

RAYONNEMENTS ET PARTICULES EN PROVENANCE DE L'UNIVERS

Au cours du XX^{ème} siècle, grâce aux progrès de l'observation et aux exploits de la conquête spatiale, le champ d'investigation de l'astronomie s'est étendu de la lumière visible à l'ensemble du spectre électromagnétique (voir doc.1), permettant de mieux comprendre l'Univers et les objets qui le constituent.

L'objectif de cette activité est d'étudier des détecteurs de rayonnements et de particules, ainsi que les informations que l'on peut en extraire.

Compétence travaillée : Savoir extraire et exploiter des informations

- Faire une première lecture globale des documents 1 à 5 et souligner les mots clés
- Répondre aux questions grâce à une lecture plus approfondie des documents pertinents et/ou en croisant les informations des différents documents
- Justifier toutes vos réponses en vous référant aux documents

Q1. Pour quels rayonnements du spectre électromagnétique l'observation au sol est-elle possible ? Quels types d'objets célestes sont ainsi observables ?

Q2. En astronomie, le domaine le plus favorable à la détection d'exoplanètes est l'infrarouge moyen (entre 1 μm et 10 μm).

- Pourquoi l'infrarouge est-il un domaine d'onde EM favorable à l'observation astronomique (cf doc. 2) ?
- Quel problème atmosphérique majeur empêche l'observation des infrarouges à la surface de la Terre ? Comment y remédier ?

c. Dans quel domaine spectral un corps noir émet-il le plus intensément à température ambiante ? (justifier avec un calcul grâce à la loi de Wien).

Quel problème pose cette émission pour la détection infrarouge ? Comment y remédier ?

Q3. Dans le domaine des UV, le photon incident est très énergétique. Il peut donc générer soit des réactions de photodissociation de molécule (rupture d'une liaison) qui libèrent de la chaleur après recombinaison des atomes, soit des réactions de photo-ionisation qui produisent des ions.

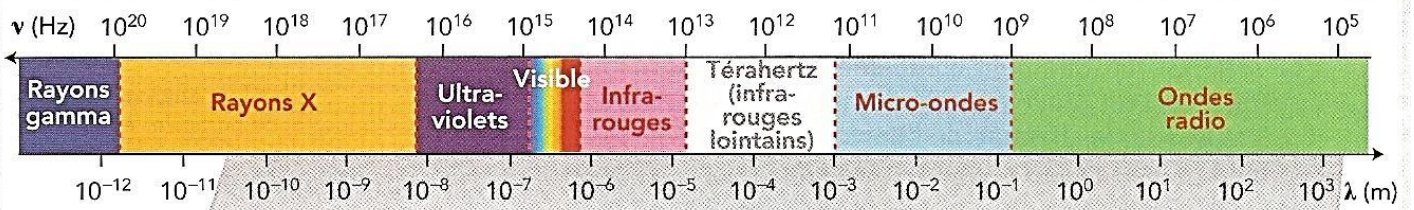
- Avec quelles molécules réagissent les UV ? Dans quelle couche de l'atmosphère ont lieu ces réactions ?
- L'observation des rayons X et UV est-elle alors donc possible au sol ? Comment remédier à ce problème ?

Q4. Les photons gamma, mille milliards de fois plus énergétiques que la lumière visible, proviennent des objets les plus « violents » de l'Univers.

- Citer un exemple d'objet « violent ».
- Pourquoi dit-on que le télescope HESS détecte indirectement les rayons gamma ?

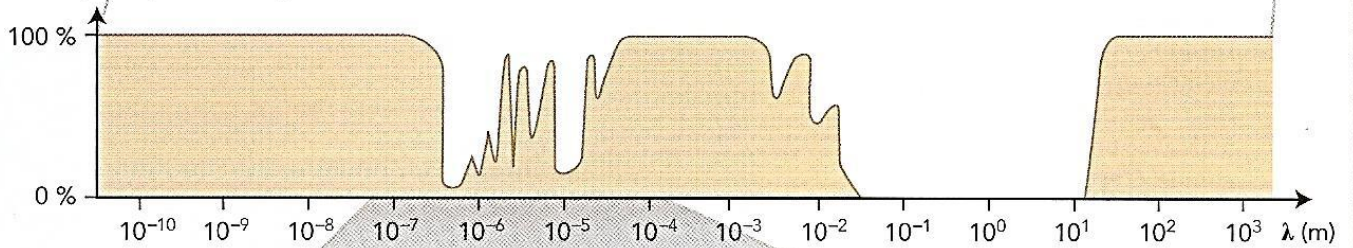
Q5. Comment détecter le rayonnement émis par le plasma des étoiles ? Faire une recherche internet et décrire succinctement son fonctionnement.

