Combien durera le voyage pour ton exoplanète ?

Avec la découverte continue d'exoplanètes, il est possible que, bientôt, nous en identifiions une présentant des signes de vie. À ce moment-là, les missions spatiales, habitées ou non, seront essentielles à l'exploration de la vie extraterrestre. Combien de temps prendront ces missions spatiales ?

Actuellement, le vaisseau spatial non habité le plus rapide est *New Horizons,* qui voyage à 58 540 km/h, tandis que le vaisseau spatial habité le plus rapide est *Apollo 10,* atteignant 39 900 km/h. Par ailleurs, le vaisseau spatial le plus rapide jamais enregistré est la sonde solaire Parker, qui utilise l'assistance gravitationnelle de Vénus pour se déplacer autour du Soleil. Il atteint une vitesse de pointe de 692 000 km/h, ce qui en fait l'engin spatial le plus rapide.
Les ingénieurs sont optimistes quant à la faisabilité de la construction d'un vaisseau spatial capable de voyager à des vitesses supérieures à 1 000 km/s.

Objectifs :

- Manipuler les distances dans l'univers
- Estimer les temps de voyage dans le Système solaire et pour atteindre les exoplanètes
- Choisir les unités de distance et de temps adaptées aux résultats.

Prérequis

- Les unités utilisées par les astronomes : https://scholar.exoplanet.eu/spip.php?article635
- L'équation qui lie la vitesse, la distance et le temps : https://scholar.exoplanet.eu/spip.php?article73
- Qu'est ce qu'une exoplanète ? https://scholar.exoplanet.eu/spip.php?rubrique24

Rappels :

• Comment calculer une vitesse ?
Pour calculer la vitesse, on divise la variation de position de l'objet par l'intervalle de temps mis pour se déplacer, selon la formule $v = \Delta s/\Delta t$, où « v » représente la vitesse, « Δs » le déplacement et « Δt » l'intervalle de temps.
Il est important de noter que la vitesse inclut à la fois l'intensité de la vitesse et sa direction. Dans les exercices ci-dessous, on considère des mouvements en ligne droite.

• Comment calculer la durée du trajet de la sonde spatiale?

Pour déterminer la durée d'un trajet à partir de la Vitesse de la sonde et de la Distance que doit parcourir la sonde, la formule est : Durée = Distance / Vitesse.

- **Quand on un chiffre est trop grand, on peut utiliser les puissances de 10 :**

  10^3 : kilo - 10^6 : million - 10^9 : milliard - 10^{12} : billion

- **On peut aussi changer d'unités**

Quand un chiffre est trop grand ou trop petit, on peut changer d'unités
Calculer la vitesse de New Horizons en km/s

$vitesse_{NH}$ [km/s] = 692 000[km/h]/3 600[s/h] = 192.2 [km/s]

NB : Les unités sont notées entre crochets pour plus de clarté

I. Voyages dans le Système solaire : l'unité astronomique (UA)

Explorons les voyages au sein de notre Système solaire. Les astronomes utilisent l'unité astronomique (UA), qui correspond à la distance moyenne entre la Terre et le Soleil. Cette unité est égale à 149 597 870 691 mètres, soit environ 150 millions de kilomètres. Elle sert d'unité de référence pour les planètes et les corps célestes proches.

Calcul 1 : Comment déterminer la durée du voyage de la sonde *New Horizons* se déplaçant à une vitesse de 58 540 km/h, de la Terre à Neptune, sachant que la distance moyenne entre la Terre et Neptune est de 30 UA ?

1 UA = 149 597 870 691 [m] = 149 597 870.691 [km]

$$t1[h] = 30\ [UA] \times 149\ 597\ 870.691\ [km/UA] / 58\ 540\ [km/h]$$
$$\approx 448\ 793\ 6120.73\ km / 58\ 540\ [km/h]$$
$$= 76\ 664.4366\ [h]$$

La durée étant un grand nombre lorsqu'elle est exprimée en heures, il est préférable de l'exprimer en années. Les astronomes utilisent l'année julienne, une durée précise de 365.25 jours, employée pour mesurer les intervalles de temps qui équivaut à 8 766 heures (365,25 jours × 24 heures/jour). Cette unité standard garantit l'uniformité des calculs, contrairement aux années calendaires dont la durée varie, l'année julienne étant caractérisée par 365 jours et six heures.

$$t1[Jy\} = 76\ 664.4366\ [h] / 8\ 766\ [h/Jy\ ]$$
$$\approx 8.7457\ [Jy]$$

Exercice 1. Explorons les distances en UA dans le Système solaire

L'enseignant peut demander le calcul du temps nécessaire à une sonde spatiale pour aller du Soleil à une planète donnée du Système solaire à partir des distances données fig. 1. Il pourra choisir la vitesse de la sonde *New Horizons.*

