

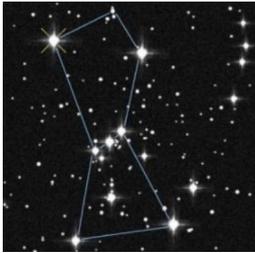
Activité 1 Observer « l'invisible » permet de mieux comprendre l'Univers

DOCUMENTS

Document 1 : YouTube « Les rayonnements cosmiques »

[Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire – IRSN](#)

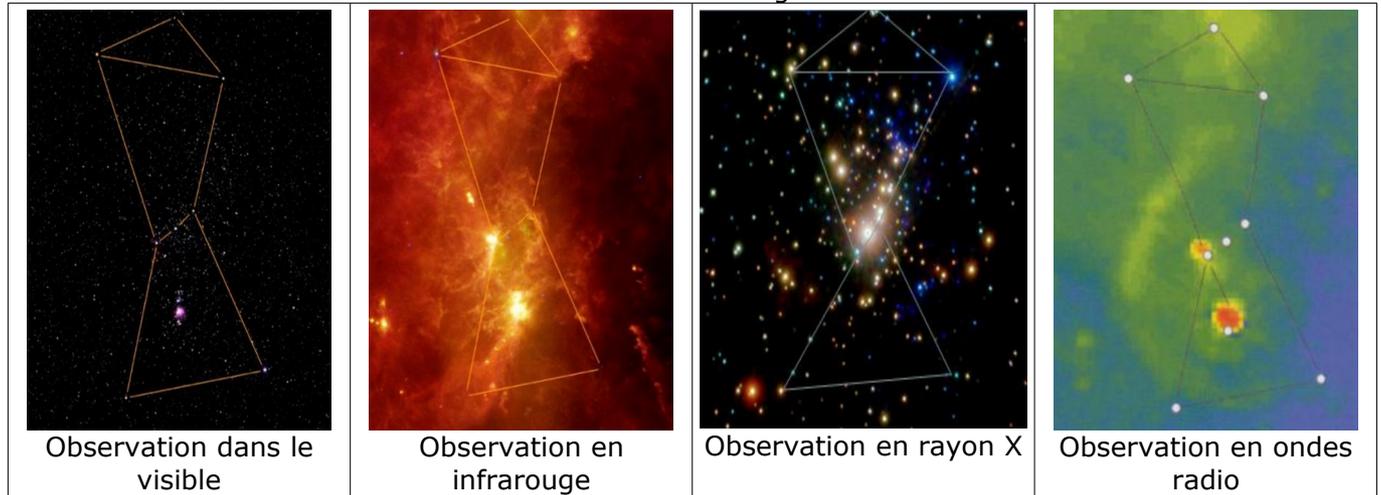
Document 2 : La constellation d'Orion révèle ses secrets...



On s'intéresse à une région de la voûte céleste bien connue des astronomes amateurs et du grand public : Orion, « le grand chasseur » (ci-contre). Elle est facile à repérer en raison de ses étoiles très brillantes et de sa forme caractéristique (un sablier).

Il ne faut pas oublier que les 8 étoiles qui la composent ne sont pas liées entre elles, et sont d'ailleurs très éloignées les unes des autres. Orion est riche d'étoiles colorées comme la rouge Bételgeuse et Rigel la bleutée. Ces couleurs sont bien visibles à l'œil nu, même dans les villes malgré la pollution lumineuse. Cette constellation englobe la plus célèbre nébuleuse, M42, la nébuleuse d'Orion.

Observations de la constellation d'Orion à différentes longueurs d'onde :



L'image obtenue en rayons X nous semble à la fois étrange et familière : un joli coin du ciel, certes, mais est-ce vraiment le chasseur ? On peut à peine distinguer le triplé de la ceinture ! Les autres objets du ciel sont plus difficiles à identifier : étoiles binaires (très chaudes et rapides), les étoiles à neutrons, ... génèrent un intense rayonnement X, mais assez peu de lumière visible. On distingue donc des étoiles en fin de vie, générant des phénomènes de haute énergie.

