

Contrôle n°6 - 2014

Pensée du jour :

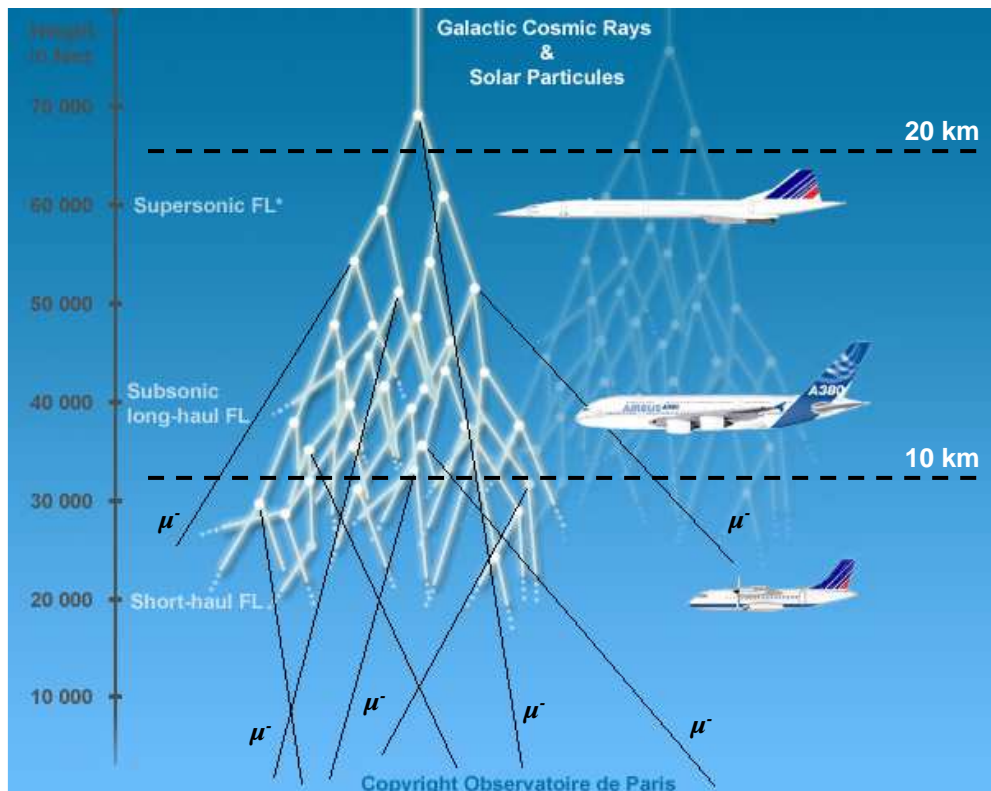
"Se donner du mal pour les petites choses, c'est parvenir aux grandes, avec le temps."

Samuel BECKETT

Exercice 1 : L'énigme des muons

Les muons noté μ^- sont des particules créées dans la haute atmosphère terrestre à une vingtaine de kilomètres d'altitude, lors de la collision de protons provenant du rayonnement cosmique avec les atomes de l'atmosphère. Ces particules ont les mêmes propriétés physiques que l'électron mais sont 207 fois plus massives, c'est pourquoi on les appelle aussi "électrons lourds".

Les muons sont très instables et leur durée de vie propre n'est que de 2,2 microsecondes. Ils se déplacent après leur formation dans l'atmosphère à une vitesse de $0,9997\ c$ et interagissent très peu avec la matière ordinaire de sorte qu'ils peuvent la traverser sans encombre.



- 1.1 En utilisant les lois de la mécanique classique, quelle est la distance moyenne d_M que peut parcourir un muon en direction du sol durant sa vie ?
- 1.2 Expliquer alors pourquoi il semble logique de ne pas pouvoir détecter à la surface de la Terre un muon apparu à 20 km d'altitude, ou même 10.

