

Activité Ondes et particules

Provenance et détection des particules

1. La pluie céleste

Document 1

La physique des rayons cosmiques a bientôt un siècle. En 1912, le physicien autrichien Viktor Franz Hess démontre l'existence de radiations dont l'intensité augmente avec l'altitude. Il conclut à l'origine extraterrestre de ce rayonnement et reçoit le prix Nobel en 1936 pour cette découverte. On sait aujourd'hui que ce phénomène est provoqué par l'arrivée de particules énergétiques dans la haute atmosphère, principalement des protons (87%) et des noyaux atomiques (12%, essentiellement de l'hélium), mais aussi des électrons (1%), qui entrent en collision avec les noyaux des molécules de l'atmosphère. Les produits de ces collisions primaires heurtent à leur tour d'autres noyaux, produisant ainsi une gerbe de particules secondaires. Certaines parviendront jusqu'au sol, d'autres seront absorbées par l'atmosphère, et d'autres encore induiront de nouvelles réactions qui donneront naissance à des particules tertiaires, etc... Une seule particule cosmique très énergétique peut ainsi générer une gerbe contenant plusieurs milliards de particules. Ce phénomène a été mis en évidence pour la première fois en 1938 par le physicien français **Pierre Auger**.

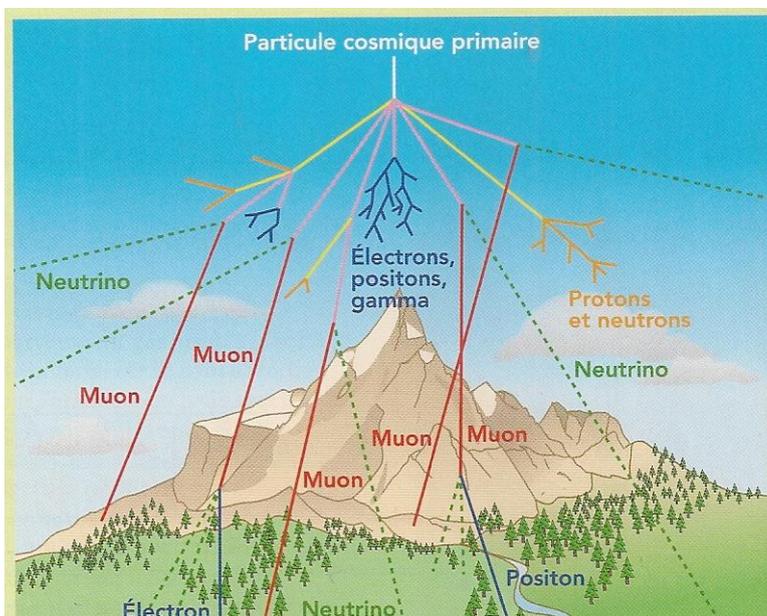
Mais pas la peine de sortir son parapluie cosmique : une grande partie de ce rayonnement est dévié par le champ magnétique terrestre et, de plus, il s'atténue considérablement en traversant l'atmosphère. Malgré

cette protection, notre corps est traversé par des centaines de particules chargées par seconde (le flux de ces particules est, en France, de 240 par m² et par seconde). Ces nombres augmentent lorsqu'on prend de l'altitude, par exemple lors d'un voyage en avion (c'est probablement la raison pour laquelle les pilotes portent toujours une casquette ☺). Aux particules chargées qui constituent en fait 10% de la radioactivité naturelle au niveau du sol, s'ajoutent des millions de milliards de neutrinos qui n'interagissent que très faiblement avec la matière et sont totalement inoffensifs.

Les rayons cosmiques proviennent de diverses sources et leur énergie varie dans de très grandes proportions. Nous savons aujourd'hui que le Soleil est en partie responsable du rayonnement observé sur Terre. Pendant les moments de grande activité – et surtout d'éruption – solaire, on remarque une hausse du taux de radiation sur des périodes pouvant aller de quelques heures à plusieurs jours, voire plusieurs semaines. Les particules d'origine solaires ont des énergies cinétiques allant de la dizaine à la centaine de MeV. Les rayons cosmiques les plus énergétiques sont d'origine extra-solaire, la majorité ayant des énergies cinétiques allant d'environ 100 MeV (ce qui correspond, pour des protons, à 43% de la vitesse de la lumière, soit 129 000 km/s) jusqu'à une dizaine de GeV (correspondant à 99,6% de la vitesse de la lumière).

