

RAYONNEMENTS DANS L'UNIVERS

I. Les sources de rayonnement

1. Qu'est ce qu'un rayonnement ?

En physique un rayonnement désigne la propagation d'énergie émise par une source

Dans l'univers, on distingue le **rayonnement de particules**, lorsque le déplacement d'énergie s'accompagne d'un déplacement de matière, et le **rayonnement électromagnétique** lorsque l'énergie se déplace seule.

2. Sources de rayonnement de particules

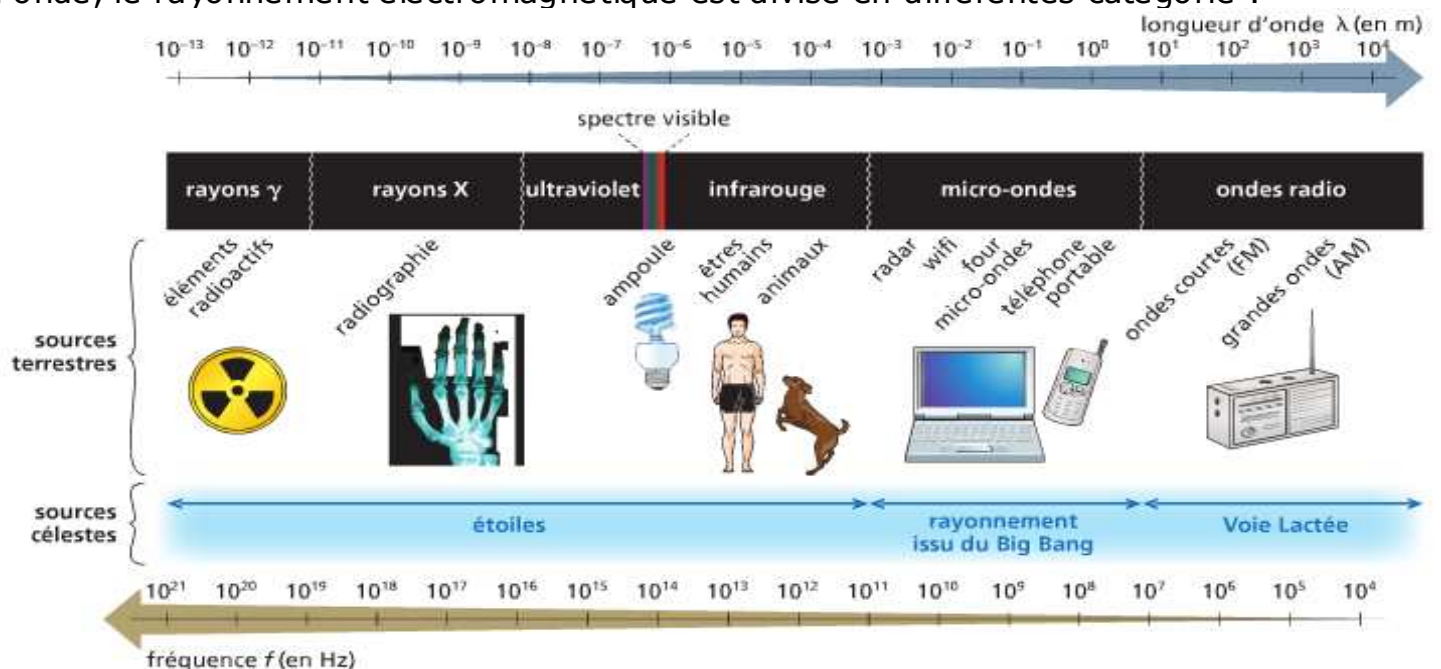
L'univers est parcouru par des noyaux ou des particules élémentaires (protons, électrons, neutrons, neutrinos...) se déplaçant à grande vitesse, c'est le rayonnement cosmique

Les sources de rayonnements de particules sont diverses et font l'objet de nombreuses études. A l'heure actuelle, les physiciens pensent qu'une partie de ces rayonnements ont pour origine les supernovas, explosions d'étoiles très massives en fin de vie. Ces particules subiraient ensuite différentes modifications au cours de leur voyage dans l'univers.

