

# Temps propre et impropre : la désintégration du muon

D'après :

*Measurement of relativistic time dilation using  $\mu$ -mesons*

*D.H. Frisch et J.H. Smith 1963 American Journal of Physics*

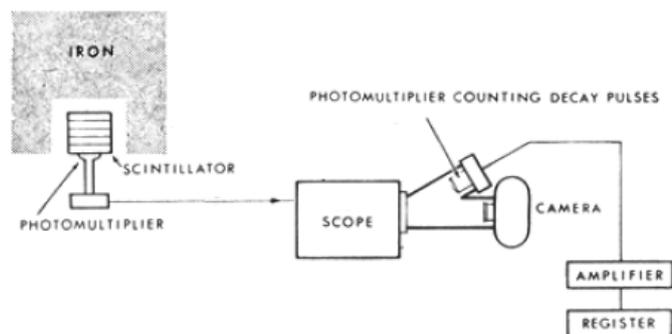
En 1963 deux professeurs du MIT (Massachusetts Institute of Technology), D.H. Frisch et J.H. Smith, réalisent sur le Mont Wilson et à Cambridge des comptages de muons dans le but de déterminer le coefficient de dilatation du temps entre le référentiel du sol et le référentiel du muon

$$\gamma = \frac{t'_{ref\ sol}}{t_{ref\ muon}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_{muon/sol}^2}{c^2}}}$$

Le muon est une particule élémentaire, produite à haute altitude par interaction des rayons cosmiques avec l'atmosphère. Il est environ 200 fois plus lourd que l'électron, et est chargé + ou -.

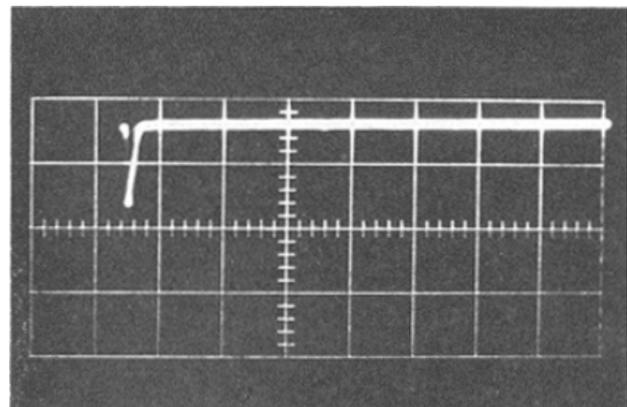
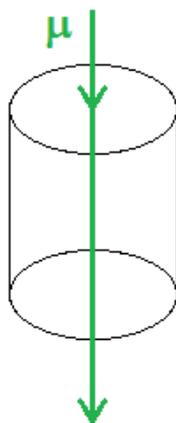
Le muon se désintègre dans un processus **aléatoire**, analogue à celui de la désintégration d'un noyau radioactif :

- soit en électron, neutrino et anti-neutrino, s'il est chargé - :  ${}^0_{-1}\mu^- \rightarrow {}^0_{-1}e^- + {}^0_0\nu + {}^0_0\bar{\nu}$
- soit en positron, neutrino et antineutrino, s'il est chargé + :  ${}^0_{+1}\mu^+ \rightarrow {}^0_{+1}e^+ + {}^0_0\nu + {}^0_0\bar{\nu}$



Le scintillateur est un matériau qui interagit avec les particules chargées en émettant de la lumière. Les photons émis sont ensuite convertis en électrons par un photomultiplicateur qui amplifie aussi le nombre d'électrons.

Le signal électrique de sortie du photomultiplicateur est envoyé sur un oscilloscope, dont l'écran est filmé par une caméra. Le signal lumineux émis par l'écran est lui même recueilli, convertit et amplifié par un deuxième photomultiplicateur, dont le signal de sortie est envoyé à un dispositif d'enregistrement.



