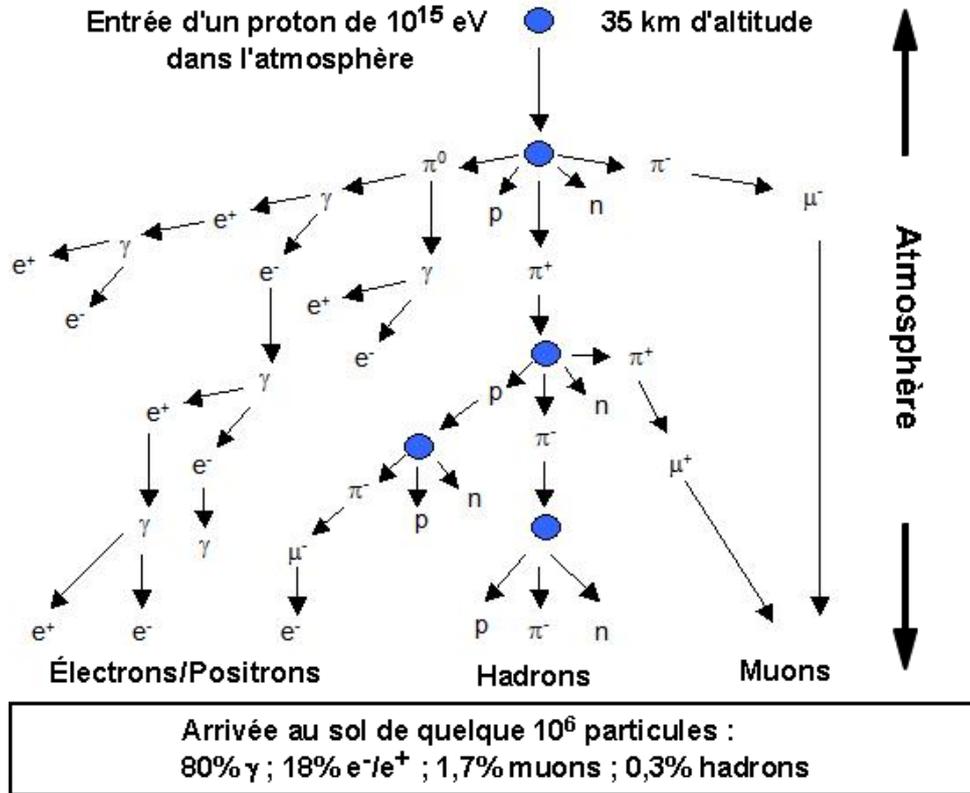


I L'expérience de Frisch et Smith 1963 (ou Rossi et Hall en 1941 sur $h = 1624m$)

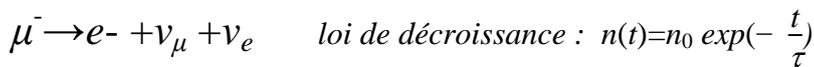
video : de l'expérience : <http://videosphysique.blogspot.fr/2011/02/dilatation-du-temps.html> ou <http://www.scivee.tv/node/2415>
 texte original : http://lagouge.ecole-alsacienne.org/13-14/cahier_texte_TS/Documents/relativite/Frisch-Smith-english.pdf

Les muons cosmiques sont produits par les rayons cosmiques, essentiellement des protons, qui rentrent en collision avec les molécules de la haute atmosphère, ce qui crée des particules en cascade suivant le schéma ci-dessous.



http://fr.wikipedia.org/wiki/Rayon_cosmique

Les muons sont des particules instables qui se désintègrent en un électron ou un positon en produisant des neutrinos. Par exemple, pour un muon négatif (particule ayant la charge d'un électron mais une masse 207 fois plus grande) on peut écrire la réaction sous la forme suivante :



$\tau =$ « durée de vie » du muons = 2,2 μs => **durée de vie propre τ^* référentiel au repos**

La durée de vie des muons au repos, notée τ , vaut environ **2,2 μs** . Cela signifie que si l'on considère une population de N_0 muons au repos (donc dans le référentiel propre) à une date prise comme origine, alors à la date t , il ne reste plus que :