Sources	Particules
éruption solaire	proton
éruption solaire (faible quantité)	électron
réactions nucléaires type β^+	positron
tout émetteur de rayonnement	photon
explosion de supernovae	neutrino
réactions nucléaires	neutron
éruption solaire	α (noyau d'hélium)

3. Sources de rayonnement électromagnétique

Lorsque les particules émises sont des photons, on parle de rayonnement électromagnétique. Selon la quantité d'énergie qui se propage, et donc la longueur d'onde, le rayonnement électromagnétique est divisé en différentes catégories :



La lumière visible correspond aux rayonnements auxquels l'œil humain est sensible. Les rayonnements de plus grande énergie sont nommés gamma (γ), X et ultraviolet (UV). Les rayonnements de plus faible énergie sont nommés Infrarouge (IR), micro-onde et ondes radios

Le spectre électromagnétique regroupe, en fonction de leur énergie transportée, les différentes catégories de rayonnement électromagnétique.
 (Voir schéma ci-dessus)

→ Sources de rayonnements ultraviolets, infrarouge et radioélectrique

Rayonnement	Ultraviolet	Infrarouge	Radioélectrique
Longueur d'onde dans le vide	10 nm à 400 nm	750 nm à 1 mm	supérieures à 1 mm
Exemples de sources dans l'Univers	– étoiles très chaudes – nuages de gaz excités par des étoiles	objets « froids » (température inférieure à 3 000 K): poussières interstellaires, planètes, astéroïdes, etc	– hydrogène neutre des gaz interstellaires – radiosources lointaines – rayonnement fossile: rayonnement baignant tout l'Univers (résultat actuel du rayonnement thermique que l'Univers émettait au début de son évolution)
Exemples de sources dans la vie pratique	– Soleil: bronzage – décharge électrique dans de la vapeur de mercure: lampe UV (bronzage; détection de faux billets), lampes fluocompactes.	– diodes infrarouges: télécommandes – filaments de chauffage: chauffage domestique, dessiccation industrielle	émetteurs radio: antennes de stations radio, téléphones portables, appareils Wi-Fi

ces rayonnements sont fortement absorbés par l'atmosphère: l'observation se fait essentiellement avec des télescopes spatiaux

II. Détecter un rayonnement

1. Collecter, concentrer et détecter les rayonnements

Quelque soit le domaine du spectre électromagnétique observé, tous les instruments d'observation reposent sur un même principe :

Les dispositifs d'étude des rayonnements comportent une surface réceptrice qui intercepte les rayonnements pour les concentrer et les diriger vers un détecteur spécifique. Le détecteur transforme les rayonnements reçus en une grandeur physique mesurable

La grandeur physique délivrée par les détecteurs est généralement un courant électrique. Son acquisition et son traitement électronique permettent aux scientifiques d'enregistrer et d'exploiter les informations récoltées.

2. Détecteur de rayonnement de particules

La détection de particules peut s'effectuer en étudiant les effets de leurs interactions avec d'autres particules.

Les premiers détecteurs de particules permettaient de visualiser leur trajectoire. Les caractéristiques de ces trajectoires fournissaient des informations sur la charge et la masse des particules

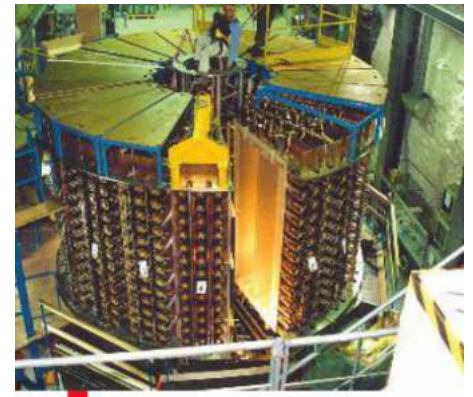


Fig. 4 Un détecteur de particules.

