « En regardant "loin", nous regardons "tôt" ».

**COM** Compétence COMMUNICATION

↔ Présenter les étapes de son travail.

## 2 À la recherche des exoplanètes

Ces dernières années, de très nombreuses planètes ont été découvertes autour d'étoiles dans l'Univers. Devant ce foisonnement de découvertes, on souhaite calculer la distance à laquelle se trouvent ces exoplanètes, afin d'en déduire la durée du voyage.

L'idée de continuer l'exploration du système solaire avant d'aller plus avant étant toujours d'actualité, on souhaite aussi effectuer les mêmes calculs de distance pour la planète Mars.

### 2.1 Documents

**1 : Kepler-438 b est une planète extrasolaire (exoplanète)** en orbite dans la zone habitable de l'étoile Kepler-438, une étoile naine(\*\*) située à une distance d'environ 475 années-lumière du Soleil, dans la constellation boréale(\*\*\*) de la Lyre. D'après le Catalogue des exoplanètes habitables (HEC) du Laboratoire d'habilité planétaire (PHL) de l'université de Porto Rico à ARECIBO, Kepler-438 b est, au 6 janvier 2015, l'exoplanète connue dont l'indice de similarité avec la Terre (0,88) est le plus élevé.

Détectée par le télescope spatial américain Kepler, sa découverte, par la méthode des transits, a été annoncée le 6 janvier 2015 par des communiqués de la NASA et du Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics.

La planète, d'un rayon environ 12 % plus grand que celui de la Terre [...], serait de type tellurique : sa masse, trop faible pour être mesurable avec la technologie actuelle, n'est pas connue et a donc dû être estimée statistiquement grâce à des modèles. La planète se trouvant dans la zone habitable de son étoile, elle pourrait être un exemple de planète analogue à la Terre si elle possède effectivement une surface solide, de l'eau liquide en surface, une atmosphère comparable, etc.

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Kepler-438\\_b](https://fr.wikipedia.org/wiki/Kepler-438_b)

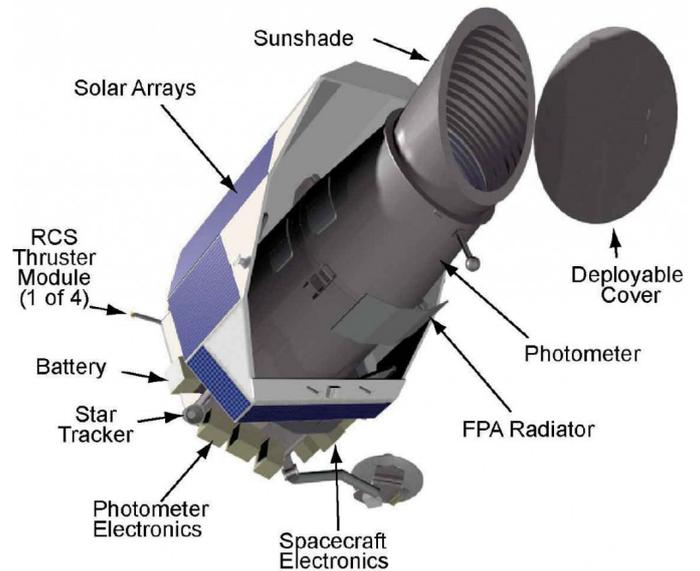
(\*\*) étoile naine : étoile ordinaire comme le Soleil, qui brûle de l'hydrogène dans des réactions nucléaires en son cœur. Les plus grosses étoiles naines peuvent être beaucoup plus grandes que le Soleil.

<http://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/univers-etoile-naine-27/>

(\*\*\*) Boréale : adjectif qualifiant ce qui se situe dans l'hémisphère nord.

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Boréal>

### 2 : Schéma du télescope spatial Kepler



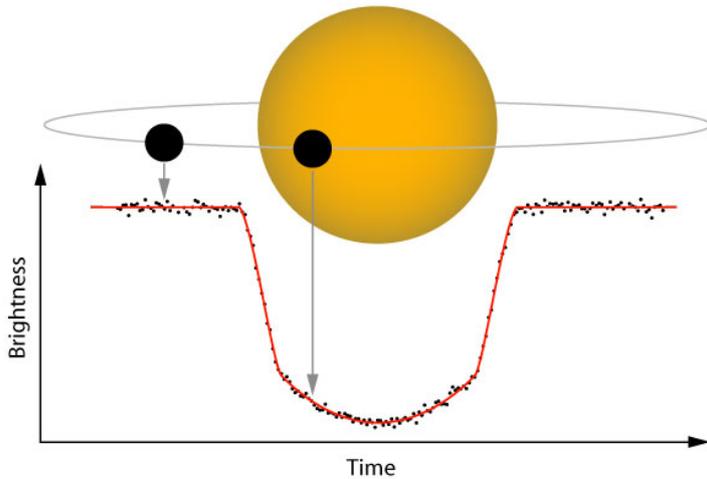
<http://www.universetoday.com/102168/kepler-planet-hunting-mission-in-jopardy/>

