

Réalisation d'une chambre à brouillard

Maxime DELCOURT Thibault DELTENRE
Sébastien MEUREE Valentin ORTS
Nicolas PANTANO Amir ROUIBAH
Vlad STAICU
Service de métrologie nucléaire

Qu'est ce qu'une chambre à brouillard ?

Une chambre à brouillard est un dispositif permettant de visualiser des rayonnements cosmiques.

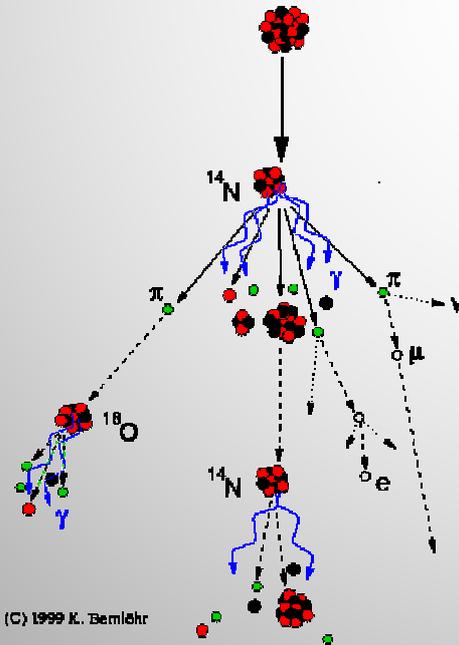
Que sont les rayonnements cosmiques et d'où proviennent-ils ?

Ce sont des faisceaux de particules qui se déplacent dans l'espace à des vitesses proches de celle de la lumière. Ils sont composés d'une multitude de noyaux atomiques.

Créés et accélérés par les réactions nucléaires se déroulant dans les étoiles, ils parcourent leur galaxie d'origine car ils sont bloqués par son champ magnétique périphérique.

1er obstacle: le champ magnétique terrestre

Seules les particules de haute énergie sont à même de traverser cette barrière naturelle. Les autres sont déviées de leur trajectoire.



(C) 1999 K. Bernlöhr

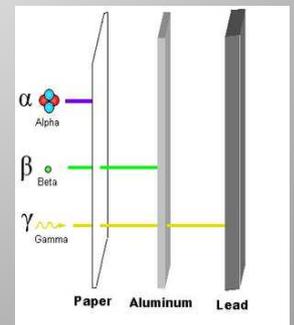
2e obstacle: L'atmosphère

Lorsque les particules primaires atteignent l'atmosphère, elles entrent en collision avec les atomes qui la composent. Ces collisions engendrent une cascade de particules secondaires appelée douche cosmique.

Lorsqu'une particule cosmique entre en collision avec une molécule de l'atmosphère (azote, oxygène etc.), elle se décompose en plus petites particules. Parmi celles-ci, on compte des protons, des neutrons, des électrons, des photons (rayons γ), et des pions.

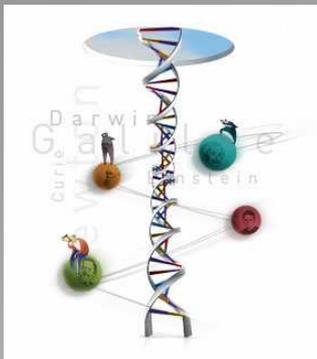
Les électrons (rayonnements beta), et les noyaux atomiques, ne peuvent traverser le verre.

Les neutrinos et rayonnements gamma ne produisent pas d'effets détectables par notre chambre. Seuls les muons sont suffisamment petits et chargés pour être détectés par la chambre à brouillard.



Les pions (π) ont une durée de vie très courte ($\sim 2\mu s$) et se décomposent en muons (μ) vivant environ aussi longtemps. La raison pour laquelle on peut les voir est que leur vitesse est tellement grande qu'ils subissent une elongation du temps due à la relativité.

On est en fait à même de les voir quelques secondes.



Réalisation d'une chambre à brouillard

Maxime DELCOURT Thibault DELTENRE
Sébastien MEUREE Valentin ORTS
Nicolas PANTANO Amir ROUIBAH
Vlad STAICU
Service de métrologie nucléaire

Comment détecter les rayonnements cosmiques?

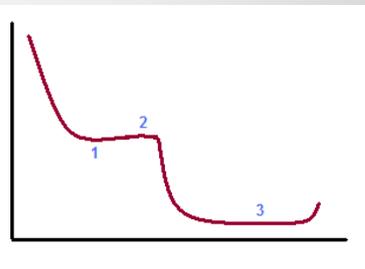
Qui dit rayonnement ionisant, dit effet sur la matière. C'est cet effet que nous allons exploiter. L'idée, c'est de créer un état d'équilibre à peu près stable qu'un faible apport d'énergie peut faire basculer (état de métastabilité). Pour ce faire, nous utilisons un brouillard.

