

Cours

INITIATION

Société Astronomique de Lyon

La lumière

ou plutôt

Les "lumières"

Qu'est ce que la "lumière" ?

La lumière, au sens habituel, est considérée comme une

Onde Électro-Magnétique (OEM)

c.à.d

l'association d'un *champ électrique*

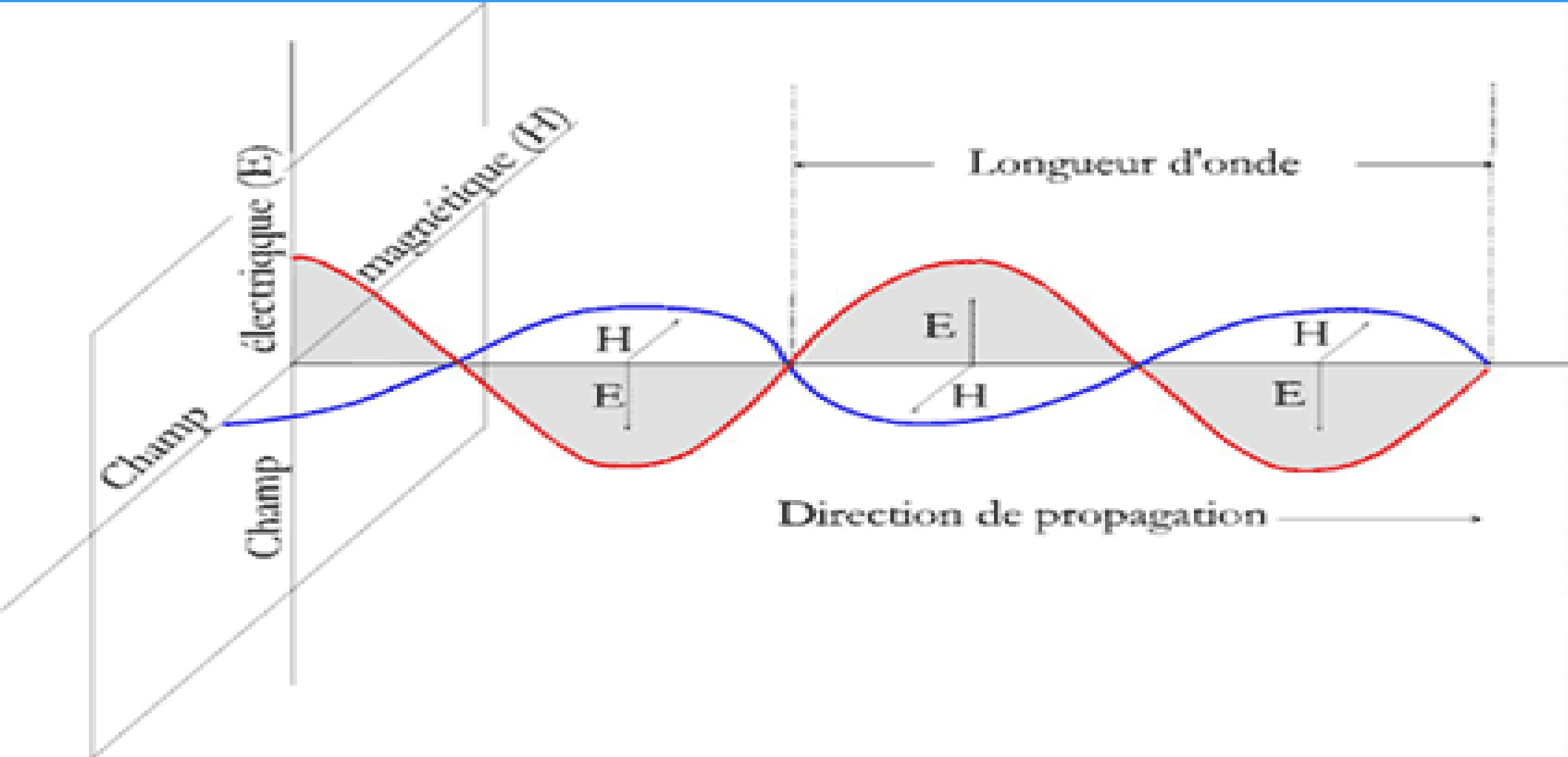
et d'un *champ magnétique*

Ces champs, perpendiculaires entre eux et perpendiculaires à

la direction de propagation, sont oscillants et se propagent

à $\sim 300\,000 \text{ km.s}^{-1}$ (dans le vide) .

($299\,792\,458 \text{ m.s}^{-1}$)



Période = temps mis pour parcourir une longueur d'onde

(se mesure en secondes - s -)

Fréquence = nombre d'oscillations / seconde

(se mesure en Hertz - Hz -)

mais.....

Elle peut aussi se comporter comme une particule :

le photon

Onde

Thomas YOUNG

Augustin FRESNEL

Clerk MAXWELL

Particules

Max PLANCK

Albert EINSTEIN

Isaac NEWTON

Dualité

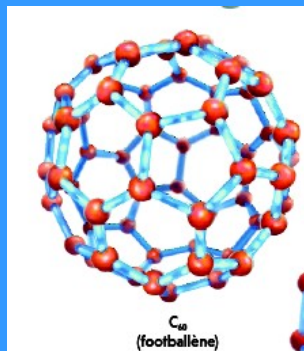
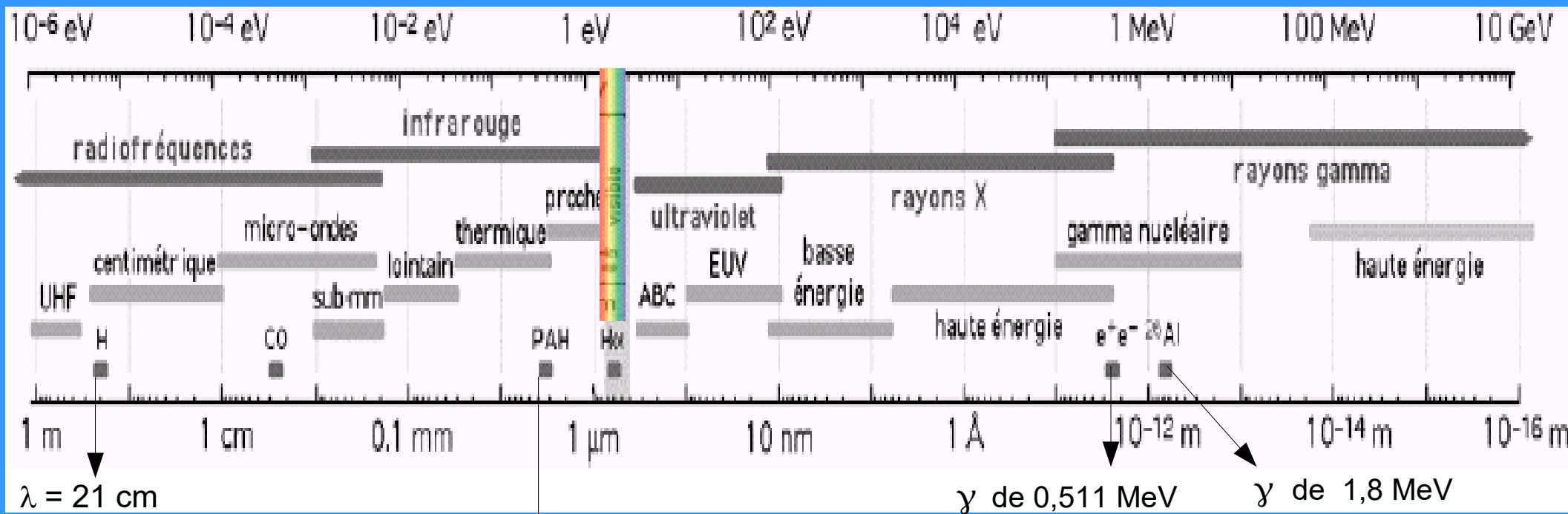
Albert EINSTEIN

Louis de BROGLIE

Dans ce cours on ne prendra en compte que l'aspect électromagnétique ondulatoire.

Quelle est la place du visible au sein des OEM ?