### 3 : La méthode des transits

Lorsque l'inclinaison de l'orbite de la planète par rapport à l'observateur est proche de  $90^\circ$ , le système est vu presque parfaitement par la tranche. Ainsi, la planète va passer devant son étoile et va faire baisser très légèrement sa luminosité. On parle alors de transit planétaire. La méthode des transits consiste dans un premier temps à faire des observations répétées du maximum d'étoiles dans le ciel, pendant des années. Avec une efficacité qui dépend principalement du nombre d'observations, de leur précision et du nombre (inconnu) de planètes avec la bonne inclinaison et distance par rapport à leur étoile, il est possible de détecter des transits planétaires. Après une détection d'un tel transit, l'étoile est ensuite observée individuellement de nombreuses fois pour confirmer le transit. En effet, si celui-ci est bien réel, il doit se répéter. Si c'est le cas, la présence d'un corps en orbite autour de l'étoile est confirmé.

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Méthodes\\_de\\_détection\\_des\\_exoplanètes](https://fr.wikipedia.org/wiki/Méthodes_de_détection_des_exoplanètes)

**4 : Schéma illustrant le principe du transit planétaire** s'accompagnant d'une baisse de luminosité (*brightness*) de l'étoile d'autant plus importante que l'exoplanète est de grande taille par rapport à son étoile.



<http://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/astronomie-methode-transit-planetaire-12282/>  
©Institute for Astronomy - University of Hawai.

## 2.2 Problème 1 Calculs des distances

f. Mars est situé à 78 millions de kilomètres de la Terre en moyenne. Convertir cette distance en année-lumière.

g. Calculer à quelle distance, en kilomètres, se trouve Kepler-438 b.

**RÉA** Compétence RÉALiser

↪ Mener des calculs numériques.

## 2.3 Problème 2 La durée du voyage

h. Quelle est la durée du voyage vers chacune des planètes, à la vitesse de la lumière ?

i. Conclure quant à notre capacité à rejoindre Mars et/ou Kepler 438-b.

**VAL** Compétence VALider

↪ Vérifier la cohérence du résultat.

## Exercices pour la prochaine séance

**1.11** N° 18 p. 115 – Passer des AL aux km

**1.12** N° 24 p. 117 – Exercer

**1.13** N° 25 p. 117 – Une explosion d'étoile

## Correction des exercices du chapitre 1 séance 2

**1.6** N° 3 p. 114 – Structure lacunaire

À toutes les échelles dans l'Univers, on trouve beaucoup de vide. Autrement dit, la matière est concentrée dans des zones limitées.

**1.7** N° 10 p. 115 – Ordre de grandeur

a. Masse du Soleil :  $10^{30}$  kg.

b. Masse d'un éléphant :  $8,50 \times 10^2$  kg donc  $10^3$  kg.

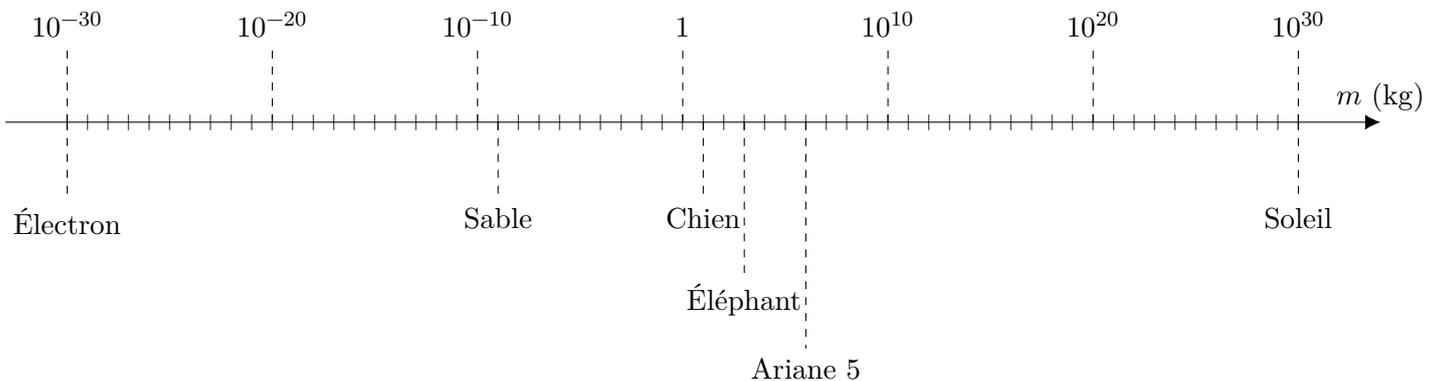
c. Masse d'un chien :  $2,5 \times 10^1$  kg donc  $10^1$  kg.