Création du brouillard

Le principe est assez simple. On fait évaporer un liquide volatil jusqu'à saturation. En appliquant une certaine différence de température entre 2 zones de l'aquarium, on permet au gaz de sursaturer, c'est à dire s'évaporer plus qu'il ne le pourrait en temps normal. L'équilibre devient métastable et un brouillard se forme.

La métastabilité

potentiel



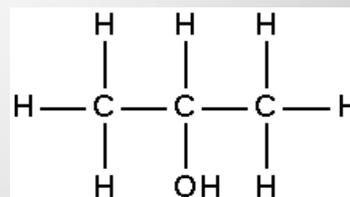
- 1. Etat métastable
- 2. Etat instable
- 3. Etat stable

Un état métastable est dans une courbe de potentiel un minimum local, c'est-à-dire un état presque stable. Il reste stable pour de faibles variations d'énergie mais bascule vers un état plus stable si l'apport énergétique est trop important.

Choix du produit: l'isopropanol

Quatre critères ont déterminé le choix de notre produit :

1. Il doit pouvoir se manipuler aisément, ne pas être trop dangereux.
2. Il doit pouvoir s'évaporer rapidement à des températures proches de la température ambiante.
3. Il doit être suffisamment polaire pour réagir avec la particule chargée que nous souhaitons détecter.
4. Il ne doit pas trop se condenser sur les parois comme le fait par exemple l'eau.

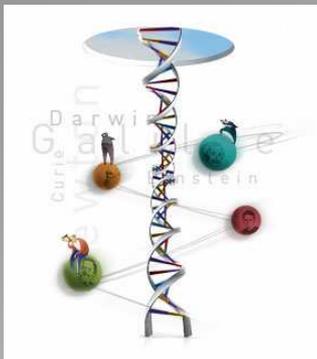


Formule développée de l'isopropanol.

Mise en évidence des muons

Lorsque la particule chargée pénètre dans notre chambre, elle ionise le brouillard à son passage, en arrachant des électrons aux molécules d'isopropanol. L'état métastable est ainsi brisé et le gaz a tendance à revenir à l'état liquide. C'est ce changement de phase que nous observons. On peut effectivement voir des traînées de condensation formées au passage des muons.





Réalisation d'une chambre à brouillard

Maxime DELCOURT Thibault DELTENRE

Sébastien MEUREE Valentin ORTS

Nicolas PANTANO Amir ROUIBAH

Vlad STAICU

Service de métrologie nucléaire

Système de refroidissement

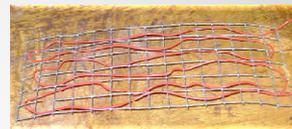
La source de froid est un bac en frigolite rempli de carboglace. Celle-ci permet d'atteindre des températures de l'ordre de -80°C . La frigolite est un bon isolant thermique empêchant la propagation du froid hors de la chambre.

La séparation entre le bac et la chambre est assurée par une plaque en aluminium qui, étant bon conducteur, fait régner à sa surface une température de -50°C .

Système de chauffe

La source de chaleur a pour rôle de maintenir une température suffisante près de l'alcool de manière à ce qu'il puisse s'évaporer relativement vite.

Le système est un fil de métal alimenté en courant qui produit de la chaleur par effet joule. Nous avons donc choisi un métal possédant une bonne résistivité: le constantan.



Approvisionnement en alcool

Afin de faire fonctionner la chambre en continu, nous devons apporter de l'alcool au système. En effet le brouillard diminue au fur et à mesure que la source froide et les muons le poussent à se condenser.

Le contenant est un tissu imbibé d'alcool qui permet une évaporation rapide et l'approvisionnement est effectué à l'aide d'une seringue se trouvant à l'extérieur de la chambre.



Étanchéité

L'étanchéité est essentielle pour que l'alcool ne puisse pas sortir de la chambre et ainsi compromettre la sursaturation. C'est la raison pour laquelle nous avons choisi un aquarium préconstruit. Cependant les diverses modifications que nous lui avons apportées ont compromis cette étanchéité. Nous avons donc colmaté les trous et autres points de contact avec du silicone.

Pour finir, la sursaturation provoque une augmentation significative de la pression. Il nous a fallu imaginer un système composé d'équerres métalliques afin de maintenir la plaque supérieure en place.