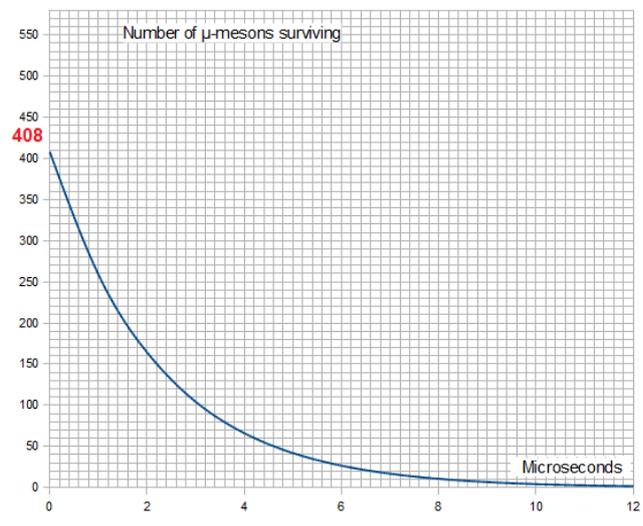
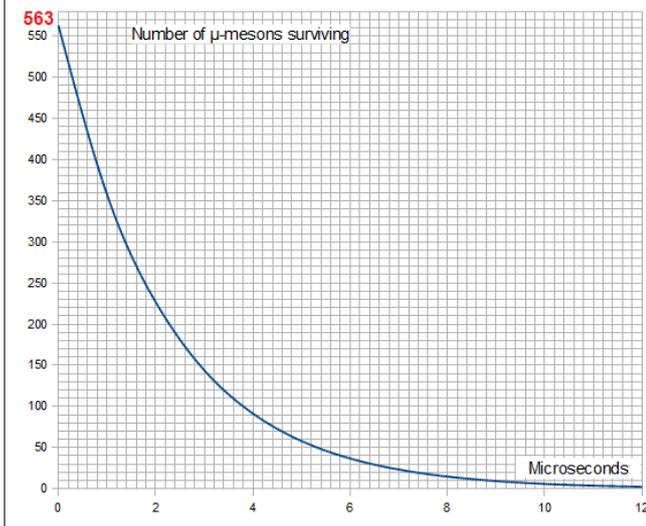
Un muon a traversé le scintillateur et a interagit avec lui : on observe une impulsion à l'écran.

Un muon a pénétré dans le scintillateur, on observe une première impulsion. Mais il est moins énergétique et il s'est arrêté dans le scintillateur.  
 $\Delta t$  plus tard, il se désintègre : la particule émise (électron ou positron) interagit avec le scintillateur et on observe une deuxième impulsion  $\Delta t = 2,9 \mu s$  après la première.

► Cette durée  $\Delta t = 2,9 \mu s$  est-elle une durée propre ou impropre pour le muon ?

Frisch et Smith réalisent cette expérience au Mont Wilson (Californie, **altitude 1910 m**) et détectent ainsi, en 1 heure, **563 muons** se désintégrant dans leur scintillateur. Pour chacun de ces 563 muons, ils mesurent la durée  $\Delta t$  et obtiennent ainsi la courbe ci-dessous

Frisch et Smith réalisent de nouveau l'expérience à Cambridge (Massachusetts, **altitude 3 m**) et détectent, en 1 heure, **408 muons**, avec la courbe ci-dessous.



- Utiliser les documents relatant l'expérience de Frisch et Smith pour déterminer :
- la durée pour que l'échantillon comptabilisant 563 muons (au Mont Wilson) n'en comptabilise plus que 408 (à Cambridge).
  - la durée du parcours entre les deux altitudes (1910 m au Mont Wilson et 3 m à Cambridge) en supposant que la vitesse des muons est proche de celle de la lumière.

► De ces deux durées, quelle est la durée propre ? la durée impropre ?

► En déduire la valeur du coefficient de dilatation  $\gamma$  des muons.