

Activité 8 – Voyage vers Proxima b

Approfondissement – 30 minutes indicatives – Adaptation de l'activité 17 du site

Nom : Classe : Date :

Capacités : C1 – Choisir un référentiel et expliquer qu'une description du mouvement dépend de ce choix ; C2b – Calculer une durée à partir d'une distance et d'une vitesse. **Outil O1 :** convertir une vitesse.

Prérequis : activité 1 (le passager et le quai) ; relation $v = d/t$. **Matériel :** calculatrice. Approfondissement hors programme : toutes les relations nouvelles sont fournies.

Énoncé — Destination Proxima b

Proxima b est une planète qui tourne autour de Proxima du Centaure, l'étoile la plus proche du Soleil. Elle se trouve à **4,24 années-lumière** de la Terre. Un vaisseau **fictif** part de la Terre et vole en ligne droite vers Proxima b à vitesse constante : $v = 0,8c$, c'est-à-dire 80 % de la vitesse de la lumière.

Problème : combien de temps dure le voyage ?

Méthode — Pour t'aider

- Vitesse de la lumière : $c \approx 300\,000\text{ km/s}$.
- Une **année-lumière (al)** est la distance parcourue par la lumière en un an. La lumière va donc à **1 al par an** et le vaisseau à **0,8 al par an**.
- La sonde la plus rapide jamais lancée, Parker Solar Probe, a atteint environ 690 000 km/h.

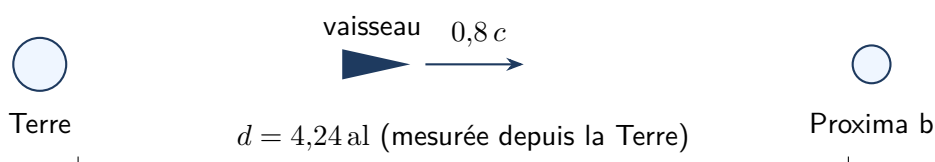


Schéma sans échelle ; les astres sont très agrandis.

Sources : NASA, catalogue des exoplanètes (Proxima Centauri b) et mission Parker Solar Probe ; valeurs arrondies.

1. On compare le référentiel terrestre et le référentiel du vaisseau. Dans chacun des deux référentiels, l'équipage est-il au repos ou en mouvement ? Proxima b est-elle au repos ou en mouvement ?

Dans le référentiel terrestre, l'équipage est en mouvement (il s'éloigne de la Terre à $0,8c$) et Proxima b est considérée comme immobile. Dans le référentiel du vaisseau, l'équipage est au repos ; ce sont la Terre et Proxima b qui se déplacent, à $0,8c$. Comme pour le passager du train, repos et mouvement dépendent du référentiel.

2a. Exprimer la vitesse du vaisseau ($0,8c$) en km/s, puis en km/h ($1\text{ km/s} = 3600\text{ km/h}$).

$v = 0,8 \times 300\,000 = 240\,000\text{ km/s}$, soit $240\,000 \times 3600 = 864\,000\,000\text{ km/h}$.

2b. Comparer les vitesses en km/h : combien de fois la vitesse du vaisseau est-elle plus grande que celle de Parker Solar Probe ?

$864\,000\,000/690\,000 \approx 1250$: le vaisseau irait environ 1250 fois plus vite que la sonde la plus rapide jamais construite. Il reste de la science-fiction.

3. Dans le référentiel terrestre, calculer la durée du voyage avec $t = d/v$, où $d = 4,24\text{ al}$ et $v = 0,8\text{ al/an}$. Le résultat est en années.

$t = d/v = 4,24/0,8 = 5,3\text{ ans}$ pour les personnes restées sur Terre.

Activité 8 – Voyage vers Proxima b

Le voyage vu depuis le vaisseau

Rappel de cours — Ce qu'a découvert Einstein

Dans le chapitre, la trajectoire dépend du référentiel, mais pas la distance entre deux lieux ni la durée d'un trajet. En 1905, Albert Einstein montre, avec la **relativité restreinte**, que ce n'est plus vrai à très grande vitesse.