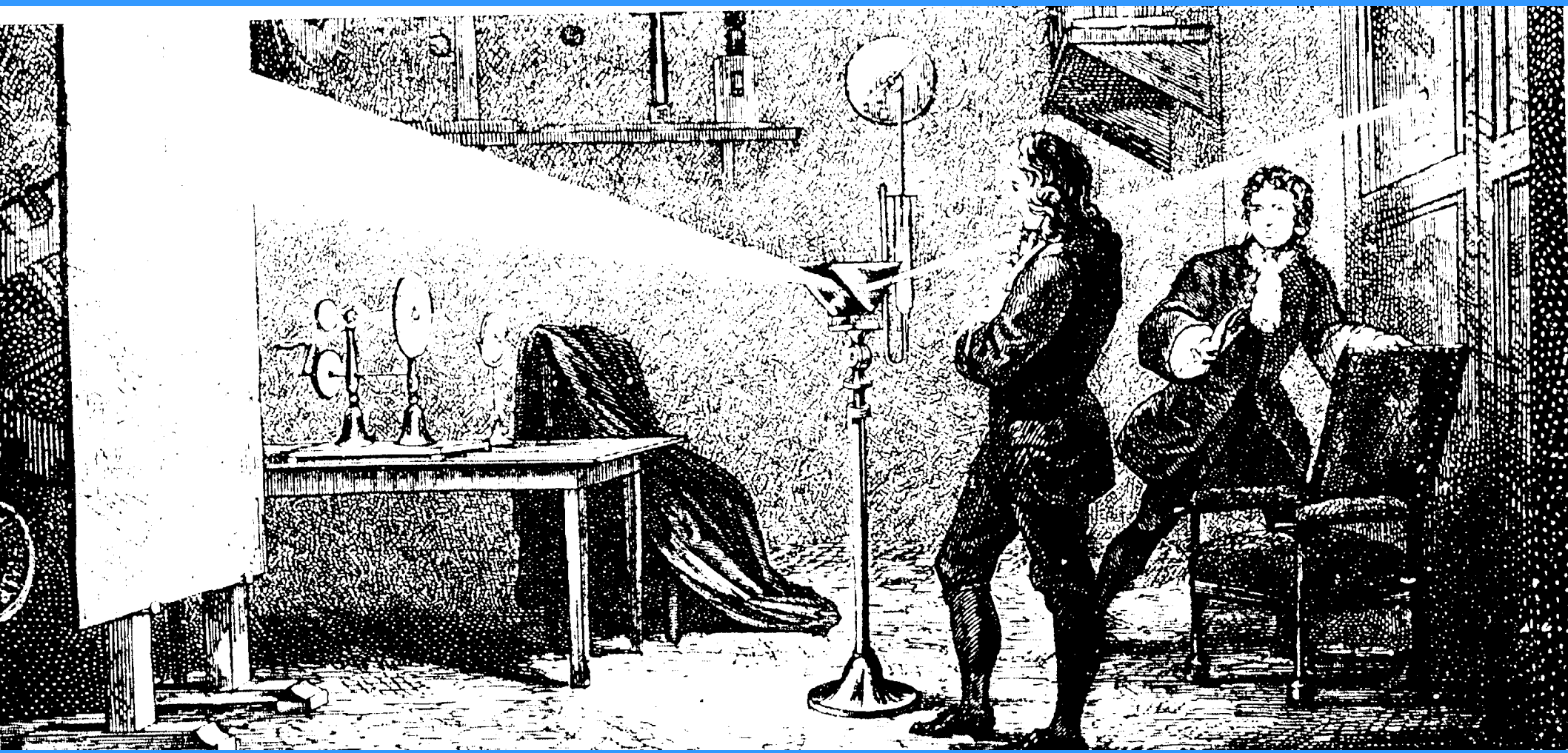
Le domaine des Ondes Electromagnétiques



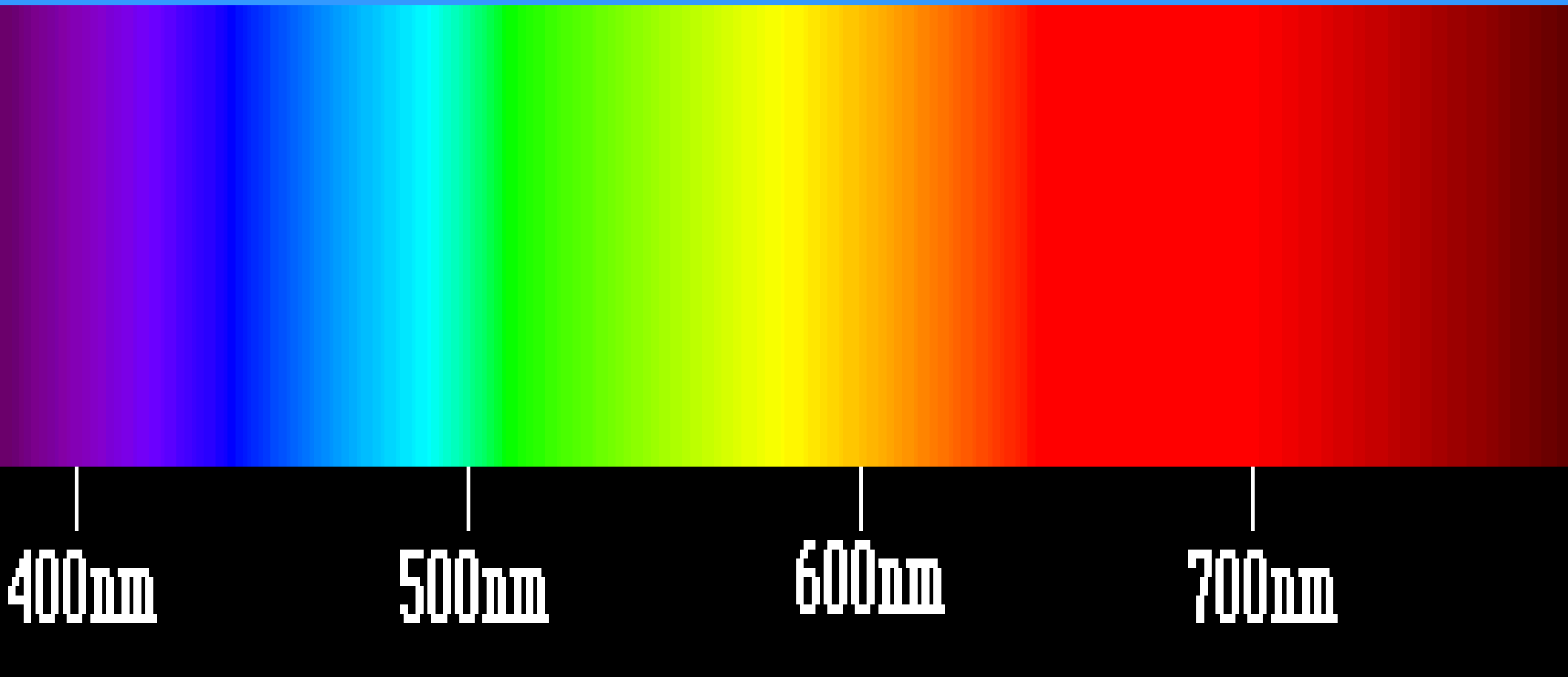
Polycyclic Aromatic Hydrocarbon
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

La lumière visible : la lumière blanche
nature ?

Mise en évidence par Isaac NEWTON

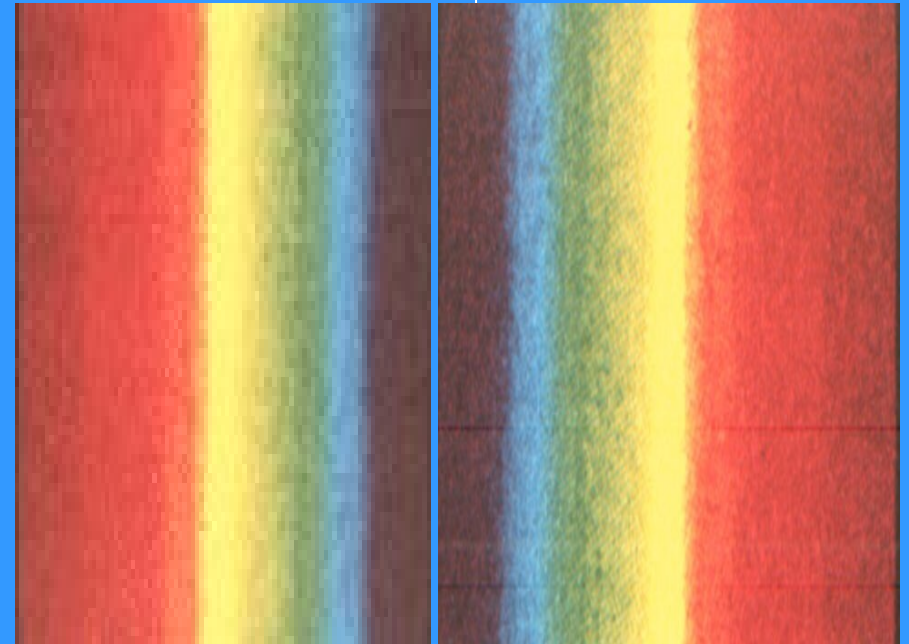
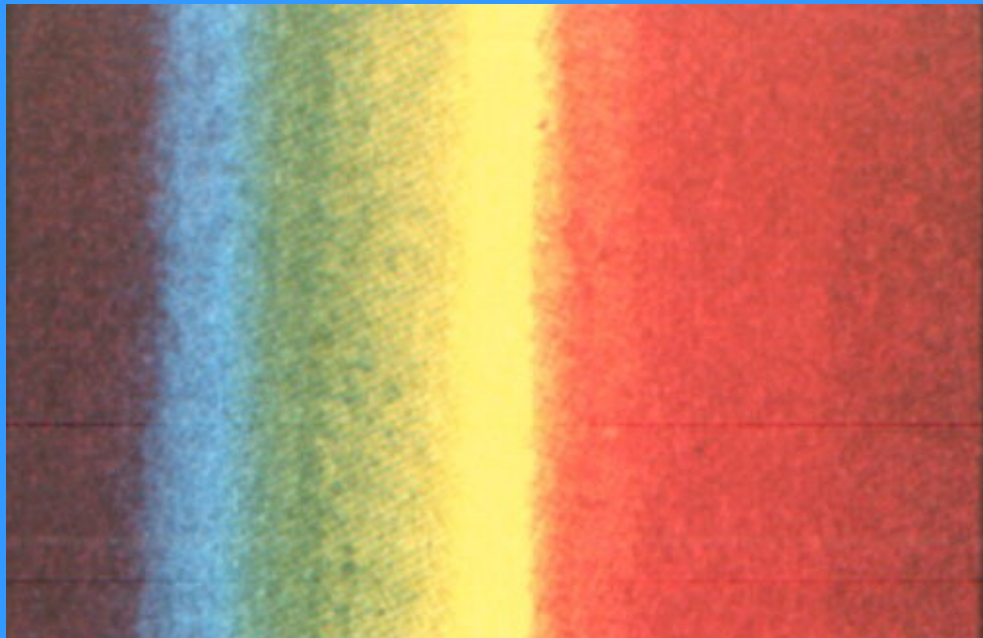
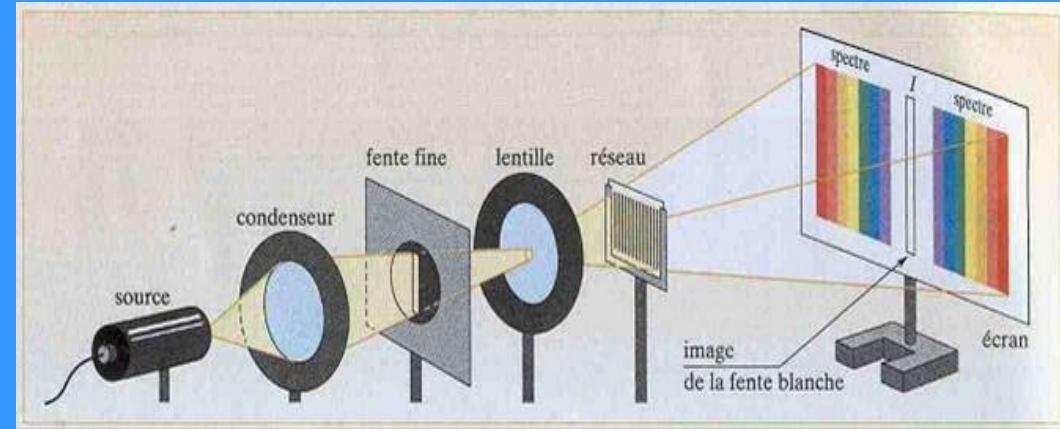
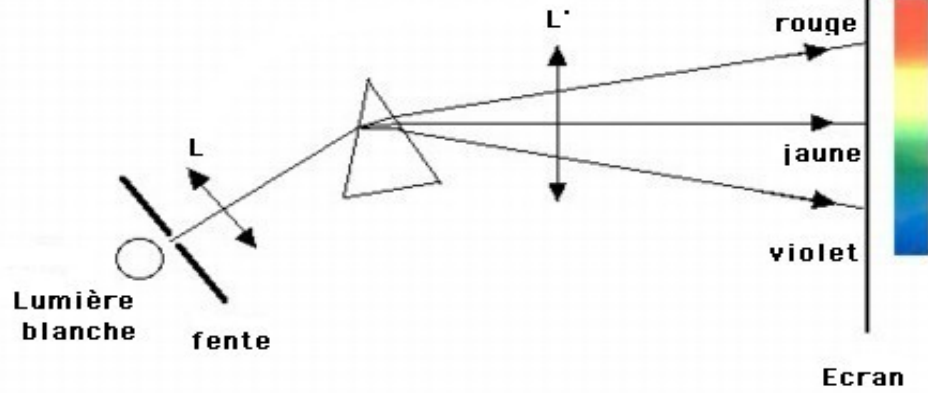


La lumière blanche est un mélange de lumières simples



Différents dispositifs permettant de décomposer la lumière blanche

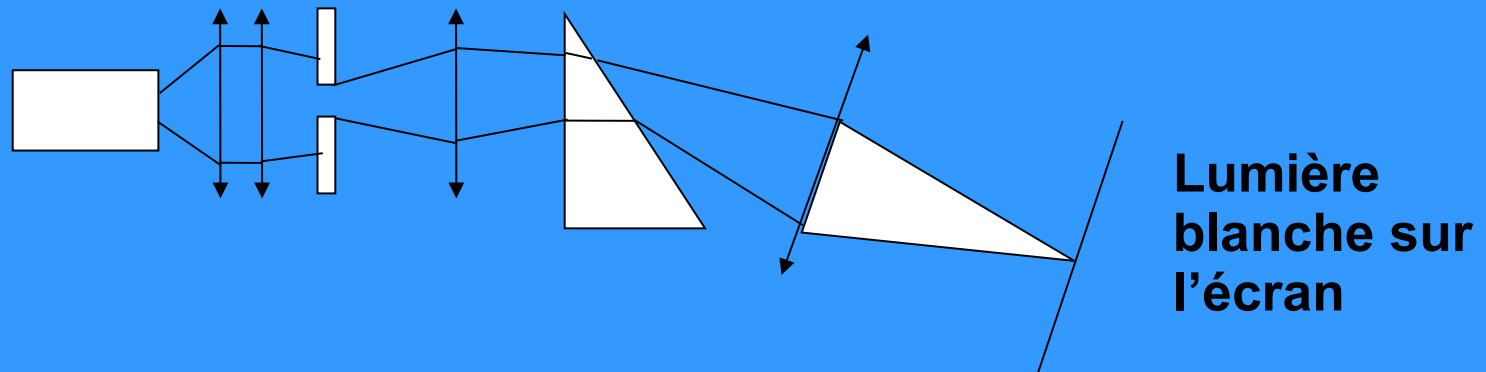
à gauche, un spectroscopie à prisme et à droite un spectroscopie à réseau



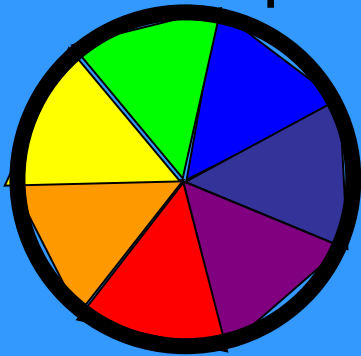
Les lumières simples ne sont pas décomposables

Newton complète sa démonstration par l'expérience inverse : refaire de la lumière blanche à partir des lumières simples ; deux techniques sont utilisables.

