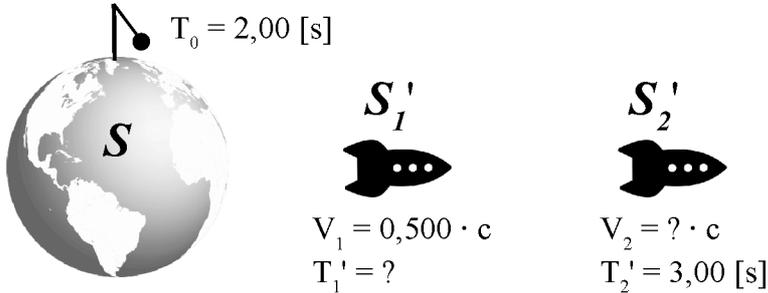


**Exercice 1**

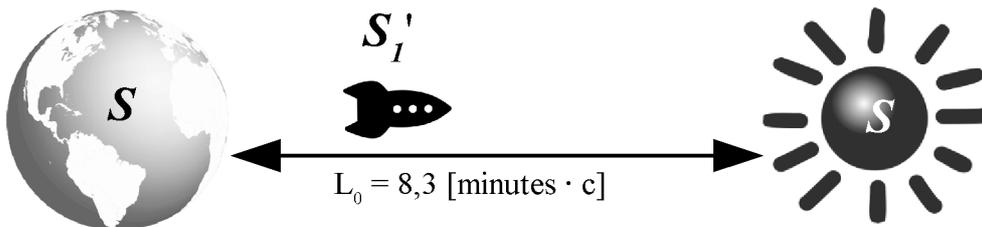
Soit un pendule oscillant avec une période de 2,00 [s].

- 1.1 Des astronautes, ayant une vitesse relative au pendule de  $0,500 \cdot c$ , observent celui-ci. Pour eux, quelle est la période d'oscillation de ce pendule ?
- 1.2 Un autre groupe d'astronautes voient ce pendule osciller avec une période de 3,00 [s]. Quelle est leur vitesse relativement au pendule ?

**Exercice 2**

Une fusée se déplace vers le Soleil à une vitesse de  $v = 0,600 \cdot c$ . ( Relativement au système solaire )  
La distance Terre - Soleil est de 8,3 [minutes lumière].

- 2.1 Quelle est la distance Terre - Soleil, mesurée par un observateur dans la fusée ?
- 2.2 Des observateurs se trouvant dans une autre fusée mesure une distance de 4,15 [minutes - lumière]. Quelle est leur vitesse ? ( Relativement au système solaire )

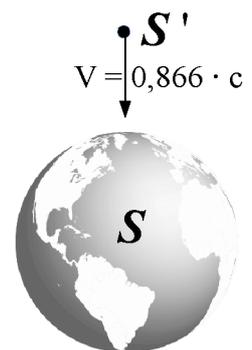
**Exercice 3**

Les muons ont, dans leur référentiel propre, une durée de vie de  $2,26 \cdot 10^{-6}$  [s].

Les muons sont créés dans la haute atmosphère par l'interaction des rayons cosmiques avec les molécules de l'atmosphère.

Soit un muon ayant une vitesse est de  $0,866 \cdot c$ . ( Relativement à la Terre )

- 3.1 Un muon qui est créé à 1'150 [m] d'altitude peut-il atteindre le sol ?
- 3.2 Lorsqu'il est créé, à quelle distance le muon "voit-il" la Terre ?
- 3.3 A-t-il le temps de parcourir cette distance en allant à la vitesse indiquée, pendant sa durée de vie ?



*Tournez la feuille...*

**Exercice 4**

Sur une horloge terrestre, il faut 4,37 années pour aller sur le système Alpha du Centaure, un système de 3 étoiles les plus proches du Soleil.

Une sonde se déplace vers Alpha du Centaure à une vitesse de  $0,995 \cdot c$  ( Relativement à la Terre )

4.1 Sur une horloge de la Terre, combien de temps dure le voyage ?

4.2 Sur une horloge de la sonde, combien de temps dure le voyage ?

4.3 Du point de vue de la sonde, elle n'a pas pu parcourir 4,37 années-lumière durant le temps de son voyage. Comment se fait-il que la sonde est quand-même arrivée sur cette étoile ?

**Exercice 5, le paradoxe des jumeaux de Paul Langevin**

Deux jumeaux sont sur la Terre. Ils fêtent leur anniversaire de 30 ans.