Dans le référentiel du vaisseau, la **distance Terre–Proxima b mesurée** est plus courte : $d' = k \times d$, où d est la distance mesurée depuis la Terre et k un coefficient qui dépend de la vitesse. Cet effet ne concerne que la direction du mouvement ; il a été vérifié par de nombreuses expériences.

Vitesse du vaisseau	TGV (300 km/h)	0,5 c	0,8 c	0,99 c
Coefficient k	presque exactement 1	0,87	0,60	0,14

4a. Calculer la distance d' Terre–Proxima b mesurée dans le référentiel du vaisseau.

$d' = k \times d = 0,60 \times 4,24 \approx 2,54$ al.

4b. Dans le référentiel du vaisseau, Proxima b se rapproche à 0,8 al par an. Calculer la durée t' du voyage pour l'équipage avec $t' = d'/v$.

$t' = d'/v = 2,54/0,8 \approx 3,2$ ans : à l'arrivée, l'équipage a vieilli d'environ 3 ans et 2 mois, contre 5,3 ans écoulés sur Terre.

5a. Les personnes sur Terre et l'équipage trouvent des distances et des durées différentes. L'un des deux groupes s'est-il trompé ? Répondre par oui ou non, puis expliquer en une phrase.

Personne ne s'est trompé : chacun mesure dans son propre référentiel et retrouve la même vitesse, $4,24/5,3 = 0,8$ al/an et $2,54/3,2 \approx 0,8$ al/an.

5b. Regarder la valeur de k pour le TGV dans le tableau : pourquoi ne remarque-t-on pas cet effet dans un TGV ?

Pour un TGV, $k = 0,999\,999\,999\,999\,96$: il ne diffère de 1 qu'au 14^e chiffre après la virgule, une différence impossible à percevoir. L'effet ne devient important qu'à des vitesses proches de celle de la lumière.

6. Un second vaisseau vole à 0,99 c . Pour son équipage, la distance vaut $0,14 \times 4,24 \approx 0,59$ al et le voyage dure environ 7 mois. Un élève conclut : « Il parcourt 4,24 al en 7 mois : il va plus vite que la lumière ! » Le nombre 4,24 al est mesuré depuis la Terre ; le nombre 7 mois est mesuré à bord. Expliquer en une ou deux phrases pourquoi on ne peut pas les utiliser ensemble.

L'élève mélange la distance mesurée depuis la Terre (4,24 al) et la durée mesurée à bord (7 mois). Dans chaque référentiel, la vitesse vaut 0,99 al/an : $0,59/0,6$ à bord, $4,24/4,3$ depuis la Terre. Elle reste inférieure à c .

7. En deux ou trois phrases, donner la durée du voyage vers Proxima b dans le référentiel terrestre, puis dans le référentiel du vaisseau. Employer le mot *référentiel*.

La réponse dépend du référentiel. Dans le référentiel terrestre, le vaisseau parcourt 4,24 al à 0,8 c et le voyage dure 5,3 ans. Dans le référentiel du vaisseau, la distance mesurée n'est que de 2,54 al et le voyage dure environ 3,2 ans pour l'équipage.

À retenir

Une distance, une durée ou une vitesse doivent toujours être associées à un référentiel. Aux vitesses de la vie courante, distances et durées sont les mêmes dans tous les référentiels. Près de la vitesse de la lumière, elles en dépendent aussi, mais aucun objet n'atteint cette vitesse.

Remarque — Sources et limites

Distance de Proxima b : NASA, catalogue des exoplanètes (4,24 al). Parker Solar Probe : NASA, environ 692 000 km/h le 24 décembre 2024, arrondi. Le vaisseau est une expérience de pensée. $k = \sqrt{1 - v^2/c^2}$; on a aussi $t' = k \times t$. Accélération et retour ignorés (pas de paradoxe des jumeaux).

Méthode — Conduite

Hors programme : seuls $v = d/t$, le référentiel et les conversions sont exigibles. Dire « distance mesurée dans le référentiel du vaisseau », jamais « le vaisseau rétrécit ». L'activité 9 apporte la validation expérimentale.