- **Exemple :** dans une chambre à brouillard, une particule chargée provoque la condensation de vapeur en minuscule goutte d'eau. Ce chapelet de goutte matérialise la trajectoire de la particule

3. Détecteur de rayonnement électromagnétique

- **La rétine** de l'œil est un détecteur naturel, capable de transformer les rayonnements qu'il capte en signaux électrique transmis au cerveau.
- **Une antenne** est un détecteur d'onde hertzienne
- **Les détecteurs électroniques** sont des détecteurs artificiels, qui exploitent la propriété qu'ont certains atomes à libérer les électrons lorsqu'ils sont soumis à des rayonnements. Les électrons libérés produisent alors un courant électrique mesurable

Les détecteurs artificiels exploitent l'effet photo électrique, c'est-à-dire la libération d'électron par certain matériaux exposés à un rayonnement.

A chaque type de détecteur de rayonnement est associée une sensibilité spectrale, qui identifie le domaine du spectre électromagnétique sur lequel il sera particulièrement adapté.

Exemple

Les capteurs CCD (Fig. 5) sont constitués d'un réseau de nombreuses cellules photoélectriques appelées pixels. Chacun de ces pixels produit un signal électrique qui dépend des caractéristiques du rayonnement reçu.

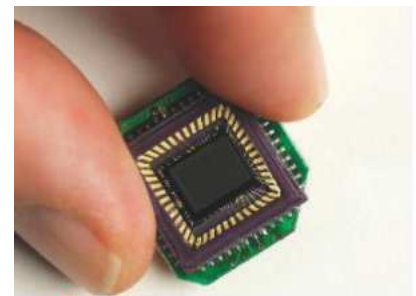


Fig. 5 Un capteur CCD, utilisé dans les appareils photographiques numériques, compte plus de 4 millions de pixels.

III. Contrainte d'observation des rayonnements

Pour pouvoir observer, il est indispensable que les rayonnements atteignent le détecteur : ils ne doivent donc être ni absorbés, ni déviés.

4. Interaction entre rayonnement et matière

Le rayonnement électromagnétique se propage sans support matériel, mais peut rencontrer de la matière.

Lors d'interaction matière/rayonnement, l'énergie transportée par le rayonnement peut être absorbée par la matière : ce phénomène est appelé absorption du rayonnement

Si toute l'énergie transportée par le rayonnement est absorbée, la matière rencontrée est dite opaque. A l'inverse, la matière est dite transparente si elle n'absorbe pas la totalité de l'énergie transportée par le rayonnement.

Exemple

Une valise est opaque pour les rayonnements visibles, mais transparente pour les rayonnements X. Cette propriété est utilisée pour contrôler le contenu des bagages (Fig. 6).



Fig. 6 Une valise observée en rayonnements X.

5. Les fenêtres atmosphériques

L'atmosphère terrestre est le nom de l'enveloppe gazeuse, composée de diverses substances chimiques, qui entoure notre planète

Avant d'atteindre la surface de la terre, les rayonnements de l'univers entrent en interaction avec ces substances.

- Les rayonnements X et UV vont être absorbés par les substances à bas d'azote et d'oxygène
- Les rayonnements de longueur d'ondes comprises entre $1\mu\text{m}$ et 1cm sont presque totalement absorbés par la vapeur d'eau et le dioxyde de carbone de l'atmosphère
- Les rayonnements de grande longueur d'onde sont absorbés par les espèces chimiques ionisées de la haute atmosphère

Les rayonnements capables de traverser l'atmosphère terrestre sans être absorbés appartiennent principalement aux domaines visibles et radio

Pour ces domaines de rayonnement, l'atmosphère est dite transparente. On parle de la fenêtre visible et de la fenêtre radio