Document 1 : Le rayonnement électromagnétique et son absorption par l'atmosphère et quelques gaz



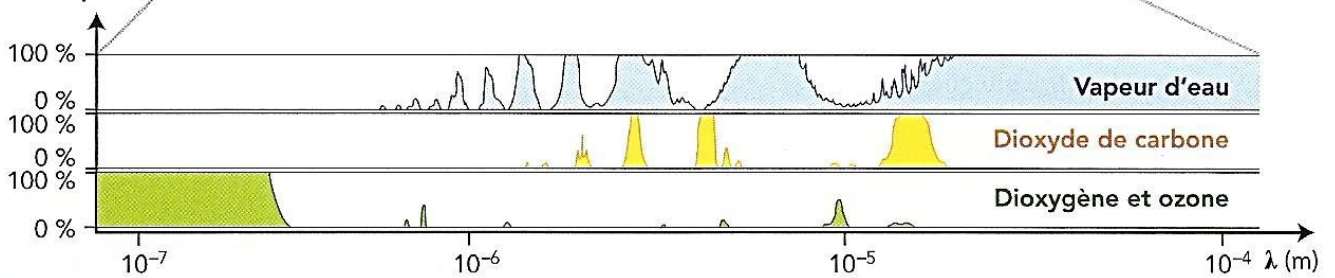
Spectre 1 Domaines des rayonnements électromagnétiques.

Absorption par l'atmosphère



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

Absorption



Spectre 3 Absorption des rayonnements par différents gaz de l'atmosphère.

Document 2 : Le télescope infra-rouge VISTA (source CNRS)

VISTA est le nouveau télescope infrarouge de l'ESO (European Southern Observatory) qui vient d'entrer en service à l'observatoire Paranal dans le désert d'Atacama (nord du Chili). C'est le plus grand télescope au monde dédié à la cartographie de l'Univers.

Au cœur de VISTA se trouve une caméra de 3 tonnes contenant 16 détecteurs spéciaux, sensibles au rayonnement infrarouge et représentant au total 67 millions de pixels. Le fait de pouvoir observer à des longueurs d'onde plus grandes que celles visibles par l'œil humain permet à VISTA d'étudier des objets qui sont autrement impossible à voir en lumière visible car trop froids, dissimulés derrière des nuages de poussière ou tellement éloignés que leur lumière a été décalée au-delà du visible du fait de l'expansion de l'Univers.

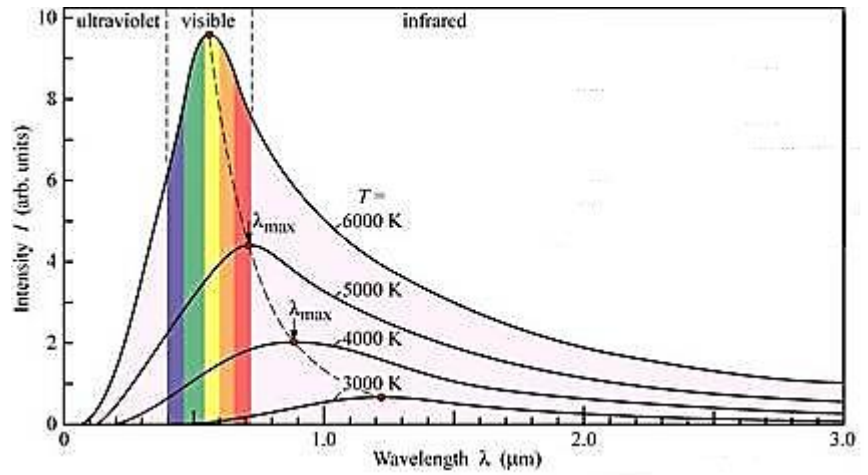


Pour éviter d'être submergée par le rayonnement infrarouge ambiant, la caméra doit être refroidie à -200 °C et est dotée de la plus grande fenêtre d'observation dans l'infrarouge jamais réalisée.

Document 3 : Wien's displacement law

Wien's displacement law states that the wavelength distribution of thermal radiation from a black body at any temperature has essentially the same shape as the distribution at any other temperature, except that each wavelength is displaced on the graph. The wavelength of the max of emission λ_{\max} is thus more shifted to the high values as temperature decreases :

$$\lambda_{\max} \times T = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m.K}$$



Document 4 : Le dispositif HESS

En astrophysique, **High Energy Stereoscopic System** (abrégé *H.E.S.S.*) est un réseau de télescopes destiné à l'étude des rayons gamma. Le nom souligne les deux principales caractéristiques de l'installation :

- l'observation simultanée de cascades de particules provoquées par les rayons gamma entrant dans l'atmosphère terrestre, sous différents angles de vue
- la combinaison de plusieurs télescopes en un seul système plus grand pour augmenter la surface effective de détection des rayons gamma.

H.E.S.S. est situé en Namibie, près de Gamsberg, une région bien connue pour son excellente qualité optique.



Document 5 : Les sources de rayonnements dans l'Univers

Rayonnement	Rayon γ	Rayons X (RX)	Ultra-violet (UV)	Visible	Infra-rouge (IR)	Micro-ondes	Ondes radio
Sources naturelles	Trous noirs, Etoiles à neutrons	Plasma des étoiles	Etoiles très chaudes	Etoiles	Objets stellaires « froids » ($T < 3000\text{K}$) ; poussières stellaires, planètes, astéroïdes	Big-bang	Voie lactée Galaxie lointaine
Sources artificielles	Tomographie d'émission (médecine)	Radiographie	Lampes de détection des faux billets, bronzage, révélation des chromatographie	-	Diodes infra-rouge (télécommande, systèmes sans fils) Chauffage domestique Etres vivants	Chauffage des aliments	Antennes de station radio, téléphones portables, Wi-Fi
Détecteurs	Compteur Geiger		Capteur CCD	Œil, capteur CCD	Bolomètre, pyromètre		Antennes