En infrarouge, c'est la poussière qui se montre. Au cœur de la nébuleuse d'Orion naissent en ce moment des milliers d'étoiles, et leur lumière réchauffe le cocon de gaz et de poussières qui les entoure, et dont elles sont issues. Ce cocon n'atteint pas des températures très élevées, tout au plus quelques centaines de degrés Celsius, mais qui lui permettent toutefois d'émettre de grandes quantités de rayonnement infrarouge.

Aux longueurs d'onde radio, on découvre notamment la distribution de l'hydrogène froid dans la région, mais aucune étoile (les points ont été ajoutés pour mieux distinguer la constellation) !

On le voit immédiatement, l'Univers montre un tout autre visage selon la longueur d'onde à laquelle il est observé, et c'est pourquoi les nouvelles astronomies connaissent aujourd'hui un tel engouement.

Questions

1. Rappeler les longueurs d'onde limites du spectre visible de la lumière : donner les couleurs correspondantes.
2. Identifier quelques sources de rayonnement X dans l'univers.
3. Qu'apporte l'observation du ciel en infrarouge ? aux longueurs d'ondes radio ?

4. A partir de la loi de Wien, étudiée en Première, et de la phrase suivante du texte « ce cocon n'atteint pas des températures très élevées, tout au plus quelques centaines de degrés Celsius », justifier qu'il faille observer le gaz interstellaire dans les infrarouges.

Loi de Wien :

On rappelle la loi de Wien qui relie la température T en Kelvin du corps chaud et la longueur d'onde du maximum d'intensité λ_{max} en mètre : $\lambda_{max} \times T = \text{constante de Wien} = 2,9 \times 10^{-3} \text{ m.K}$

5. Conclusion : expliquer le titre de l'activité.

Document 3 : instruments d'astronomie



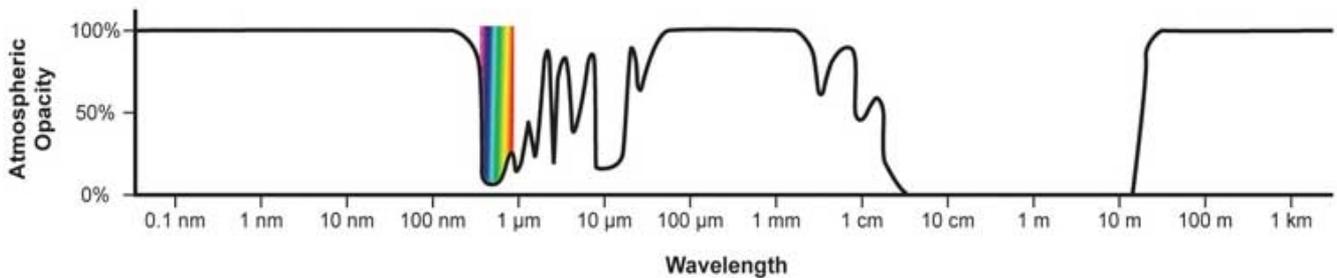
Les lunettes astronomiques et les télescopes permettent de capter et d'enregistrer le rayonnement émis par les étoiles. Ces instruments permettaient dans un premier temps d'observer que les rayonnements visibles. Au XXe siècle, l'électronique fait son apparition : on utilise alors des photodétecteurs plus sensibles que les pellicules photo pour enregistrer une plus grande gamme de rayonnements (UV et IR) reçus par l'instrument.