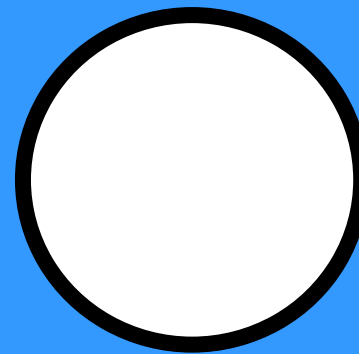
Avec une lentille convergente qui va mélanger le faisceau coloré à la sortie du prisme



A l'aide d'un disque, portant des secteurs colorés, en rotation rapide



Disque arrêté



Disque en rotation

Comment utiliser la décomposition de la lumière ?

Les informations que nous obtenons des astres nous parviennent essentiellement sous forme de lumière.

Il faut donc exploiter ces données ; c'est le rôle de :

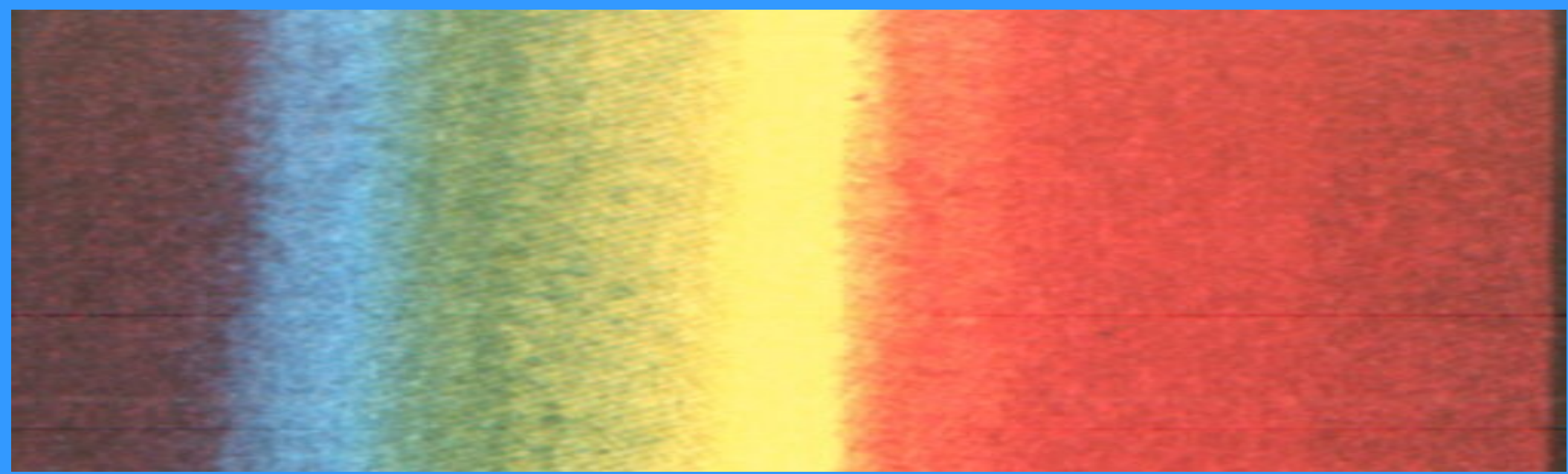
- * l'étude de la luminosité
- * la spectroscopie
- * l'effet Doppler-Fizeau

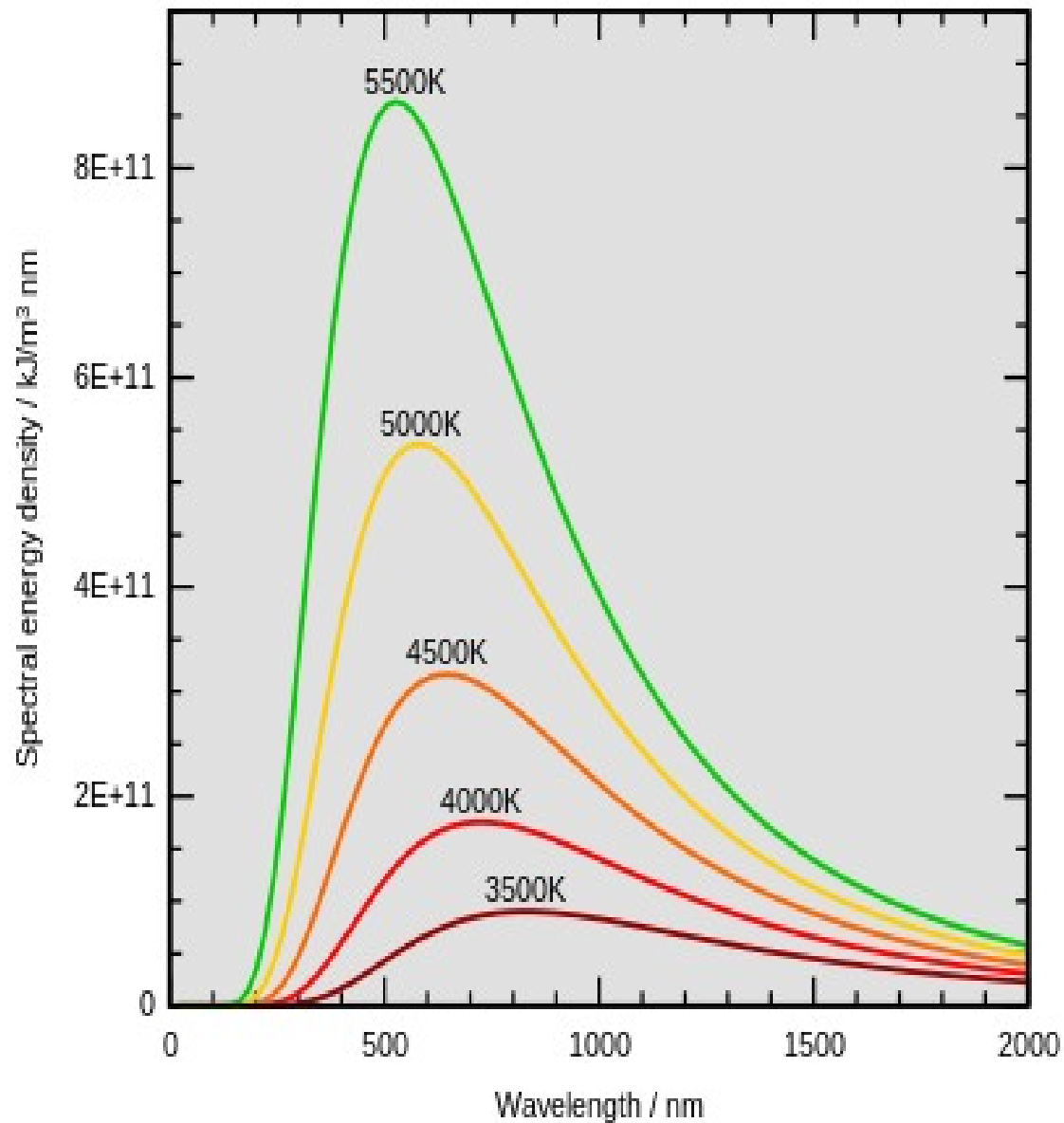
Pour l'utilisation de la spectroscopie, trois lois permettent de tirer des informations de la lumière reçue.

Loi n° 1

Spectres continus

Un gaz soumis à une pression élevée, un solide ou un liquide, chauffés, émettent un rayonnement qui contient toutes les couleurs de l'arc-en-ciel.





Loi de Wien

$$\lambda_{max} = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{T}$$

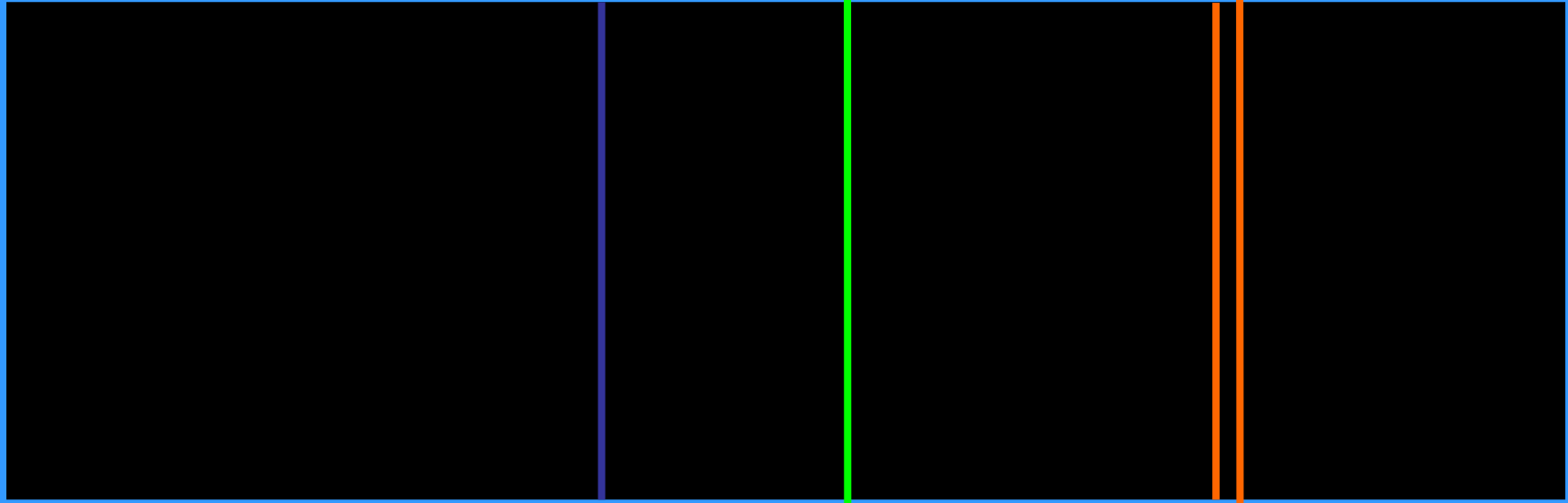
T en Kelvins

λ en m

La lumière émise par un corps (gaz fortement comprimé, liquide ou solide) dépend de la température à laquelle est porté ce corps

Loi n° 2 *Spectres de raies d'émission*

Un gaz chaud, soumis à une pression faible, émet un rayonnement pour certaines couleurs bien particulières caractéristiques des atomes contenus dans le gaz