d. Masse d'un électron :  $10^{-30}$  kg.

e. Masse d'un grain de sable :  $3 \times 10^{-9}$  kg donc  $10^{-9}$  kg.

f. Masse de la fusée Ariane 5 :  $7,1 \times 10^5$  kg donc  $10^6$  kg.

Ces objets sur une échelle en puissance de dix : il faut une échelle avec 60 graduations !



**1.8** N° 20 p. 115 – Pixel et cheveu

Taille d'un pixel :

$$\frac{22 \text{ cm}}{1024} = 0,021 \text{ cm}$$

donc  $2,1 \times 10^{-2}$  cm ou encore  $2,1 \times 10^{-4}$  m.

Épaisseur d'un cheveu :

$$80 \text{ } \mu\text{m} = 80 \times 10^{-6} \text{ m} = 8,0 \times 10^{-5} \text{ m}$$

Un cheveu est moins épais que le pixel d'un netbook des années 2000 (depuis l'impression du livre, le nombre de pixels des écrans a été quadruplé...). Comparons les ordres de grandeur en divisant la plus grande par la plus petite :

$$\frac{2,1 \times 10^{-4} \text{ m}}{8,0 \times 10^{-5} \text{ m}} = 2,6$$

Le résultat du quotient est entre 1 et 10, donc les deux grandeurs sont du même ordre de grandeur.

**1.9** N° 21 p. 115 – Un atome dans un stade

Si l'on veut représenter l'atome de diamètre  $2r_a$  par une maquette de la taille d'un stade  $D = 100$  m, alors la représentation à l'échelle du noyau de diamètre  $2r_n$  a une taille  $d$  telle que :

$$\frac{d}{D} = \frac{2r_n}{2r_a} \Leftrightarrow d = \frac{r_n D}{r_a}$$

C'est une proportionnalité. Application numérique :

$$d = \frac{3,4 \times 10^{-15} \times 100}{1,8 \times 10^{-10}} = 1,9 \times 10^{-3} \text{ m} = 1,9 \text{ mm}$$

Il faut bien noter que la majeure partie de la masse d'un atome est concentrée dans son noyau, partie relativement minuscule d'un atome !

**1.10** N° 31 p. 118 – Serrez-vous un peu !

a. Application numérique : on applique la formule donnée :

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{10^{-27} \text{ kg}}{10^{-44} \text{ m}^3} = 10^{17} \text{ kg/m}^3$$

b. Avec 6 milliards d'humains, la population est donc de  $6 \times 10^9$  humains, soit un ordre de grandeur de  $10^{10}$ .

La masse d'un humain est en moyenne de 40 kg, donc  $4,0 \times 10^1$  kg, soit un ordre de grandeur  $10^1$  kg.

L'ordre de grandeur de la masse totale des humains est la produit des deux ordres de grandeur :

$$10^{10} \times 10^1 = 10^{11} \text{ kg}$$

c. La masse volumique  $\rho$  est donc de  $10^{17} \text{ kg/m}^3$  d'ordre de grandeur. La masse  $m$  est maintenant de  $10^{11} \text{ kg}$  d'ordre de grandeur. Quelle est alors l'ordre de grandeur du volume  $V$ ? Il faut faire un produit en croix de la formule précédente :

$$\rho = \frac{m}{V} \Leftrightarrow V = \frac{m}{\rho}$$

et poser l'application numérique :

$$V = \frac{10^{11} \text{ kg}}{10^{17} \text{ kg/m}^3} = 10^{-6} \text{ m}^3$$

C'est un volume minuscule.

d. Un dès à coudre a pour volume  $1 \text{ cm}^3$  ou  $1 \text{ mL}$ . Cela fait justement  $10^{-6} \text{ m}^3$ . Toute l'humanité dans un dès à coudre...

## Correction de la section 2 de la séance 2