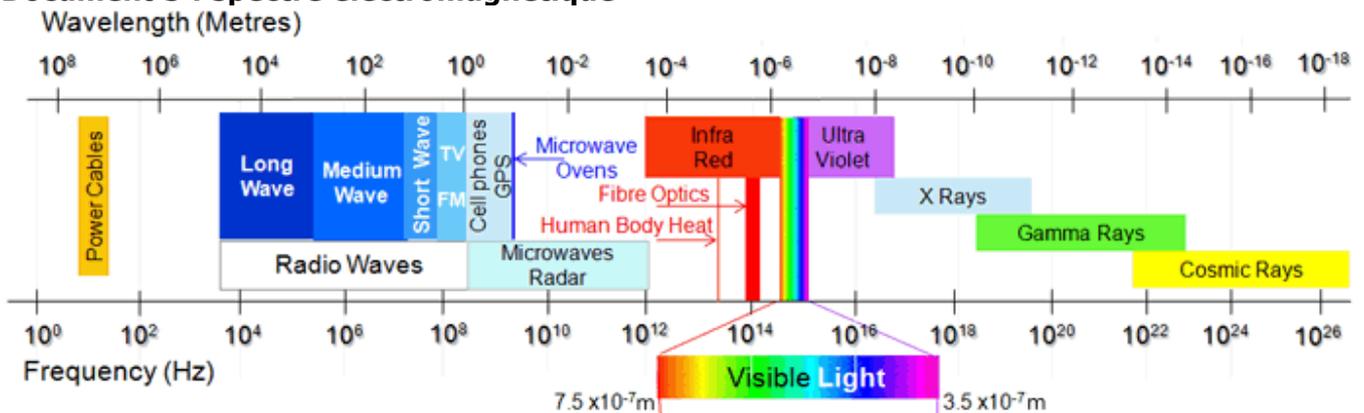
Pour étudier les autres domaines de rayonnements électromagnétiques, d'autres instruments de mesure sont utilisés, comme les radiotélescopes. Ces appareils détectent et analysent les rayonnements radio issus des astres.

La pollution d'ondes radio due à l'activité humaine est le principal inconvénient de cette technique. C'est la raison pour laquelle, on installe le plus souvent possible les radiotélescopes dans les zones désertiques ou rurales, loin de toute activité humaine et de préférence dans des « cuvettes ».

Document 4 : rayonnements détectables depuis la Terre



Document 5 : spectre électromagnétique



Document 6 : composition de l'atmosphère terrestre

L'atmosphère est constituée de gaz à concentration constante (azote N_2 : 78,1%, oxygène O_2 : 21,8%, argon Ar : 0,9%) et de gaz dont la concentration varie localement et au cours du temps, comme la vapeur d'eau H_2O , le dioxyde de carbone CO_2 , le méthane CH_4 , le protoxyde d'azote N_2O , les chlorofluorocarbones CFC ou l'ozone O_3 .

Chacune de ces molécules de gaz de l'atmosphère émet ou absorbe le rayonnement à des longueurs d'onde sélectives, faisant ainsi « vibrer » ou « mettre en rotation » les molécules.

Les longueurs d'onde pour lesquelles le rayonnement électromagnétique est peu ou pas absorbé constituent ce que l'on appelle les fenêtres de transmission atmosphériques.

Questions :

6. Une onde électromagnétique peut-elle se propager dans le vide ? Si oui, quelle est la valeur de cette vitesse dans le vide ? Comment nomme-t-on cette « vitesse » ?
7. En vous aidant des documents, préciser la nature des rayonnements qui peuvent traverser facilement l'atmosphère terrestre.
8. Pourquoi y-a-t-il des « bandes » de longueurs d'onde de lumière absorbées ?
9. En déduire les rayonnements détectables depuis la Terre et, les rayonnements non détectables depuis la Terre.
10. Comment observer les rayonnements non détectables depuis la Terre ?
11. Donner des exemples d'ondes radio issues de l'activité humaine pouvant perturber la radiodétection.

Document 7 : La Terre reçoit un flot incessant de particules de grande énergie

En 1912, on découvre que la Terre reçoit en permanence un rayonnement ionisant provenant de l'espace. Ce **rayonnement cosmique** est constitué de particules chargées de grande énergie en provenance du Soleil ou d'astres lointains (particules galactiques ou extragalactiques). Dans le « vide » spatial, ce rayonnement est surtout constitué de protons et de noyaux d'hélium. Au voisinage de la Terre, ces particules sont déviées par la **magnétosphère**. Si leur énergie est insuffisante, elles ne peuvent pas atteindre l'atmosphère, sauf dans les régions polaires où les lignes de champ s'incurvent vers la surface terrestre. C'est le cas pour les particules solaires, tandis que les particules galactiques, plus énergiques, ne sont pas arrêtées par le champ magnétique terrestre.

