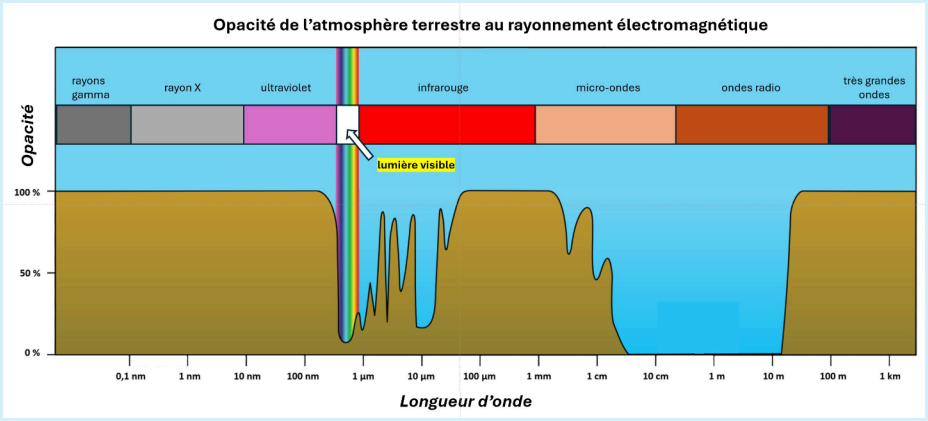
Comment observe-t-on l'Univers ?

Il n'y a que 4 possibilités scientifiques pour observer le Cosmos. Chacune a son intérêt, chacune a ses inconvénients. Elles sont toutes précieuses et complémentaires.

• **Les vaisseaux spatiaux.** Ils peuvent observer les objets de notre système solaire sous toutes leurs faces, peuvent s'en **approcher de très près** (à l'exception du Soleil), s'y poser et même en rapporter des échantillons. Ils nous ont montré, par exemple, que l'eau liquide (considérée comme un ingrédient essentiel de la vie) est présente sur des satellites de Jupiter et de Saturne.

La limite de ces vaisseaux ou sondes spatiales est qu'**il n'est pas envisageable à court terme qu'ils puissent sortir du système solaire.** Il faut une dizaine d'année pour atteindre la ceinture de Kuiper, située à l'extérieur du système planétaire. Quant au Nuage de Oort, qui marque la limite de l'influence gravitationnelle du Soleil, il faut 300 ans pour s'y rendre et 30 000 ans pour le traverser… Et évidemment, à moins de les congeler d'éventuels voyageurs ou de les mettre en léthargie profonde, toutes ces distances sont incompatibles avec a durée de vie humaine.

• **Le rayonnement électromagnétique,** dont le spectre visible (du bleu au rouge) n'est qu'une toute petite partie, s'étend des rayons gamma, les rayons X, l'ultraviolet, la lumière visible, l'infrarouge, les micro-ondes, jusqu'aux ondes radio. Des ondes allant d'une très grande énergie à des ondes de très faible énergie.



Les télescopes au sol et ceux dans l'espace permettent de capter ces ondes. Ils peuvent aussi être associés en réseaux interférométriques. Ceci constitue la principale source de données des scientifiques, car elle **permet** non seulement d'obtenir **une image** des objets célestes, mais également **leur vitesse par rapport à nous.** Cependant déterminer leur mouvement est plus compliqué parce que seule l'une des composantes de la vitesse (dans la ligne de visée) est accessible.

Les vitesses sont mesurées par l'effet Doppler-Fizeau. Pour la lumière, c'est une analogie d'un effet sonore bien connu : le changement de fréquence du sifflet d'un train, paraissant plus aigu lorsqu'il se rapproche de nous et plus grave lorsqu'il s'éloigne. De la même manière, la lumière est plus bleue lorsqu'un objet céleste de rapproche de nous, et plus rouge lorsqu'il s'éloigne.

L'astrophysique a besoin d'observatoires spatiaux parce que **la turbulence atmosphérique limite la résolution angulaire des observations terrestres**, mais aussi parce que **l'atmosphère bloque la plus grande partie du spectre électromagnétique** : les rayons gamma et X ainsi que l'ultraviolet jusqu'à à 0,3 micron, l'infrarouge (à l'exception de rares "fenêtres") et les micro-ondes. Il en est de même pour les longues longueurs d'onde. Finalement l'atmosphère n'est transparente qu'à la lumière visible et aux ondes radio entre 20 MHz et 300 GHz (1mm à 15 m de longueur d'onde).

• **Les neutrinos*.** Ces particules ont une masse très très petite (jamais encore mesurée) et ne sont donc **pas sensibles à la gravitation et n'interagissent presque pas avec la matière**. Les neutrinos n'ayant aucune charge électrique, ne sont ni déviés, ni bloqués par les champs magnétiques. Ils voyagent sans entrave dans l'Univers. Aujourd'hui, la plupart des neutrinos observés sont de basse énergie (< 20 MeV) et proviennent du Soleil et des étoiles *supernovae*. Certains observatoires** (situés sous l'eau ou la glace) détectent des neutrinos plus énergétiques provenant du centre des galaxies ou des trous noirs. Le neutrino le plus énergétique (220 PeV) a été observé en 2023. Il provenait vraisemblablement d'une galaxie très active, un *blazar*, abritant un trou noir supermassif.

L'astronomie des neutrinos n'en est qu'à son début. D'abord, peu sont détectés en dehors du Soleil (10 000 par an) : moins d'un par jour provenant de l'Univers lointain. De plus la résolution angulaire de la détection reste faible (quelques degrés, soit plusieurs fois le diamètre de la Lune vue de la Terre). En fait on connaît mieux l'énergie des neutrinos astrophysiques que leur position.

• **Les ondes gravitationnelles** sont prévues par la théorie de la relativité générale, qui énonce que **les masses déforment la géométrie de l'espace-temps**. Lorsque ces masses sont importantes, cette déformation crée en fait des ondes qui se déplacent à la vitesse de la lumière. Ainsi la fusion de deux trous noirs, la collision d'étoiles très denses (étoiles à neutrons), l'explosion de *supernovae* génèrent des ondes gravitationnelles.

Mesurer ces déformations engendrées dans l'espace-temps terrestre est difficile. Les observatoires d'ondes gravitationnelles sont de gigantesques interféromètres laser de plusieurs kilomètres de long. En 2025, pour la première fois, un signal a été détecté sans ambiguïté (rapport signal. bruit > 80) issu d'une collision située à 1,4 milliard d'années-lumière, provenant de la fusion de deux trous noirs.

* Voir notre billet No 11
** Voir notre billet No 38