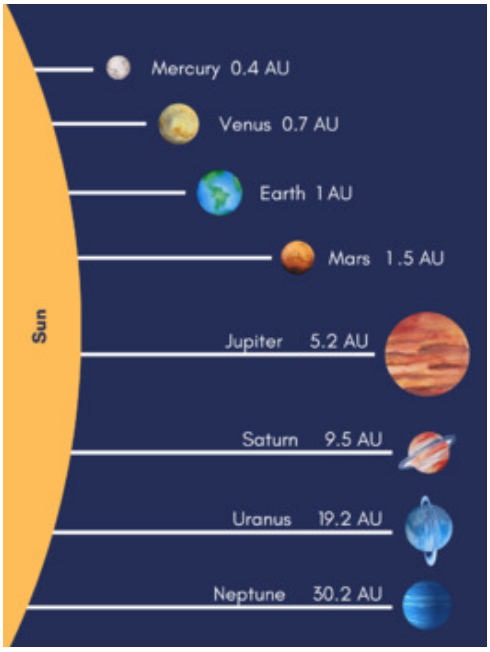

fig. 1. Distances en UA entre le Soleil et les planètes dans notre Système solaire (crédit : https://www.teacherspayteachers.com/Product/Planetary-Distances-AU-8762025).

II. Voyages vers d'autres systèmes stellaires : année-lumière (al)

Une année-lumière représente la distance parcourue par la lumière en une année terrestre. La vitesse de propagation de la lumière est de **300 000 kilomètres par seconde**. Une année-lumière équivaut à 9 460 730 472 580,8 km, soit environ 9,46 10^{12} km soit 9,46 billions de kilomètres ou 63 241 UA, car l'espace est trop vaste pour être exprimé en kilomètres. Les astronomes utilisent cette unité pour évaluer les distances aux étoiles, aux galaxies et au-delà.

Calcul 2 : Déterminons le temps nécessaire au vaisseau spatial *Apollo 10* voyageant à une vitesse de 39 897 km/h, pour se rendre de la Terre à l'étoile la plus proche de la Terre après notre propre Soleil, Proxima Centauri, qui fait partie du système stellaire triple Alpha Centauri, située à 4,24 années-lumière ?

$$t_2[h] = 4{,}24\ [al] * 9\ 460\ 730\ 472\ 580{,}8\ [km/al] / 39\ 897\ [km/h]$$
$$= 1\ 005\ 426\ 403{,}0815\ [h]$$

Convertir l'unité de t_2 d'heures en années Juliennes

$$t_2[Jy] = 1\ 005\ 426\ 403{,}0815\ [h] / 8\ 766\ [h/Jy]$$
$$t_2 \approx 114\ 696{,}1445\ [Jy]$$

Exercice 2. Explorons les distances en années-lumière (heures-lumière et minutes-lumière) dans le Système solaire (Fig. 2).

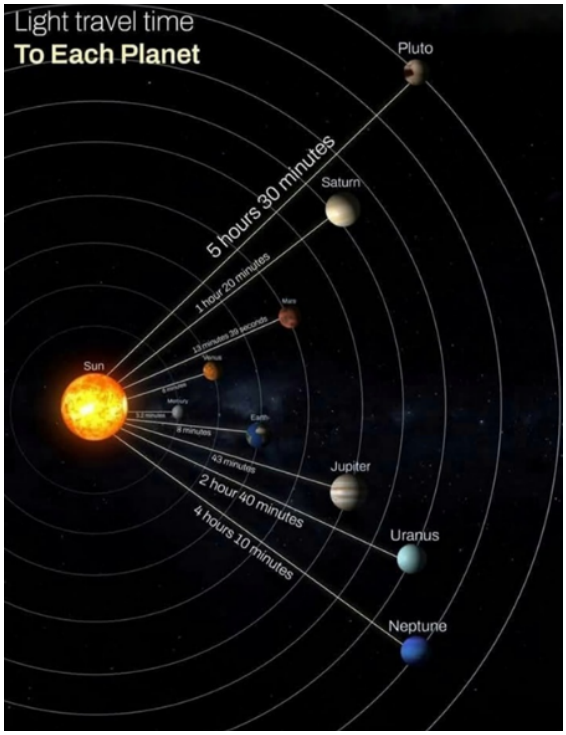

Fig. 2. Temps de trajet de la lumière du Soleil aux planètes du Système solaire (Credit: https://www.youtube.com/shorts/W2Eq_q8HJQ8)

L'enseignant peut demander le calcul des distances du Soleil à une planète spécifique de notre Système solaire en années-lumière [al], heures-lumière [hl], minutes-lumière [ml], secondes-lumière [sl].