Lorsqu'une particule du rayonnement cosmique atteint les couches supérieures de l'atmosphère, elle interagit avec les atomes voisins en perturbant leur nuage électronique, en arrachant des électrons ou en provoquant des **réactions nucléaires**. Les aurores polaires proviennent de la désexcitation des atomes ou des molécules de l'air, excités ou ionisés par les particules solaires. Si l'énergie apportée par la particule est suffisante, les produits de ces transformations interagissent à leur tour avec le milieu et il se produit finalement une « gerbe » de particules secondaires qui finissent par atteindre le sol (figure 1). Les particules d'origine solaire sont issues de réactions nucléaires produites au sein de notre étoile. Elles sont donc des témoins du fonctionnement interne du Soleil. Les autres, dont l'origine est encore mal connue, sont probablement les conséquences de phénomènes déployant des énergies considérables dans l'Univers lointain, l'action d'un trou noir ou l'explosion d'une supernova par exemple.

Les rayons cosmiques ont constitué une source de diverses particules très utile aux physiciens s'intéressant à la structure intime de la matière. Ils l'exploitent encore dans leurs recherches mais ils disposent maintenant des accélérateurs de particules. Dans ces appareils, des particules accélérées par des champs électriques et guidées par des champs magnétiques sont violemment projetées les unes contre les autres. Ces chocs donnent naissance à des gerbes de particules et c'est en examinant les résultats que l'on peut comprendre le fonctionnement de la matière.

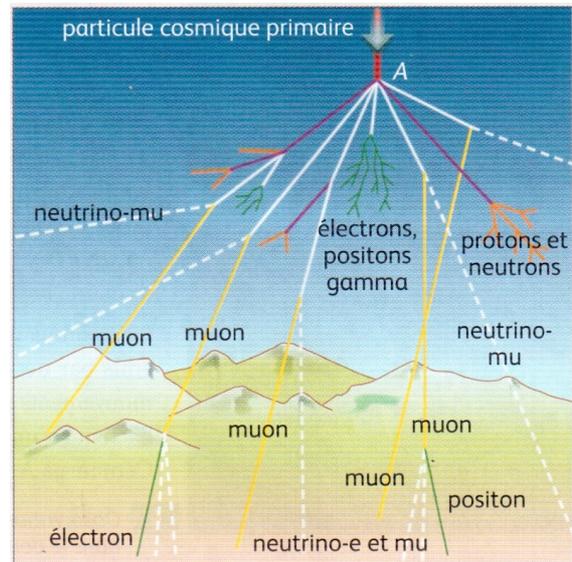


Fig. 1 Gerbes de particules issues du rayonnement cosmique

Questions :

12. À l'aide d'une recherche, expliquer les expressions surlignées du texte.
13. Quelle information du texte est illustrée par la figure 1 ? Que se passe-t-il au point noté A ?
14. Trouver des avantages aux accélérateurs de particules par rapport aux rayons cosmiques pour réaliser des expériences avec des particules.
15. Conclure. Quelles informations scientifiques les chercheurs peuvent-ils attendre de l'étude des particules cosmiques ? Même question pour les particules produites dans les accélérateurs.

La détection de particules s'effectue directement ou grâce aux effets de leurs interactions avec la matière.

Exemples :

- La chambre à brouillard (éthanol très froid) pour détecter les particules (alpha, beta et muons). <http://lfibsciences.weebly.com/chap-1-les-rayonnements-dans-lunivers.html>
- Les électrons ionisent la matière ou créent un courant électrique dans un circuit.
- Le rayonnement cosmique interagit avec l'atmosphère terrestre. Il se forme alors une gerbe de particules secondaires que l'on peut détecter au sol.