En réalité, de tels muons sont pourtant détectés au niveau du sol. On en dénombre en moyenne un par centimètre carré et par minute au niveau de la mer (altitude nulle). Ce résultat paradoxal est levé si l'on reconsidère ce problème dans le cadre de la physique relativiste.

Considérons le référentiel terrestre noté R_T et le référentiel d'un muon noté R_M .

- 2.1 Dans lequel de ces référentiels les deux événements « le muon naît » et « le muon meurt » ont-ils lieu au même endroit ?
- 2.2 Préciser alors le référentiel lié au temps propre.
- 2.3 En notant ΔT_M la durée de vie moyenne du muon dans le référentiel R_M déterminer la relation permettant de calculer la durée de vie moyenne ΔT_T d'un muon dans le référentiel R_T . Calculer sa valeur.
- 2.4 Montrer qu'il est ainsi possible de détecter au sol des muons formés à 20 km d'altitude dans la haute atmosphère.

- 3.1 Sachant que le muon parcourt dans son référentiel une distance d_M nettement inférieure au 20 km nécessaire pour atteindre le sol, et que pourtant, dans son référentiel aussi il rencontre le sol terrestre, quel phénomène relativiste est ainsi mis en évidence ici ?
- 3.2 Conclure en donnant la relation mathématique entre d_M et d_T , la distance parcourue par le muon dans le référentiel terrestre.

Imaginons à présent un supermuon ayant la capacité de se déplacer exactement à la vitesse de la lumière en direction du sol après avoir été créé dans la haute atmosphère.

- 4.1 Pourquoi un tel supermuon ne peut exister dans le cadre de la physique actuelle ?
- 4.2 Quelle serait la distance parcourue par ce supermuon dans son propre référentiel pour atteindre le Terre ?
- 4.3 Montrer à l'aide de la relation caractérisant la dilatation du temps que, pour cette super particule, ce trajet serait instantané.



5. Question **BONUS** :

Deux photons distants de 100 m dans le référentiel terrestre se déplacent verticalement sur la même trajectoire en direction du sol. Quelle est la distance qui les sépare dans leur référentiel propre ? En considérant alors leur arrivée au sol, montrer que la notion de simultanéité est bien relative.

Données : Vitesse de la lumière : $c = 299\,792\,458\text{ m/s}$

Facteur de Lorentz : $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$ avec $\beta = \frac{v}{c}$

Exercice 2 : Synthèse de l'ammoniac

On fait réagir 30,0 g de dihydrogène avec 196 g de diazote. La réaction produit de l'ammoniac selon l'équation présente dans le tableau d'avancement ci-dessous.

| Etat du système | Avancement | $\text{N}_2\text{ (g)}$ | + | $3\text{ H}_2\text{ (g)}$ | → | $2\text{ NH}_3\text{ (g)}$ |
|-----------------|------------|-------------------------|---|---------------------------|---|----------------------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

- Déterminer la quantité initiale de chacun des réactifs introduits dans le réacteur.
- Après avoir complété le tableau d'avancement ci-dessus, déterminer le réactif limitant.
- Déterminer le volume d'ammoniac formé dans les C.N.T.P. (Condition Normale de Température et de Pression).
- On désire fabriquer un volume de 50,0 mL d'une solution aqueuse d'ammoniac de concentration $C = 0,40\text{ mol/L}$.
 - Dans quel type de verrerie doit-on préparer cette solution ?
 - Quelle quantité d'ammoniac doit-on y dissoudre ?
 - Quelle est le titre massique de l'ammoniaque ainsi préparée ?

Données : Pression (C.N.T.P.) : $P = 1013\text{ hPa}$
 Température (C.N.T.P.) : $\theta = 0,00\text{ }^\circ\text{C}$
 Constante des gaz parfait : $R = 8,314\text{ S.I.}$
 Masses molaires : $M_H = 1,0\text{ g/mol}$ - $M_N = 14\text{ g/mol}$