Un des jumeaux part dans une fusée qui, par un procédé révolutionnaire, accélère très rapidement à la vitesse de  $0,900 \cdot c$ . La durée d'accélération est négligeable. Après un voyage de 10,0 années mesurée sur une horloge de la fusée, il décélère par le procédé révolutionnaire, puis accélère dans l'autre sens très rapidement, pour retourner en direction de la Terre à une vitesse de  $0,900 \cdot c$ . La durée de décélération + accélération est négligeable. Il remet donc 10,0 année pour arriver sur Terre.

Le jumeau de la fusée a donc vieilli de 20 ans, il a 50 ans.

5.1 Quel est l'âge du jumeau resté sur la Terre ?

5.2 Du point de vue du jumeau de la fusée, c'est celui qui est resté sur Terre qui s'est déplacé à une vitesse de  $0,900 \cdot c$ . Le temps mesuré par celui qui est resté sur Terre est donc le temps propre et est plus court que celui de la fusée.

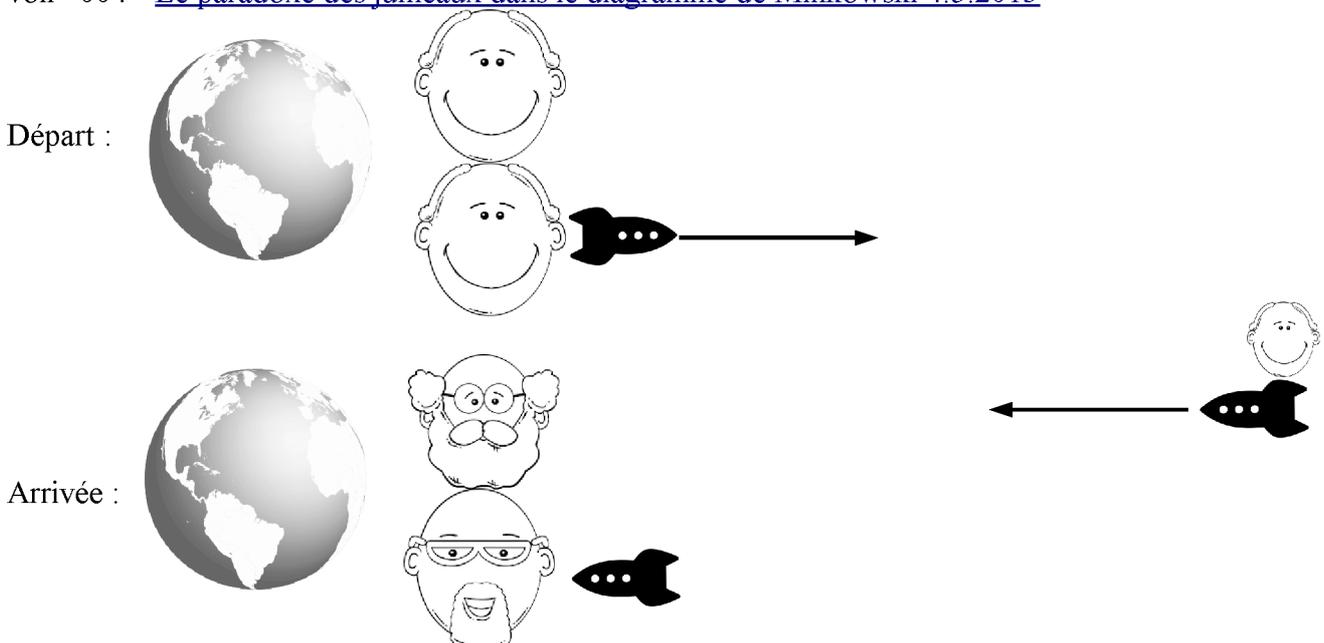
Donc d'un point de vue, c'est celui qui est dans la fusée qui a moins vieilli, d'un autre point de vue c'est celui qui est resté sur Terre qui a moins vieilli. C'est le paradoxe.

Quelle réponse donner à ce paradoxe ? Montre-t-il l'inconsistance de la théorie de la relativité ?

c.f. <http://www.juggling.ch/gisin/videos/videos.html>

voir "003 - [Paradoxe des jumeaux : les solutions cachées 16.4.2013](#)"

voir "004 - [Le paradoxe des jumeaux dans le diagramme de Minkowski 4.5.2013](#)"



Source des images : <https://openclipart.org/>