Activité 1 Observer « l'invisible » - CORRECTION

- Rappeler les longueurs d'onde limites du spectre visible de la lumière : donner les couleurs correspondantes.
Radiation rouge : $\lambda = 800 \text{ nm}$
Radiation violette : $\lambda = 400 \text{ nm}$
- Identifier quelques sources de rayonnement X dans l'univers.
Les étoiles à neutrons, les étoiles binaires ou les supernova (explosion d'étoile) sont des sources de rayonnements X. On constate ainsi que ces rayons sont émis par des sources d'énergies élevées.
- Qu'apporte l'observation du ciel en infrarouge ? aux longueurs d'ondes radio ?
L'observation dans l'infrarouge permet d'obtenir des informations sur les astres peu chauds, nébuleuse (poussières où naissent les étoiles) par exemple.
Les ondes radio sont émises par des corps froids tel que l'hydrogène. En observant ces ondes on obtient des informations sur la matière invisible à l'œil nu présente entre les étoiles.
- A partir de la loi de Wien, étudiée en Première, et de la phrase suivante du texte « ce cocon n'atteint pas des températures très élevées, tout au plus quelques centaines de degrés Celsius », justifier qu'il faille observer le gaz interstellaire dans les infrarouges.
Un cocon de 100°C émet des radiations dont la longueur d'onde est principalement :
$$\lambda_{\text{max}} = \frac{2,9 \times 10^{-3}}{T} = \frac{2,9 \times 10^{-3}}{373,15} = 7,8 \times 10^{-6} \text{ m}$$
 soit environ 7800 nm.
Cette longueur d'onde appartient au domaine des IR.
- Conclusion : expliquer le titre de l'activité.
L'observation des rayonnements invisibles à l'œil nu et émis par l'Univers permet d'en connaître sa composition, sa structure et son fonctionnement.
- Une onde électromagnétique peut-elle se propager dans le vide ? Si oui, quelle est la valeur de cette vitesse dans le vide ? Comment nomme-t-on cette « vitesse » ?
Une onde électromagnétique peut se propager dans le vide à sa vitesse maximale de propagation, appelée « célérité » : $c = 300\,000 \text{ km.s}^{-1}$
- En vous aidant des documents, préciser la nature des rayonnements qui peuvent traverser facilement l'atmosphère terrestre.
D'après le doc 4 les rayonnements visibles, une partie des IR et une grande partie des ondes radio traversent l'atmosphère.
- Pourquoi y-a-t-il des « bandes » de longueurs d'onde de lumière absorbées ?
Doc. 6 : Les éléments chimiques de l'atmosphère absorbent des rayonnements électromagnétiques.
- En déduire les rayonnements détectables depuis la Terre et, les rayonnements non détectables depuis la Terre.
Seuls les rayonnements visibles et les ondes radios sont détectables depuis la surface de la Terre avec des télescopes et des radio télescopes.
- Comment observer les rayonnements non détectables depuis la Terre ?
En se plaçant au dessus de l'atmosphère, on observe ces rayonnements à l'aide de satellite.
- Donner des exemples d'ondes radio issues de l'activité humaine pouvant perturber la radiodétection.
La téléphonie, le wi-fi, le Bluetooth, la TV satellite sont des ondes radio capables de perturber les radiotélescope.
- À l'aide d'une recherche, expliquer les expressions surlignées du texte.
Le rayonnement cosmique est un flux de particule provenant de l'Univers et plus particulièrement du Soleil.

La magnétosphère est région créée par le champ magnétique terrestre.
Les réactions nucléaires sont des transformations du noyau atomique.

13. Quelle information du texte est illustrée par la figure 1 ? Que se passe-t-il au point noté A ?
La fig. 1 illustre les différentes transformations nucléaires qui suivent après l'impact d'une particule cosmique avec un élément chimique de l'atmosphère au point A.

14. Trouver des avantages aux accélérateurs de particules par rapport aux rayons cosmiques pour réaliser des expériences avec des particules.

Les accélérateurs de particules permettent de reproduire des transformations nucléaires à petite échelle tout en contrôlant les différents paramètres de la transformation.

15. Conclure. Quelles informations scientifiques les chercheurs peuvent-ils attendre de l'étude des particules cosmiques ? Même question pour les particules produites dans les accélérateurs.

L'étude des particules cosmiques et celles des accélérateurs permet de mieux comprendre la composition et la structure des noyaux atomiques