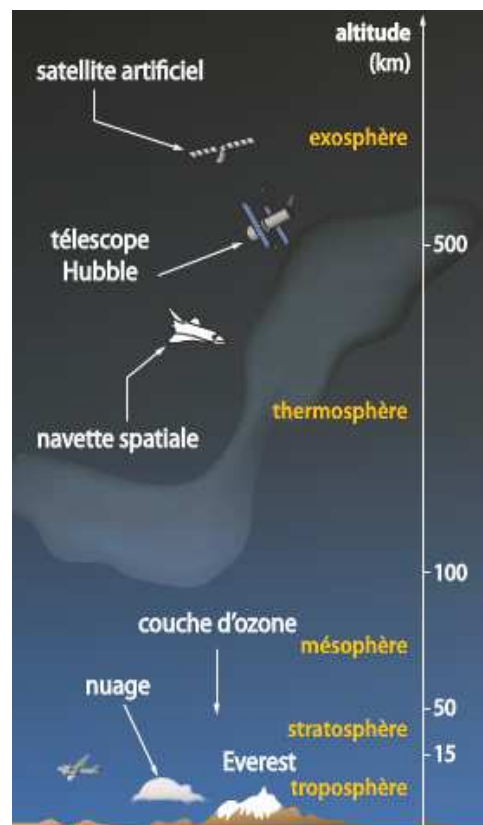
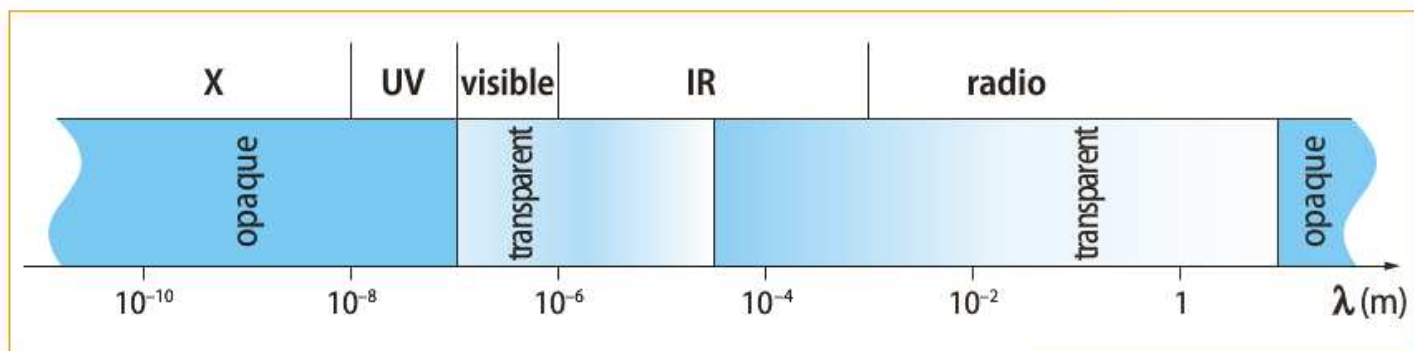
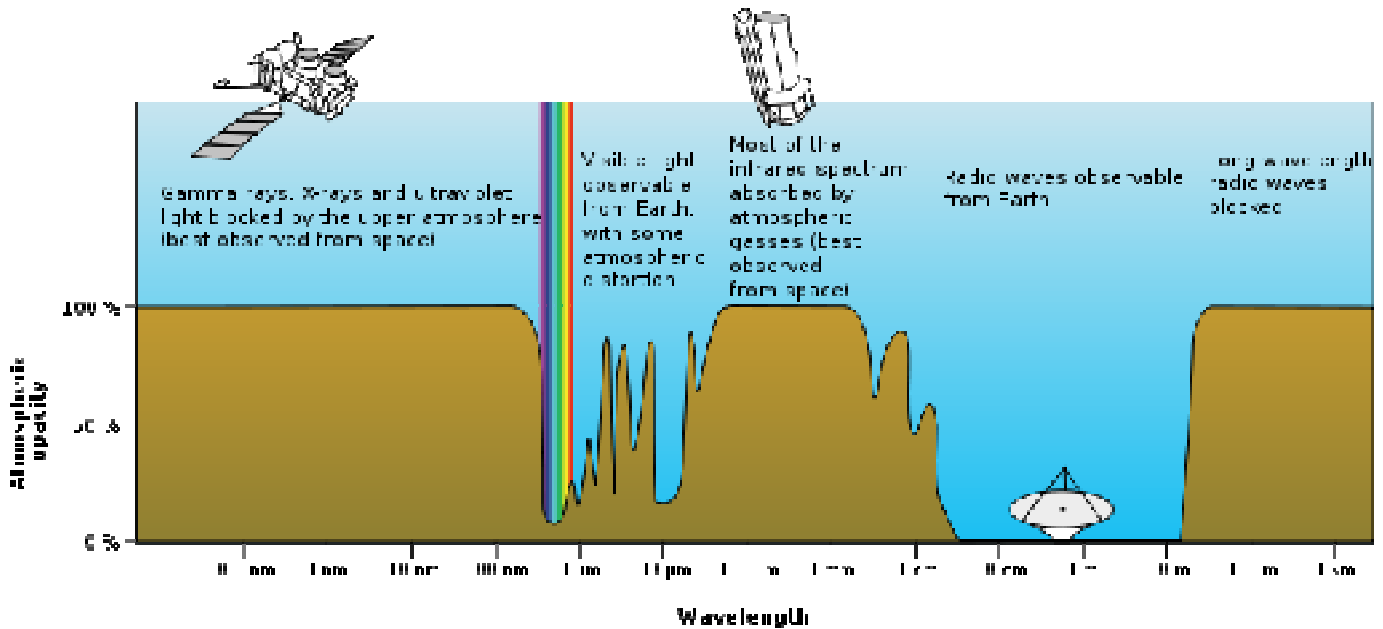