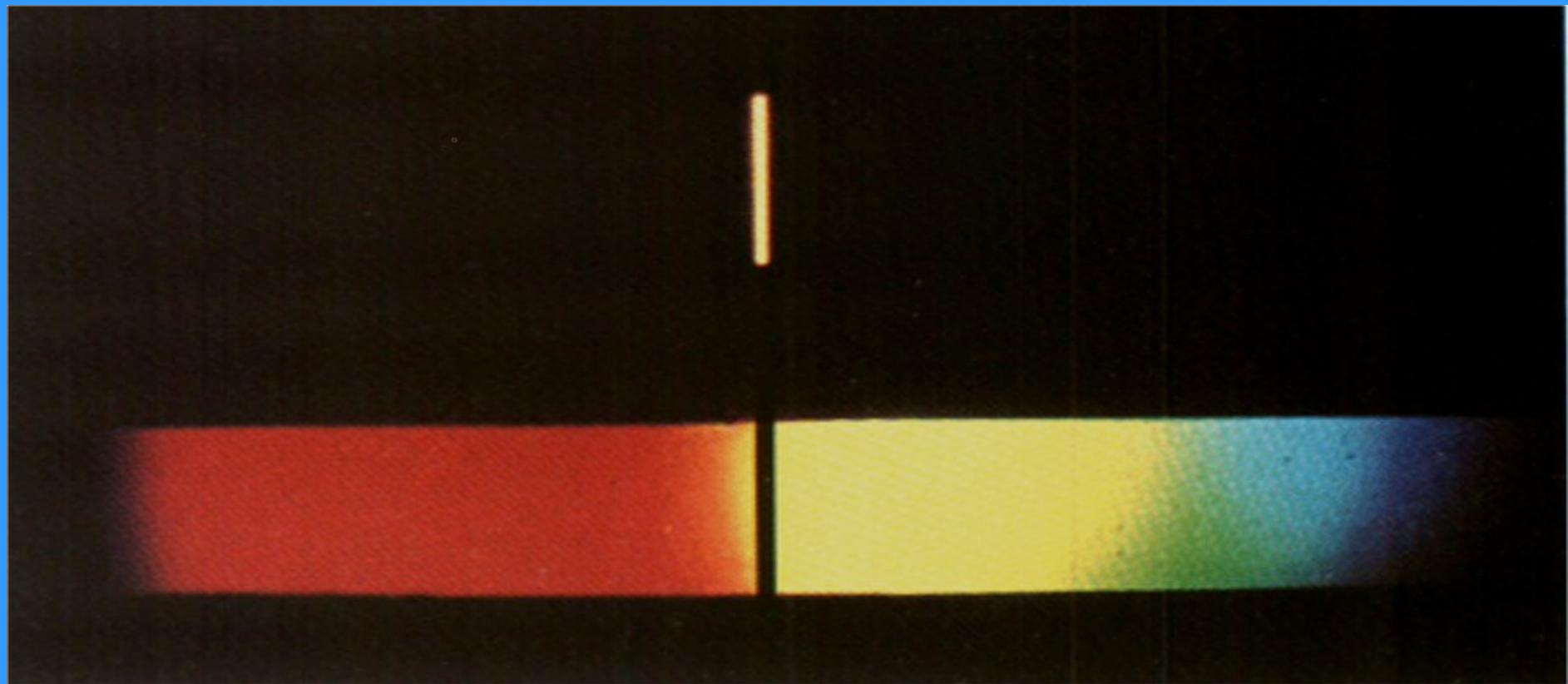


Le spectre du mercure

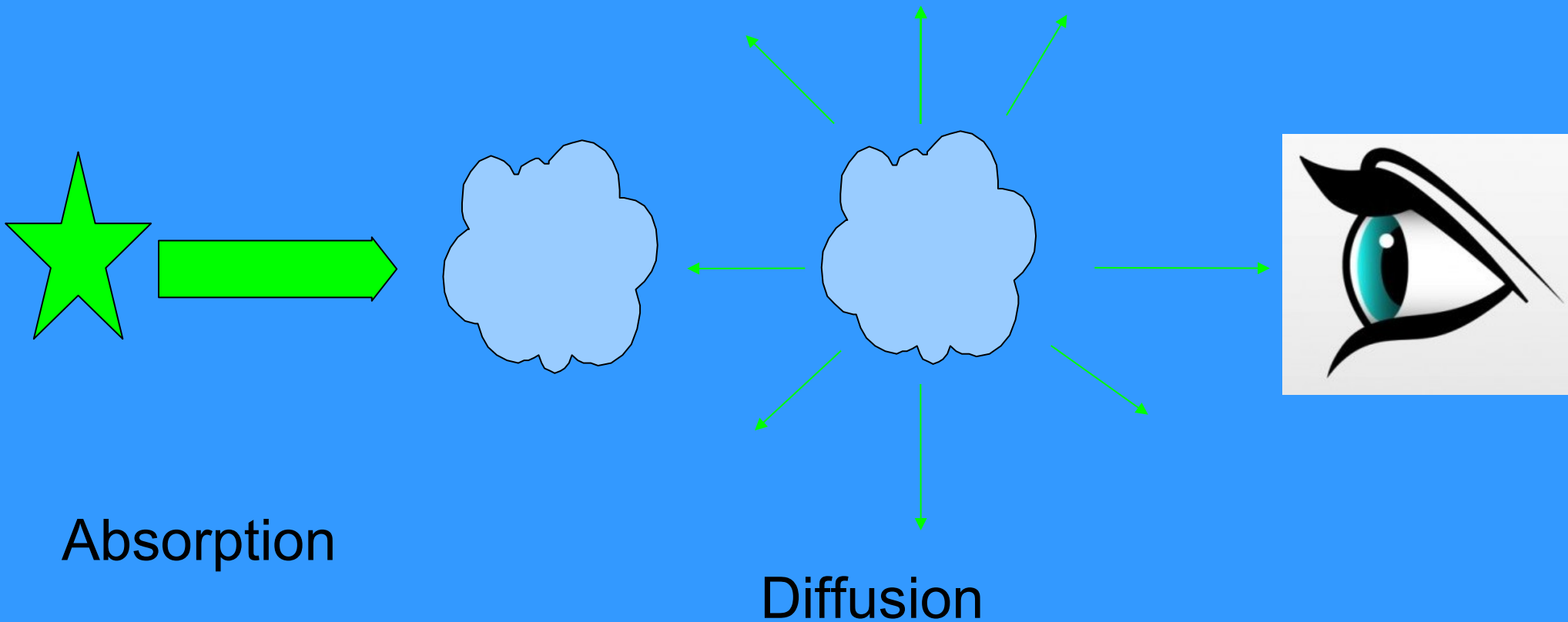
Loi n° 3 **Spectres de raies d'absorption**

Un gaz froid, soumis à une basse pression, éclairé par une source de lumière blanche, absorbe certaines couleurs.

Ce gaz absorbe les mêmes couleurs que celles émises lorsqu'il est chaud.



Ce phénomène est dû au fait que les atomes absorbent le rayonnement (dans une direction) et le ré-émettent dans toutes les directions



Un spectre normal peut comporter un fond continu

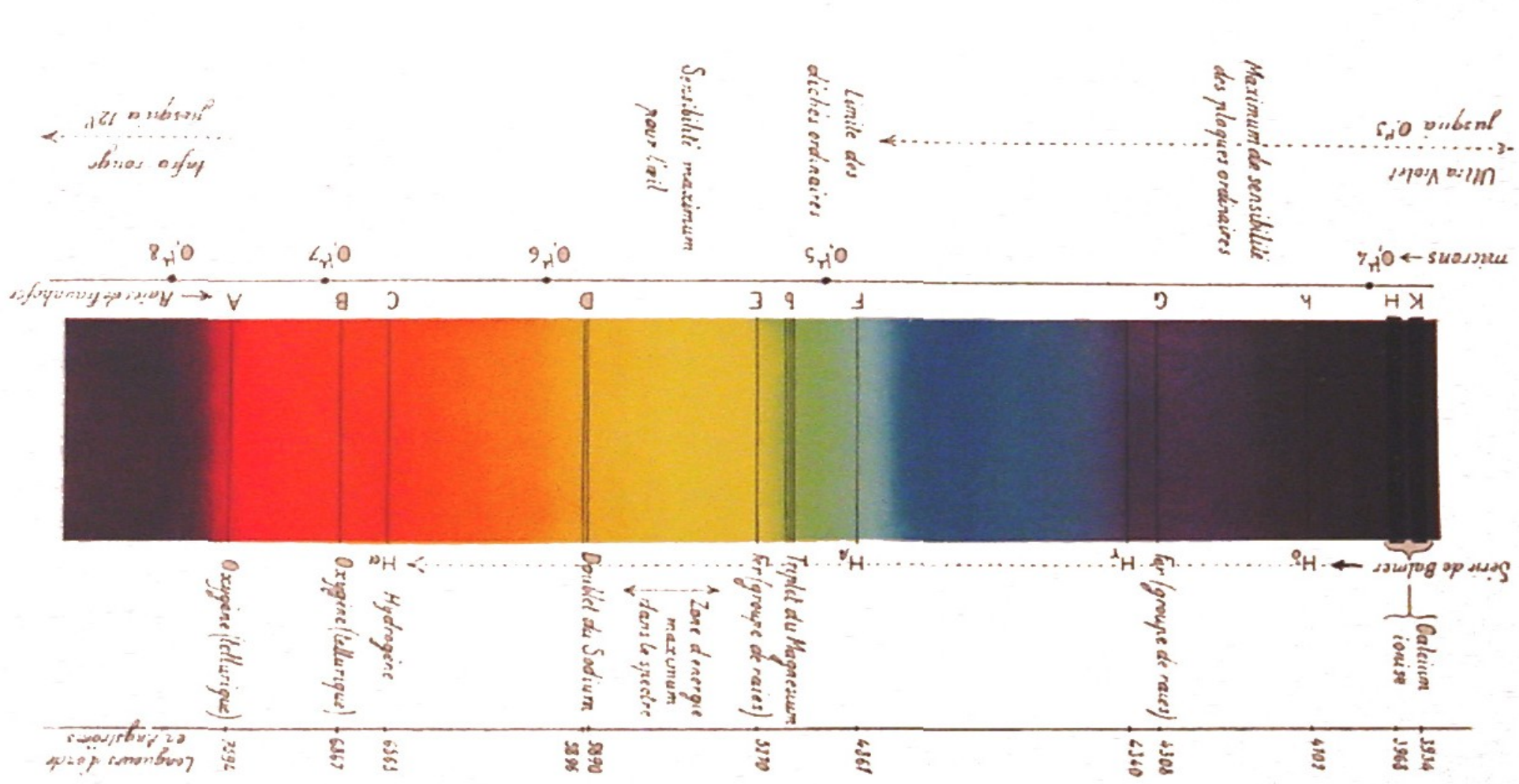
+ des raies en absorption voire en émission

Ex : le Soleil qui, sur un spectre continu (l'arc en ciel), présente de multiples raies d'absorption.

La surface du Soleil est un gaz "froid", de faible densité situé devant une masse dense et chaude.