Extrait de la revue « Élémentaire n° 3 » 2006

Document 2



Extrait du manuel Hachette TS

Questions

1. Quelle est la principale source de particules cosmiques sur Terre ?
2. Quelles sont les principales particules cosmiques primaires ?
3. D'où proviennent les muons observés à la surface de la Terre ?
4. Vérifier qu'un proton de 100 MeV à une vitesse d'environ 129 000 km/s. On rappelle la masse d'un proton $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg.
5. Calculer l'erreur relative sur ce calcul.

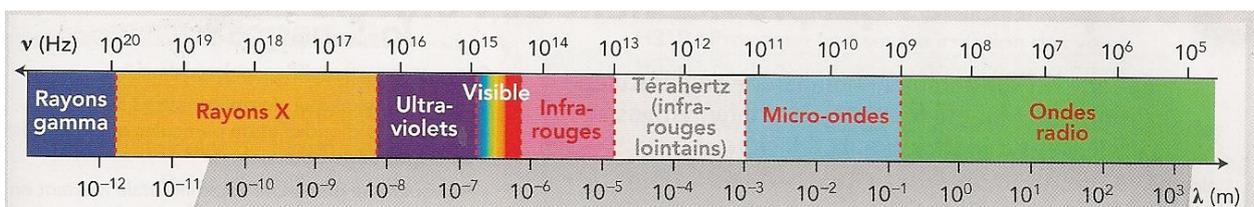
2. Absorption des rayonnements par l'atmosphère terrestre

L'observation des rayonnements électromagnétiques provenant de l'Univers nécessite des capteurs adaptés aux types de rayons et positionnés correctement pour pouvoir les capter.

Document 3

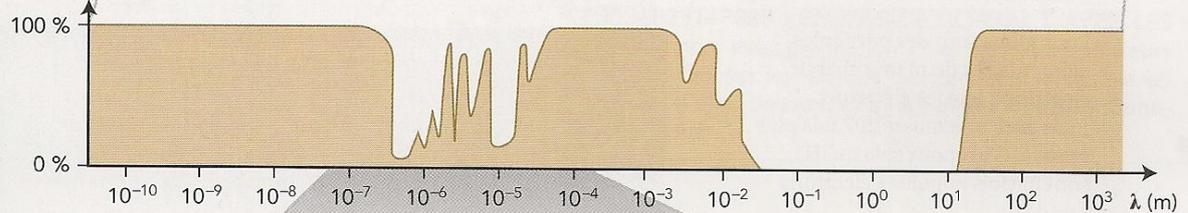
Les objets célestes « chauds » (quasars, naines blanches, étoiles chaudes) émettent une grande partie de leur rayonnement dans le domaine de l'UV. Les objets « froids » (comme les planètes, les étoiles jeunes, les nuages de poussière) émettent principalement dans le domaine de l'infrarouge. Pendant de nombreuses années, les astronomes ont été dans l'ignorance de ces rayonnements invisibles pour deux raisons :

- La technologie ne permettait pas de les détecter.
- Certains d'entre eux ne parviennent pas jusqu'à la surface de la Terre car ils sont absorbés par l'atmosphère.



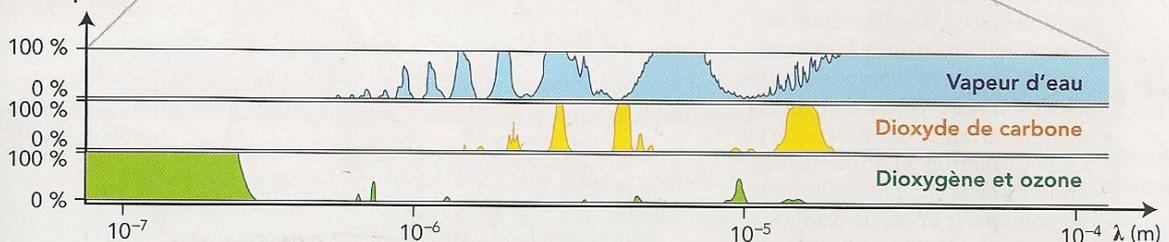
Spectre 1 Domaines des rayonnements électromagnétiques.

