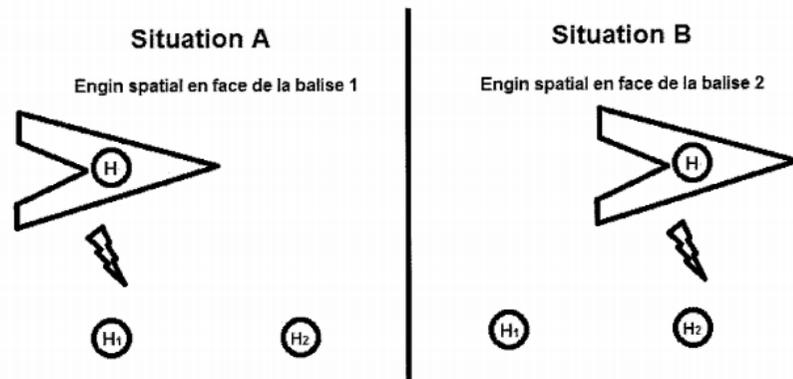


## LE TEMPS REPENSE : EXERCICES

### EXERCICE 1 : CINÉTIQUE RELATIVISTE

On imagine qu'une réaction chimique est réalisée dans la navette spatiale s'éloignant à une vitesse de  $v = 0,80 \times c$  de la Terre où  $c$  est la vitesse de la lumière dans le vide.

Les manipulateurs enregistrent un temps de demi-réaction de 1000 s dans la navette. Un observateur terrestre peut aussi en déduire une mesure du temps de demi-réaction à l'aide d'un dispositif embarqué dans l'engin qui va envoyer un signal lumineux à deux balises fixes par rapport à la Terre, placées dans l'espace, et munies de deux horloges  $H_1$  et  $H_2$  synchronisées. Un premier signal est envoyé au début de la réaction et un second lorsque le temps de demi-réaction est atteint. L'horloge  $H$  est fixe par rapport à la navette.



- Définir la notion de temps propre.
- Indiquer les deux référentiels étudiés ici.
- Donner les noms de  $\Delta t_m$  et  $\Delta t_0$  dans la relation  $\Delta t_m = \gamma \cdot \Delta t_0$ .
- Dans quels référentiels sont déterminés respectivement  $\Delta t_m$  et  $\Delta t_0$  ?
- Quel est le nombre suffisant d'horloge(s) qu'il faut utiliser pour mesurer la durée  $\Delta t_0$  ?
- Calculer  $\gamma$ , puis la durée inconnue.
- Comparer  $\Delta t_m$  et  $\Delta t_0$ . Commenter.
- Citer une expérience réaliste qui permet d'observer ce phénomène.

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

### EXERCICE 2 : LES MUONS

#### Document 1 :

Sur Terre, les muons sont produits par la désintégration de pions chargés. Les pions sont créés dans la haute atmosphère par des rayons cosmiques et ont un temps de vie faible (environ deux microsecondes). Cependant, les muons ont une grande énergie, **ainsi l'effet de dilatation temporelle décrite par la relativité restreinte les rend observables à la surface de la Terre.** En effet, si on appelle  $\Delta t_0$  le temps propre du muon et  $\Delta t_m$  ce temps mesuré depuis la Terre :

$$\Delta t_m = \gamma \times \Delta t_0, \text{ avec : } \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (\text{facteur de Lorentz}).$$

#### Document 2 :

Les muons ont une durée de vie courte (environ deux microsecondes), mais on peut les faire vivre plus longtemps! En effet, cette durée de vie  $\Delta t_0$  est mesurée « du point de vue » du muon (dans son référentiel). D'après la théorie de la relativité restreinte, si ce muon se déplace à une très grande vitesse par rapport à un observateur, ce dernier mesurera des temps  $\Delta t_m$  plus longs que ceux « vus du muon ». Ainsi, les muons cosmiques, très rapides, ont une durée de vie nettement supérieure aux quelques microsecondes attendues quand on mesure celle-ci dans le référentiel terrestre.

<http://quarks.lal.in2p3.fr/afficheComposants/Images/clicmuon.pdf>

#### ► Questions:

- Quelle est la valeur moyenne de la durée de vie des muons ?
- Quelle distance devraient-ils parcourir en moyenne dans le cadre de la mécanique classique si leur vitesse est  $v = 0,995c$  ?
- Déterminer la valeur moyenne de la durée de vie des muons mesurée dans le référentiel terrestre dans le cadre de la mécanique relativiste.
- En déduire la distance moyenne parcourue réellement par les muons dans l'atmosphère.
- Expliquer la phrase du document 1 : « ...ainsi l'effet de dilatation temporelle décrite par la relativité restreinte les rend observables à la surface de la Terre. »

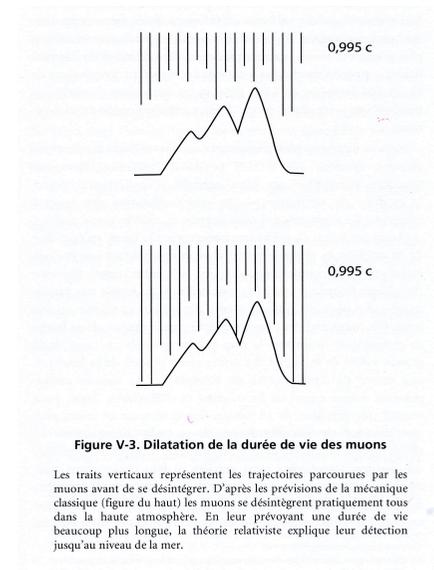


Figure V-3. Dilatation de la durée de vie des muons

Les traits verticaux représentent les trajectoires parcourues par les muons avant de se désintégrer. D'après les prévisions de la mécanique classique (figure du haut) les muons se désintègrent pratiquement tous dans la haute atmosphère. En leur prévoyant une durée de vie beaucoup plus longue, la théorie relativiste explique leur détection jusqu'au niveau de la mer.