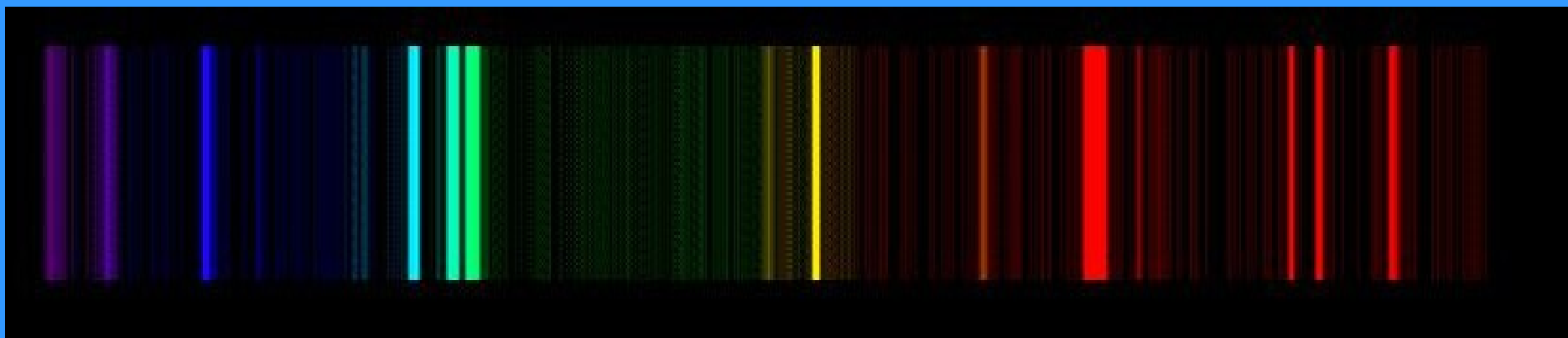
Spectre du Soleil ex : raies sombres

raies de FRAUNHOFER (Joseph von Fraunhofer 1787-1826)

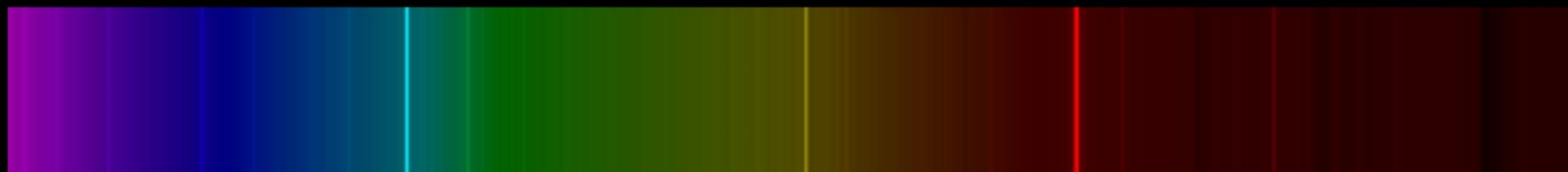


Spectre Solaire.
Extrait de l'Ouvrage de M. COUDERC : Dans le champ solaire.

Un spectre d'émission

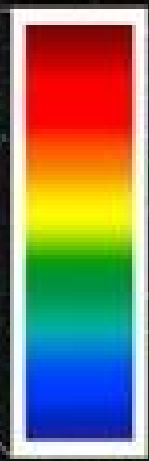


P Cygni
Alpy 600 spectrum

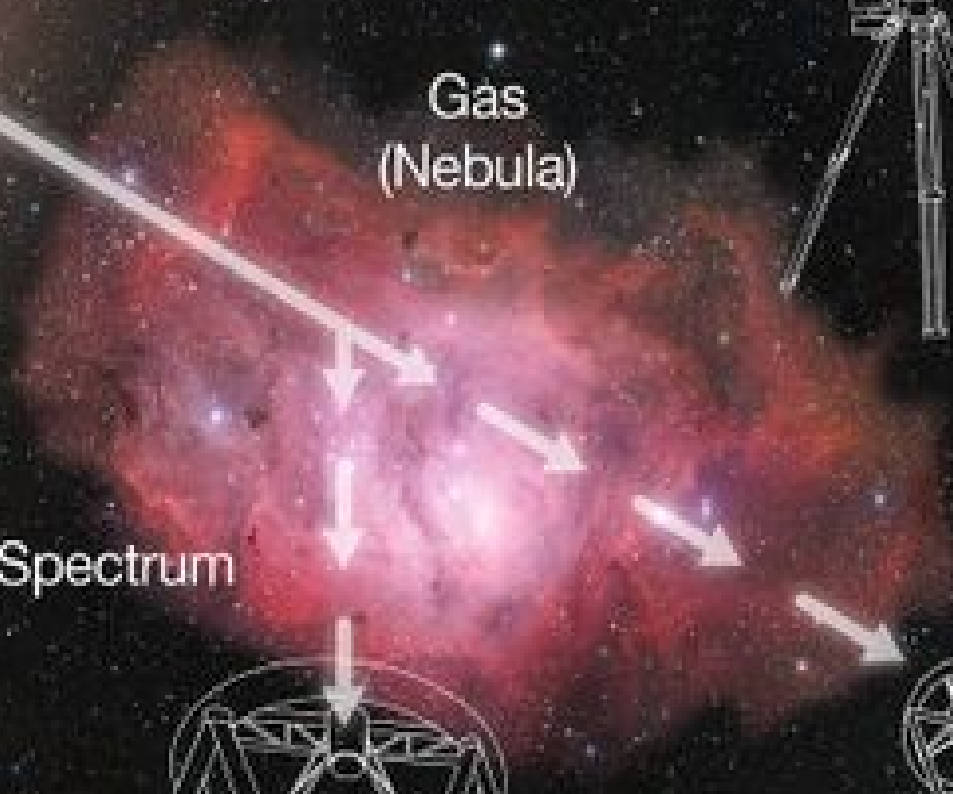


Hot Source
(Star)

Continuous Spectrum

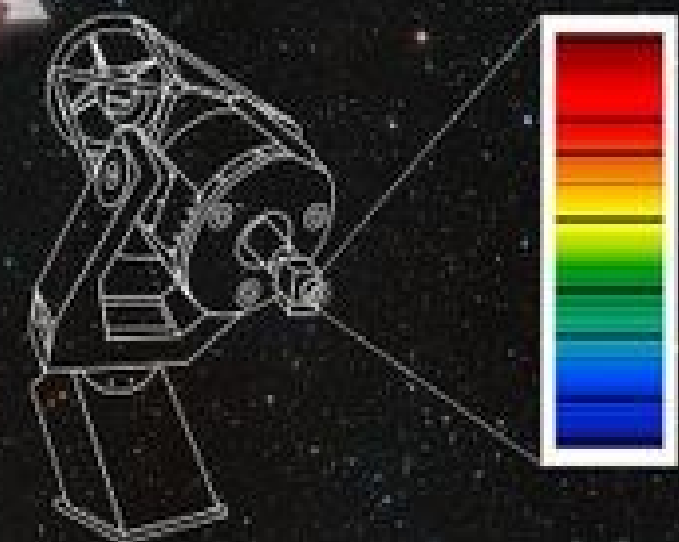


Gas
(Nebula)



Emission Spectrum

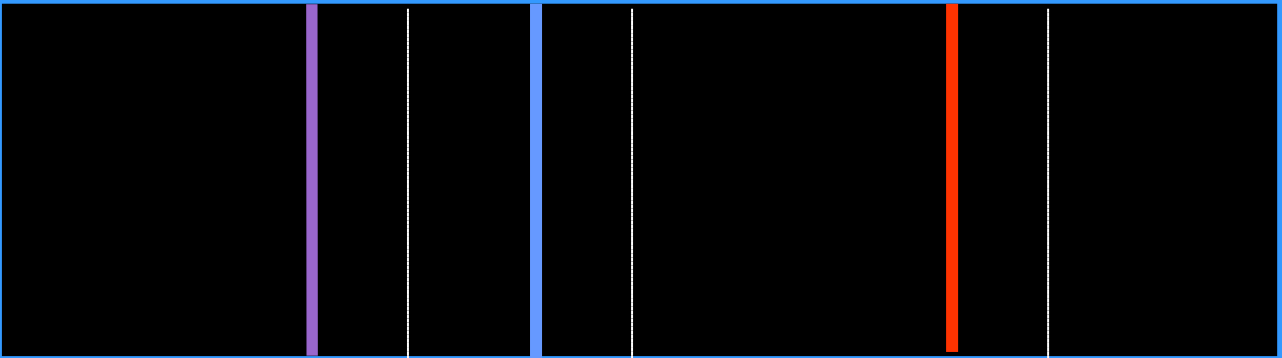
Absorption Spectrum



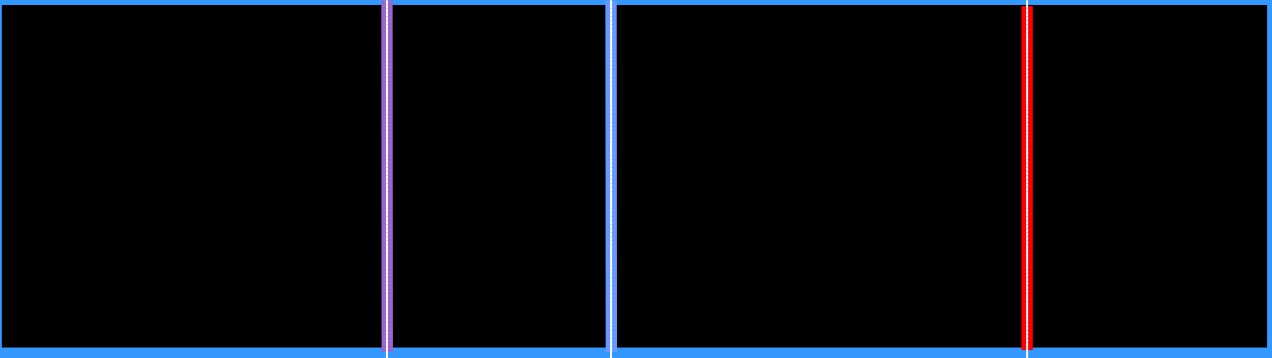
On peut exploiter une autre propriété de la lumière :

l'effet DOPPLER-FIZEAU

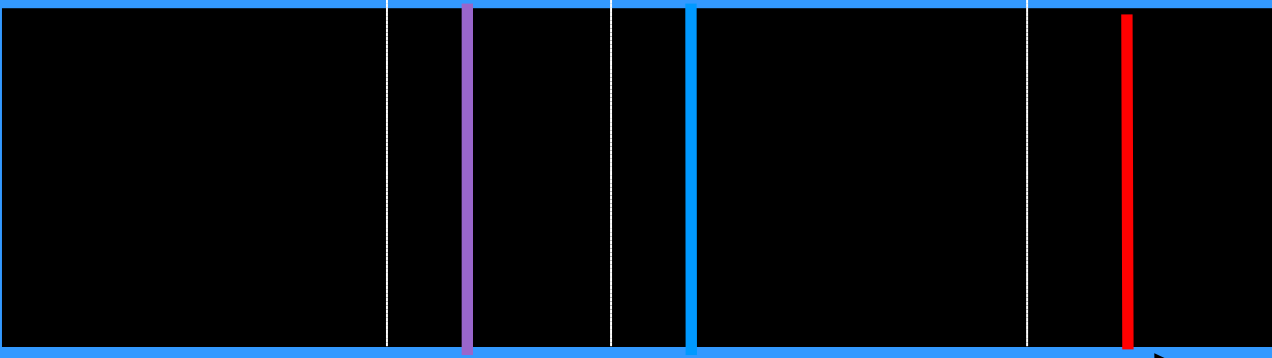
c.à.d le décalage en fréquence (longueur d'onde) d'un signal reçu lorsqu'il y a un déplacement relatif de la source / récepteur (ex : avertisseur d'un train)



rapprochement



immobilité



éloignement

La mesure du déplacement des raies de la lumière reçue /
à celles obtenues au laboratoire donne le **décalage spectral**