La conversion est la suivante : 1 al = 8 766 hl = 525 960 ml = 31 557 600 sl.

Exemple : La distance Terre-Neptune est de ≈ 30 UA ≈ 30 [UA] / 63 241 [UA/al] ≈ 0,00047438 [al] * 8 766 [hl/al] ≈ 4,1584 [hl] ≈ 4 [hl] + 0,1584 [hl] * 60 [ml/hl] ≈ 4 [hl] × 10 [ml].

Cela signifie que la lumière met 4 heures et 10 minutes pour voyager de Neptune à la Terre.

III. Voyages dans l'Univers : le parsec (pc)

Les astronomes professionnels utilisent le parsec, pour mesurer les distances aux étoiles et aux galaxies. Le parsec représente la distance à laquelle le rayon de l'orbite terrestre sous-tend un angle d'une seconde d'arc. Un parsec équivaut à 3,26 années-lumière, soit environ $3{,}09 \times 10^{13}$ km.

Calcul 3. Déterminons le temps nécessaire à la sonde *Parker Solar Probe*, voyageant à 692 000 km/h, pour effectuer le trajet entre la Terre et Proxima Centauri, située à environ 1,30 parsec.

t_3 = 1,30 [pc] * $3{,}09 \times 10^{13}$ [km/pc] / 692 000 [km/h] ≈ $5{,}8 \times 10^{7}$ [h]

Changer les unités de t_3
$t_3 = 5{,}8\times10^7$ [h] / 8 766 [h/Jy] ≈ 6 622 [Jy].

Exercice 3 :

Explorons les distances en parsecs dans l'Univers
• Proxima Centauri, l'étoile connue la plus proche de la Terre après le Soleil, se situe à environ 1,3 parsec (4,24 années-lumière).
• L'amas ouvert des Pléiades se trouve à 130 ± 10 pc (420 ± 30 années-lumière) de la Terre.
• Le centre de la Voie lactée est à plus de 8 kiloparsecs (8 000 pc = 26 000 années-lumière) de la Terre, et la Voie lactée a un diamètre d'environ 34 kiloparsecs (110 000 années-lumière).
• La galaxie d'Andromède (M31) se situe à environ 780 kpc (kiloparsecs= 0,78 Mpc (mégaparsec), soit 2,5 millions d'années-lumière de la Terre.
• L'amas de la Vierge, le plus proche des grands amas de galaxies, se situe à environ 16,5 Mpc (54 millions d'années-lumière) de la Terre. Le filament galactique Hercule-Corée Boréale, la plus grande structure connue de l'Univers, mesure environ 3 Gpc, soit 9,8 milliards d'années-lumière.

L'enseignant peut demander le calcul du temps nécessaire pour atteindre une étoile précise de notre galaxie, la Voie lactée, en parsecs.

IV. Voyager vers l'exoplanète de ton choix

Combien de temps faudrait-il pour voyager jusqu'à l'exoplanète sélectionnée à la vitesse de 1 000 km/s ?

Calcul 4 :

- Choisissez une exoplanète dans le catalogue de la base de données https://scholar.exoplanet.eu/spip.php?rubrique2
- Afficher toutes les colonnes
- Repérez la distance en parsecs (pc)
- calculer l'intervalle de temps à l'aide de la formule fondamentale : Temps = Distance / Vitesse

Remarque : Faire attention au choix des unités : La vitesse est donnée en kilomètres par seconde (km/s), tandis que la distance est en parsecs (pc). Choisir l'unité du résultat.

Exercice 4. Je choisis dans la base de données une planète de l'étoile la plus proche de nous, l'exoplanète Proxima Centauri b.
On voit dans le catalogue de la base de données que sa distance est de 1,295 pc.
A la Vitesse de 1000 km/s, le trajet de la sonde serait de :
$t_4 = 1{,}295$ [pc] * $3{,}09 \times 10^{13}$ [km/pc] / 1000 [km/s] = $4{,}00155 \times 10^{10}$ [s]
En convertissant les unités de t_4 :
$t_4 = 4{,}00155 \times 10^{10}$ [s] / (3600 × 8766) [s/Jy] ≈ 1268 [Jy]

Conclusion : A la vitesse la plus rapide que les ingénieurs envisagent pour une sonde interstellaire, le voyage pour une planète de l'étoile la plus proche de nous mettra plus de 1000 ans. Le rêve d'Elon Musk d'établir une « humanité interstellaire » est vain : https://tinyurl.com/muuajnyf