Fig. 7 Structure de l'atmosphère terrestre en fonction de l'altitude.



Il faut être capable de comprendre des graphiques du genre :



Sur lequel est représenté l'opacité de l'atmosphère terrestre en fonction de la longueur d'onde du rayonnement.

- On voit aisément que l'atmosphère ne laisse quasiment pas passer les rayonnements gamma, X et UV, nous sommes ainsi obligés d'envoyer des télescopes en orbite au-dessus de l'atmosphère terrestre pour observer les sources spatiales de tels rayonnements.
- Au niveau du visible et du proche infrarouge, on peut faire les observations de la terre. Par contre, ça se gâte franchement du côté de l'infrarouge et là encore, on utilise des télescopes spatiaux.
- Pour les micro-ondes et les ondes radio, pas de souci, on peut faire les observations de la surface du globe. Seul problème -récurrent en astronomie- la pollution liée aux installations humaines. Ainsi, les radiotélescopes sont installés dans le désert loin de l'activité humaine pour ne pas être parasités.
- Enfin, les ondes radio de grandes longueurs d'onde sont bloquées (c'est d'ailleurs ce qu'on utilise en radio pour propager des ondes tout autour du globe, c'est comme ça qu'on peut écouter radio pékin à Paris avec le poste radio de papy).

6. l'astronomie spatiale

Afin d'observer l'univers dans sa globalité, il est nécessaire de capter tous les rayonnements, y compris ceux qui sont absorbés par l'atmosphère terrestre à cet effet il faut donc utiliser des dispositifs d'observation positionnés au-dessus des couches absorbantes de l'atmosphère.

Les instruments d'observation ont donc d'abord été embarqués sur des avions ou des ballons sondes, avant d'être installés sur des satellites artificiels positionnés en orbite autour de la terre. Ils constituent des observatoires entièrement automatisés pouvant fonctionner pendant de longues périodes.

Exemple

Le télescope spatial Hubble, lancé par la NASA en 1990, est en orbite autour de la Terre à environ 500 km d'altitude. Il livre encore des images de l'Univers d'une qualité exceptionnelle (Fig. 9).

L'avènement de l'astronomie spatiale a permis de dépasser les limites imposées par l'atmosphère terrestre et d'ouvrir de nouvelles « fenêtres » sur les objets de l'univers

Exemple

Le satellite européen Gaia, lancé en 2013, doit permettre de repérer les positions de nombreuses exoplanètes (planètes se trouvant hors de notre système solaire).



Fig. 9 La galaxie NGC 3370 vue par le télescope spatial Hubble.