Absorption par l'atmosphère



Spectre 2 Absorption des rayonnements par l'atmosphère terrestre en fonction de leur longueur d'onde.

Absorption



Extrait manuel TS Hachette

Document 4

Télescope spatial Hubble lancé en 1990, en orbite à 600 km d'altitude environ.



Extrait du site futura-sciences.com

Questions

6. Quels sont les rayonnements difficilement observables depuis la Terre ?
7. Quels sont les objets célestes qui ne peuvent être vus à cause du dioxygène et de l'ozone présents dans l'atmosphère ?
8. Pourquoi peut-on installer un radiotélescope au niveau de la mer ?
9. Pourquoi certaines observations ont-elles été améliorées par l'utilisation de télescopes spatiaux comme Hubble ?

3. Un exemple de détecteur de particules, le compteur Geiger

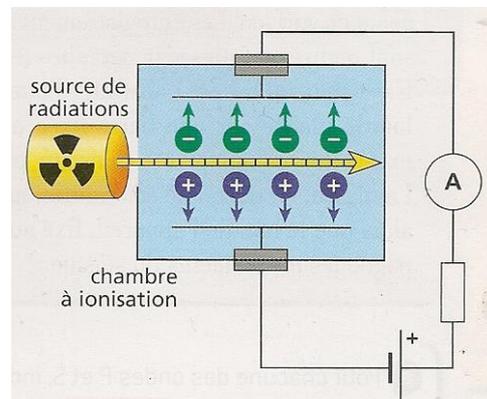
Document 5

Lors d'une éruption solaire, des particules (protons, ions, électrons, neutrinos) et des rayonnements (X, radio, γ) sont émis de la couche externe du Soleil pendant quelques secondes à quelques heures.

Les compteurs Geiger sont utilisés depuis 1942 pour détecter les particules β (électron et positron) et les rayonnements γ et X, même en très faibles quantités. Ils contiennent un tube rempli de gaz soumis à une tension électrique ; le flux ionisant reçu arrache des électrons aux molécules du gaz, le rendant conducteur et permettant la détection électrique.



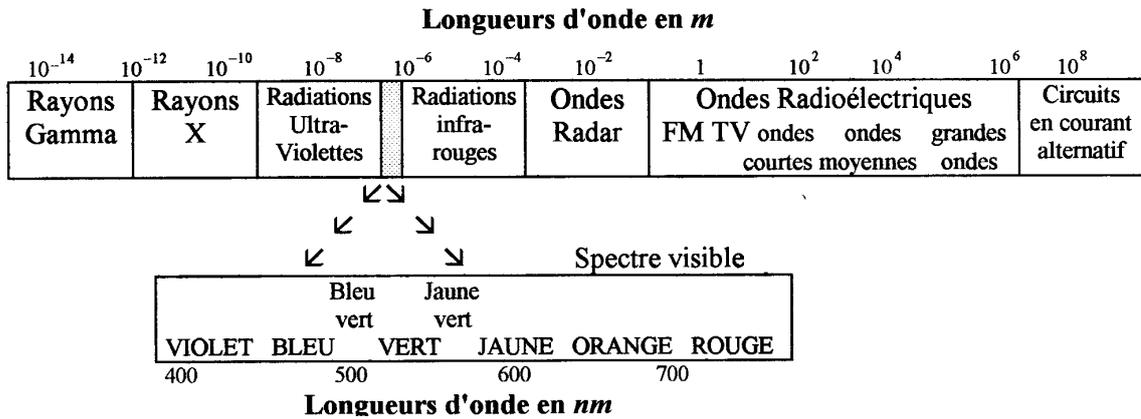
Eruption solaire



Modélisation du compteur Geiger

Extrait du manuel Hatier TS

Document 6



Extrait du site sciences.univ-nantes.fr

Questions

10. La photo du soleil dans le doc.5 renseigne-t-elle sur la composition du vent solaire issu de l'éruption ? A quelles informations l'étude des flux de particules et des rayonnements venant du Soleil permet-elle d'accéder ?
11. Quels rayonnements et particules émis par une éruption solaire sont détectés par le compteur Geiger ?
12. Quelles particules sont représentées par les signes + et - sur la figure du compteur ? Comment apparaissent-elles ?
13. A l'aide du document 3 (spectre 1) et d'une relation vue en première, justifier quels sont les rayonnements les plus énergétiques parmi ceux proposés dans cette activité.