$$z = \frac{(\lambda_{obs} - \lambda_{lab})}{\lambda_{lab}}$$

$$z + 1 = \frac{\lambda_{obs}}{\lambda_{lab}}$$

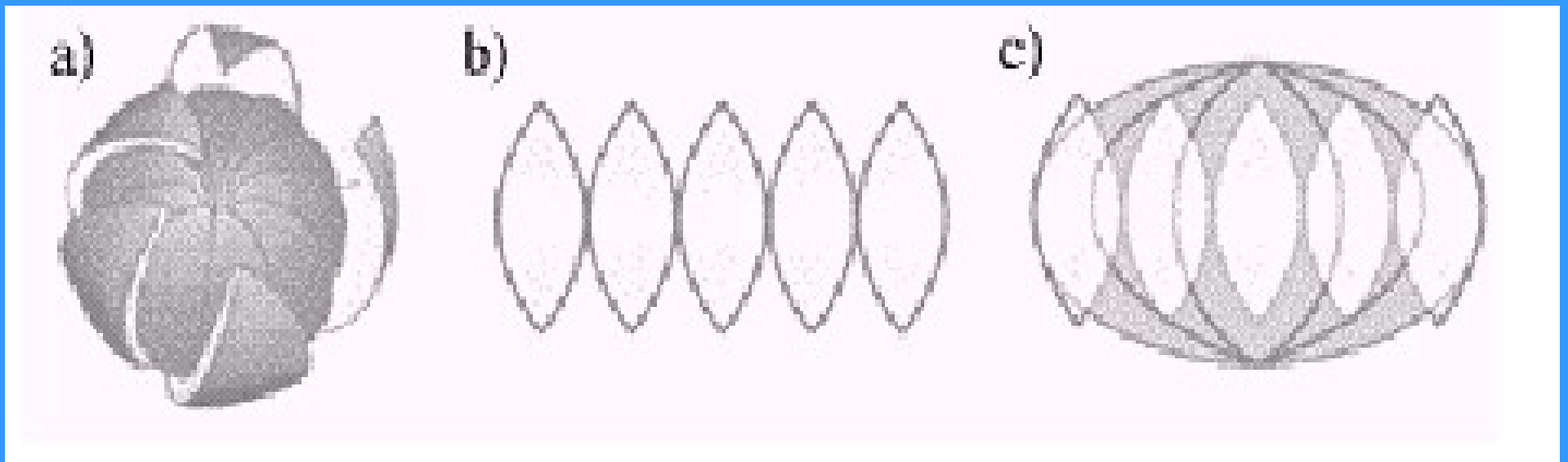
La connaissance de z permet de calculer le sens de déplacement et la vitesse relative objet-étudié / Terre.

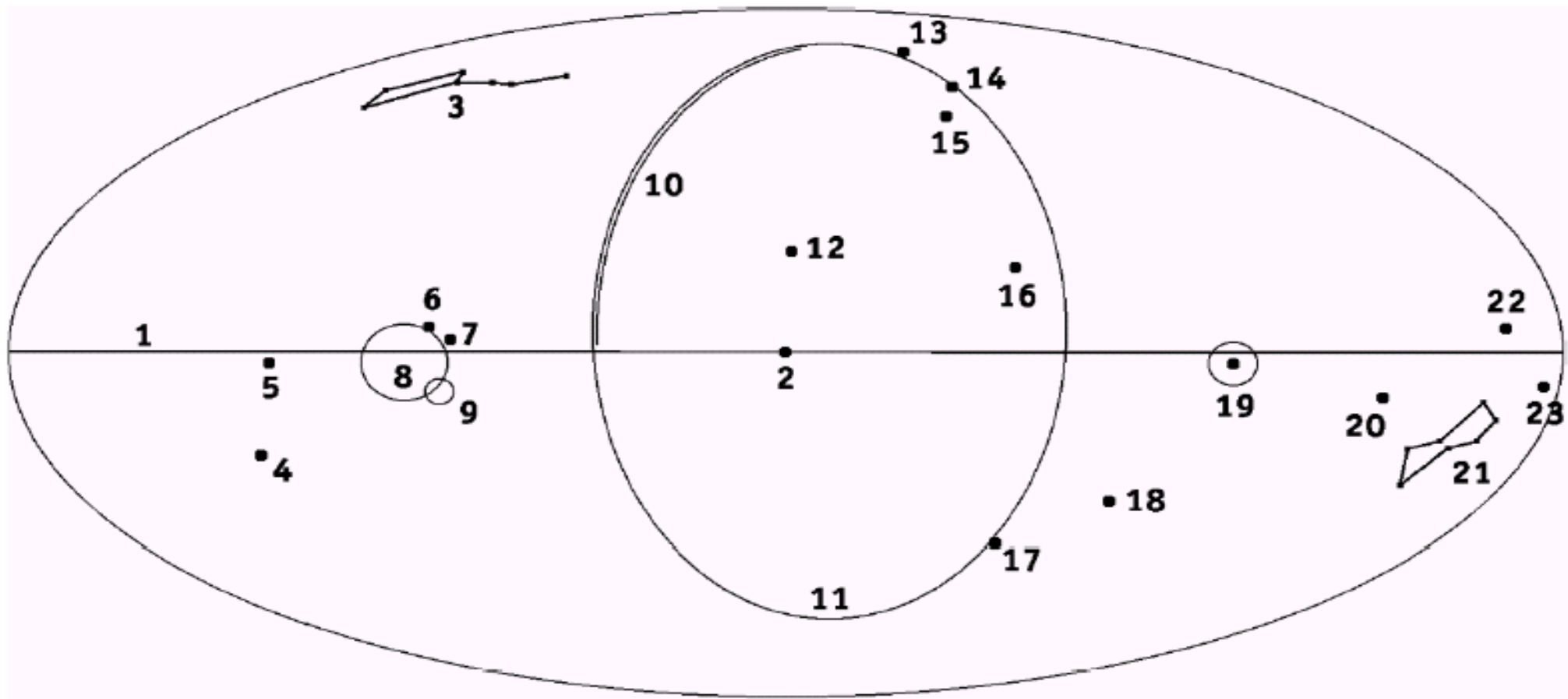
$$V_{obs} \simeq c \frac{(\lambda_{obs} - \lambda_{lab})}{\lambda_{lab}} \simeq cz$$

On peut également connaître le sens de rotation d'un objet (galaxie, anneaux de Saturne).

Le ciel à différentes longueurs d'onde

Aspect des cartes célestes
en projection AITOFF





1 - plan galactique

2 - centre galactique

3 - Grande Ourse

4 - Andromède

5 - Cassiopée A

6 - Cygnus A (radio gal.)

7 - Cygnus X1 (binaire X)

8 - Superbulle du Cygne

9 - Boucle du Cygne

10 - éperon Gal Nord

11 - loop 1

12 - Sco X1 (Binaire X)

13 - Virgo A (quasar)

14 - 3C273 (quasar)

15 - 3C279 (quasar)

16 - Cen A (gal. Active)

17 - Petit Nuage de Magellan

18 - Grand Nuage de Magellan

19 - Pulsar des Voiles

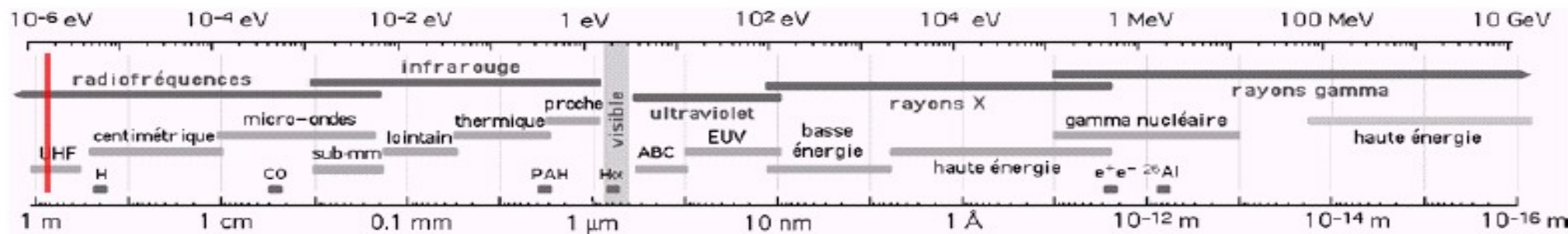
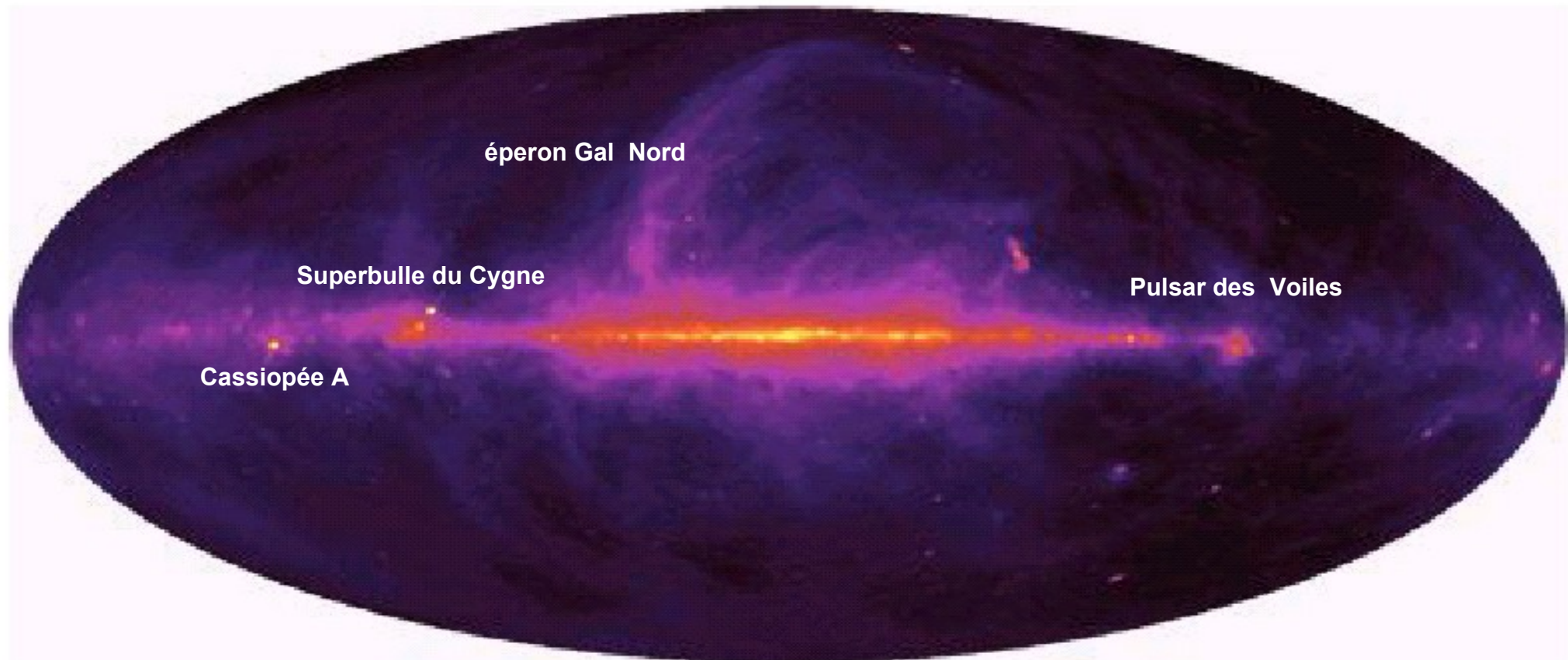
20 - Sirius