$$N = N_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

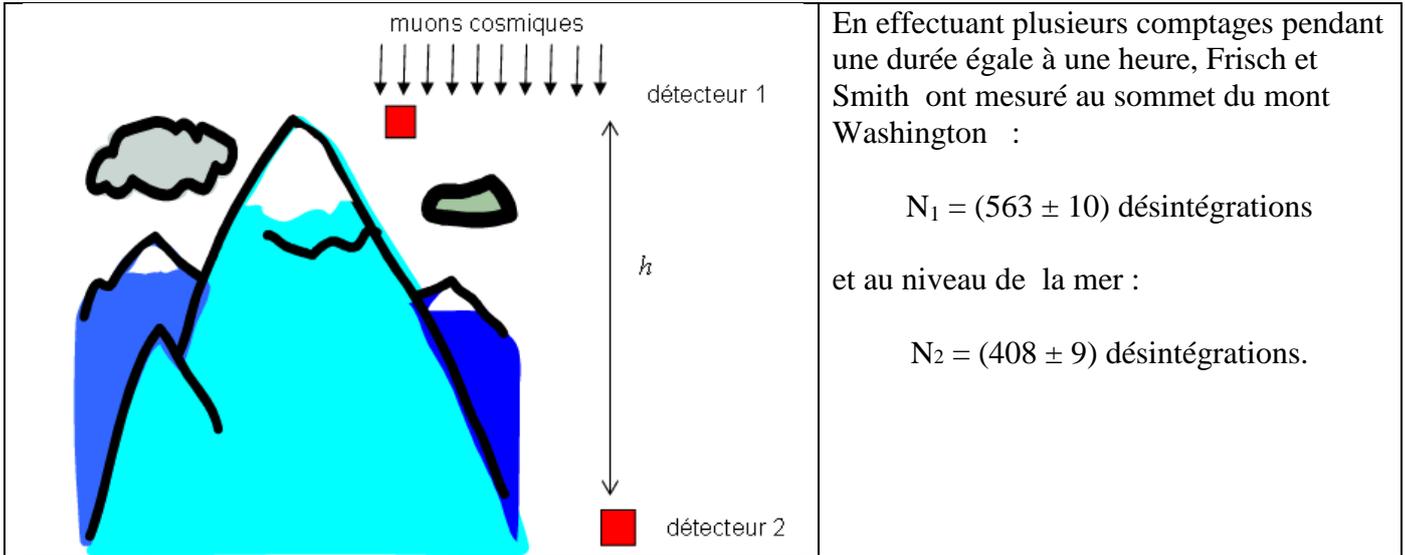
Remarque 1 : Cette loi est analogue à celle de la décroissance radioactive : la demi-vie (durée au bout de laquelle la moitié de la population à la date t diminue de moitié) et τ sont reliés par : $T_{1/2} = \frac{\tau}{\ln(2)}$

si bien que la relation ci-dessus peut également s'écrire : $N = N_0 \exp\left[-\ln(2) \times \frac{t}{T_{1/2}}\right] = \frac{N_0}{2^{t/T_{1/2}}}$

Remarque 2 : On ne peut suivre la population mais on peut suivre l'activité A qui est le nombre de désintégration par seconde. Vu que $A = -\frac{dN}{dt}$, A suit la même loi d'évolution temporelle que N soit : $A = A_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$

Terminale S

L'expérience de Frisch et Smith, réalisée en 1963, consiste à compter les muons qui se désintègrent dans un détecteur conçu pour sélectionner des muons de vitesses comprises dans une tranche fixée au voisinage de $v = 0,993 c$, ceci pendant une durée déterminée. L'expérience a été implantée d'une part au sommet du mont Washington à une altitude $h = 1900 m$ environ et d'autre part à Cambridge au niveau de la mer.



Questions

- 1) Calculer la durée Δt mise par les muons pour passer du détecteur 1 au détecteur 2. Dans quel référentiel cette durée est-elle calculée ?
- 2) D'après la loi d'évolution temporelle quelle devrait être N'_2 : le nombre mesuré de désintégrations? Dans quel référentiel N'_2 est-il calculé ?
- 3) A partir de la loi d'évolution temporelle, calculer τ_{Terre} ; la durée de vie des muons dans le référentiel terrestre.
- 4) Montrer que les valeurs de τ et τ_{Terre} sont compatibles avec la loi de dilatation des durées de la mécanique relativiste.
- 5) En 1976, au CERN sur la frontière franco-suisse, on a comparé la durée de vie des muons au repos à celle de muons en mouvement très rapide, à la vitesse $v = 0,9994 c$. Calculer la durée de vie de ces muons dans le référentiel terrestre

II Expérience de Hafele et Keating (1971, publication 1972)

En 1971, Hafele et Keating ont fait voler quatre horloges au Césium à bord d'avions commerciaux et comparé leurs indications avec celle d'une référence atomique au repos à l'Observatoire naval de Washington. Deux parcours ont été successivement empruntés par les quatre horloges : le premier vers l'est a duré 65,4 heures et le second vers l'ouest 41,2 heures. La durée totale de l'observation du rythme des quatre horloges atomiques s'est étendue sur plus de 600 heures.



Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

<i>Voyage</i>	<i>Prédit</i>	<i>observé</i>
<i>Vers l'est</i>	$-40 \pm 23 \text{ ns}$	$-59 \pm 10 \text{ ns}$
<i>Vers l'ouest</i>	$275 \pm 21 \text{ ns}$	$273 \pm 7 \text{ ns}$

Questions

- 1) Expliquez pourquoi un calcul simple faisant intervenir la loi de dilatation des durées n'est pas ici applicable ?

- 2) Les résultats prédits font donc nécessairement intervenir quelle théorie ?