21 - Orion

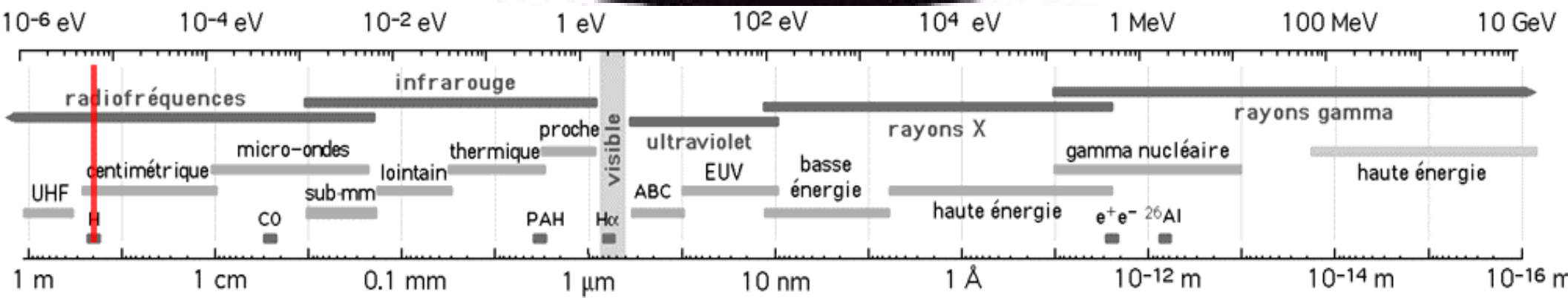
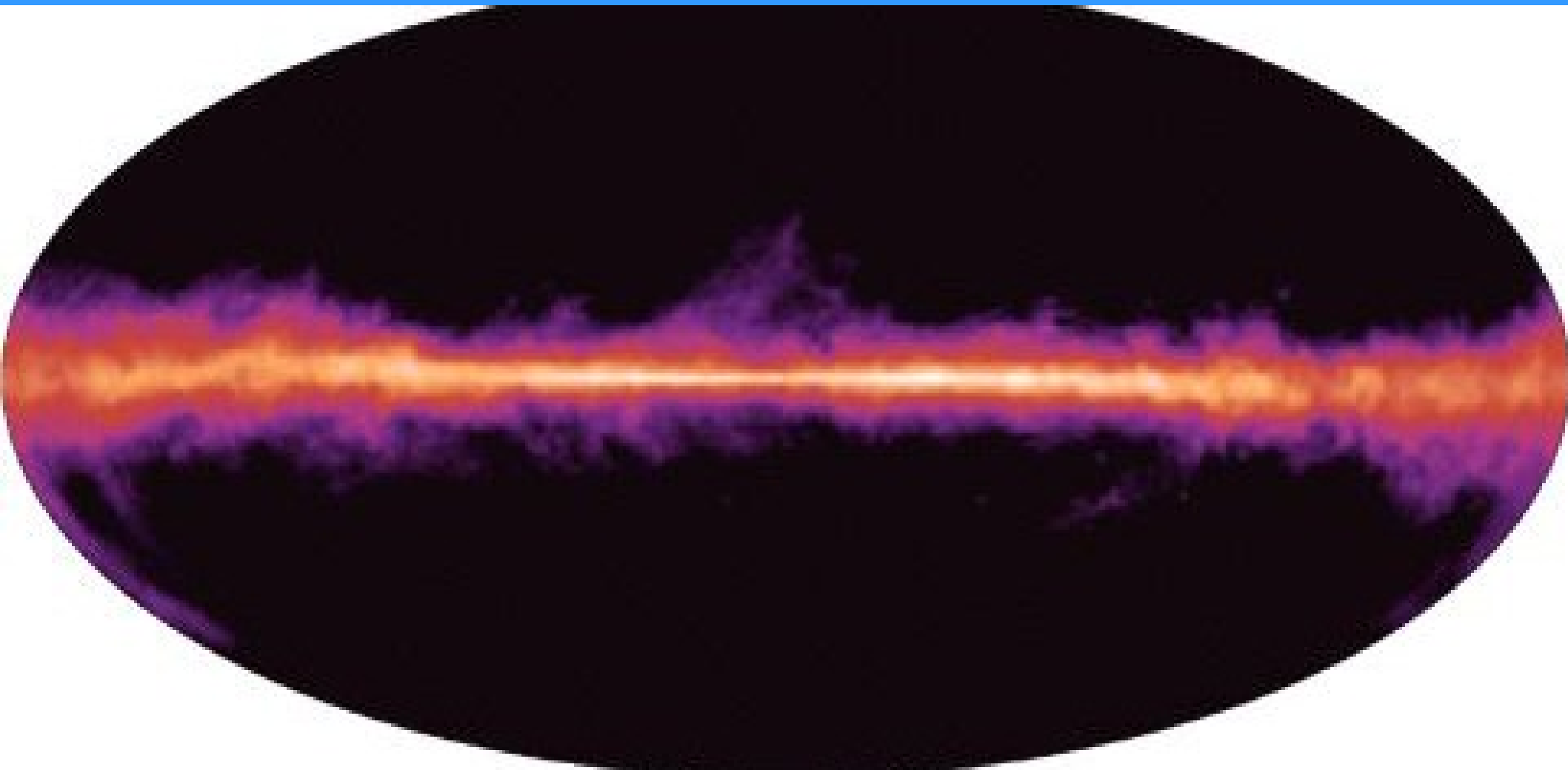
22 - Geminga (pulsar)

23 - Pulsar du Crabe

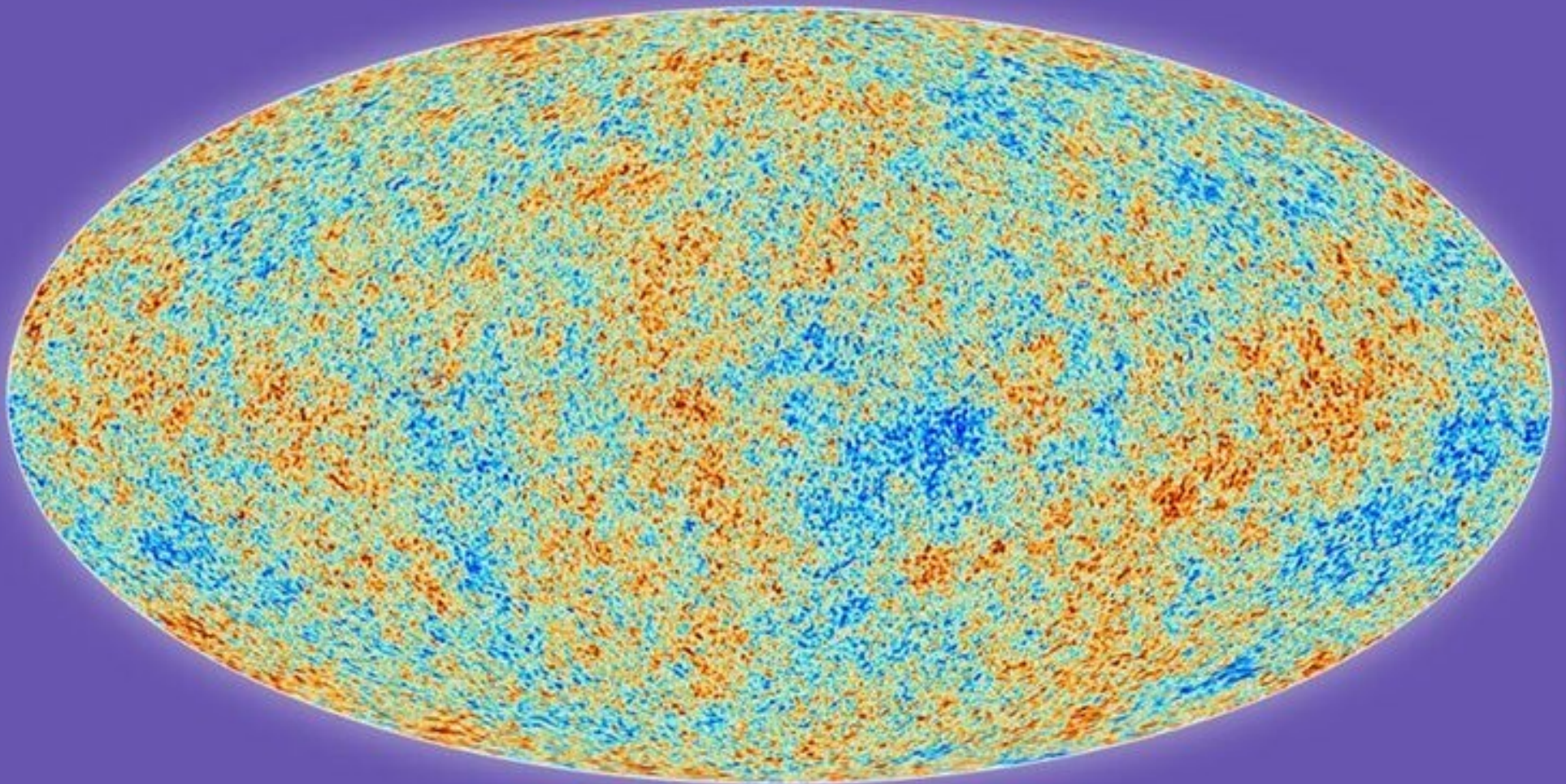
Le ciel Radio ($f = 408 \text{ MHz}$ $\lambda = 73 \text{ cm}$)



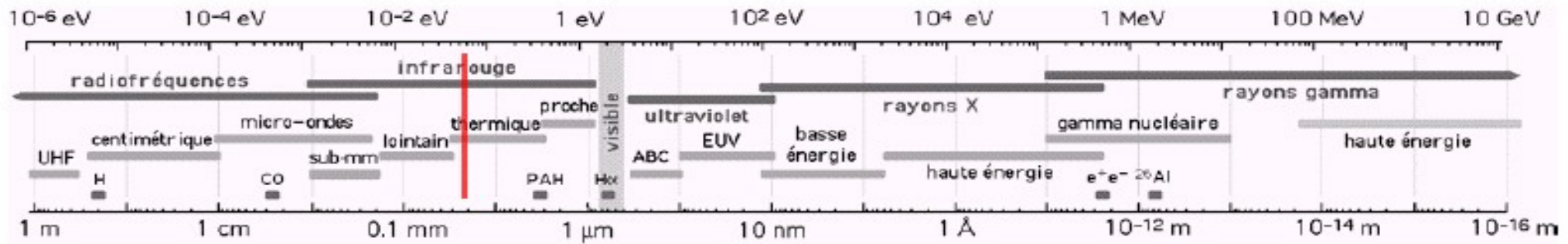
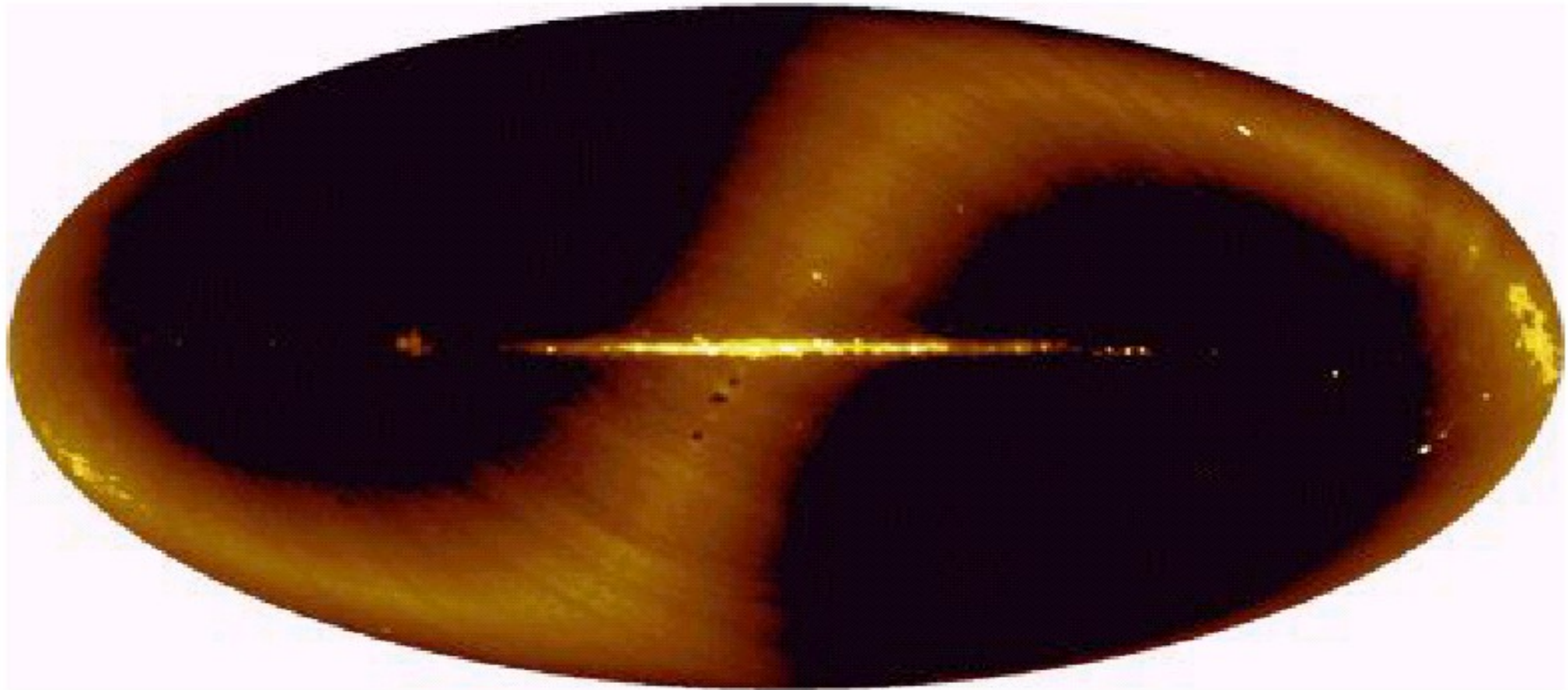
Le ciel à 21cm



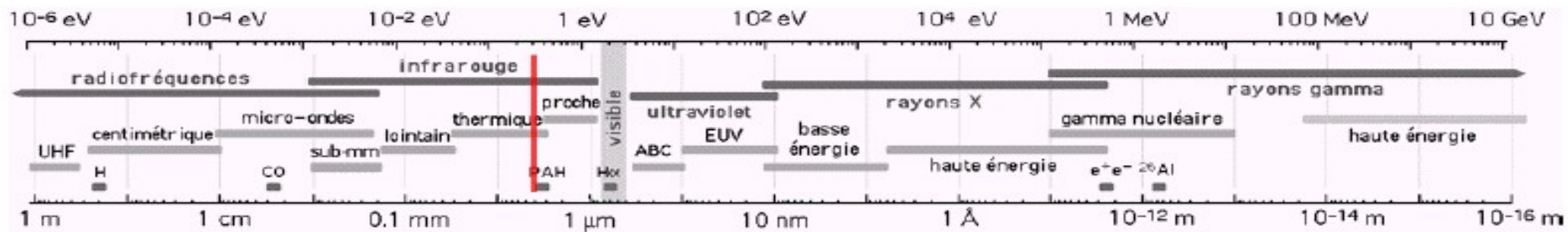
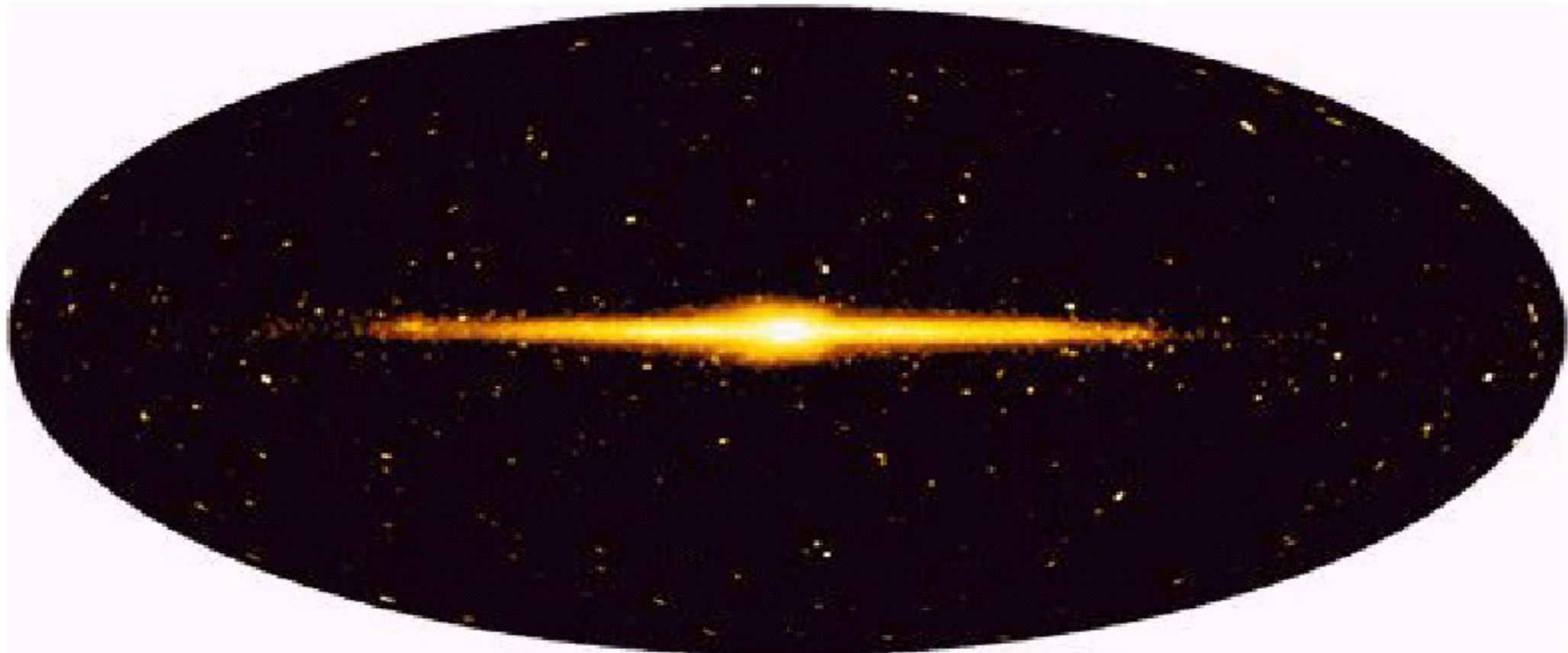
Le ciel en micro-ondes ($T^\circ = 2,7 \text{ K}$)



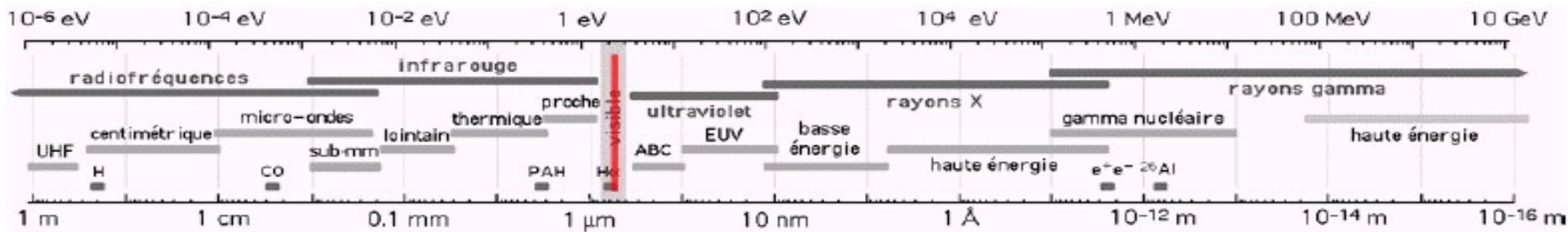
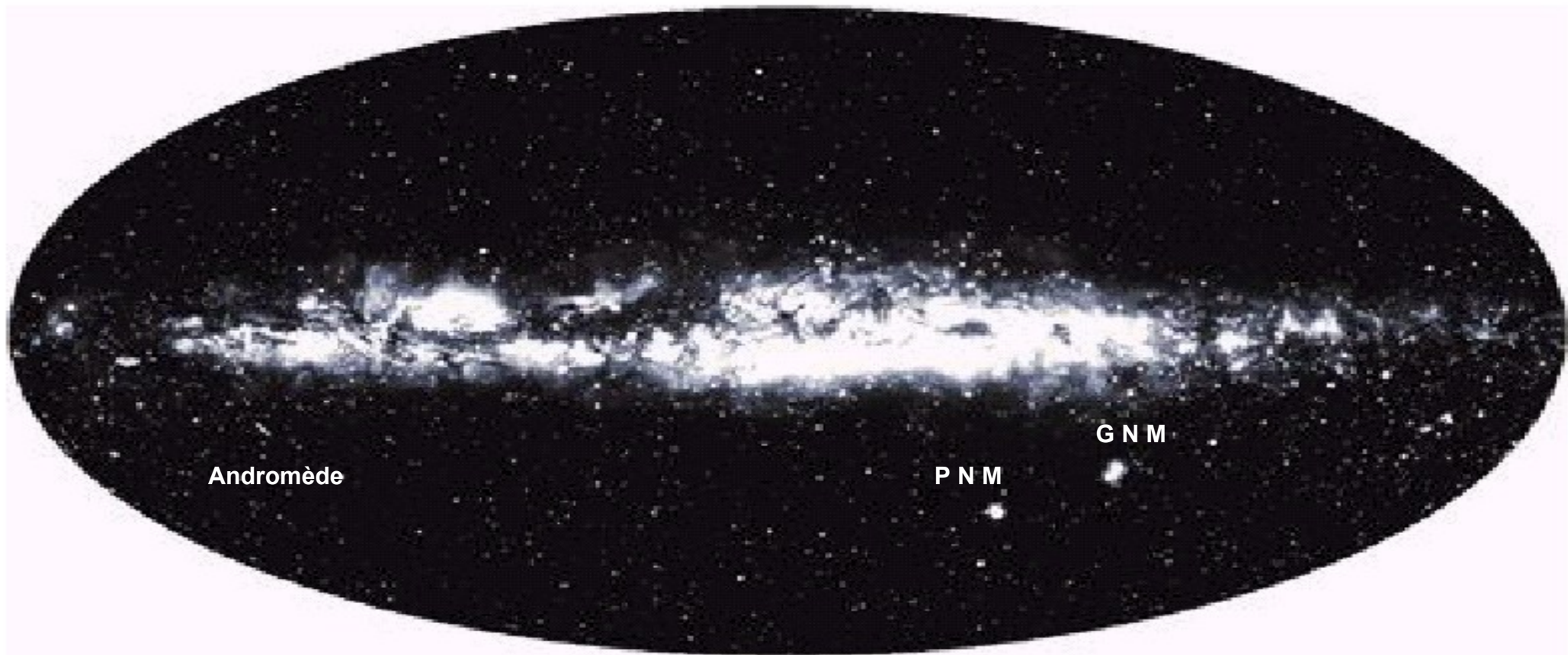
Le ciel en infrarouge thermique



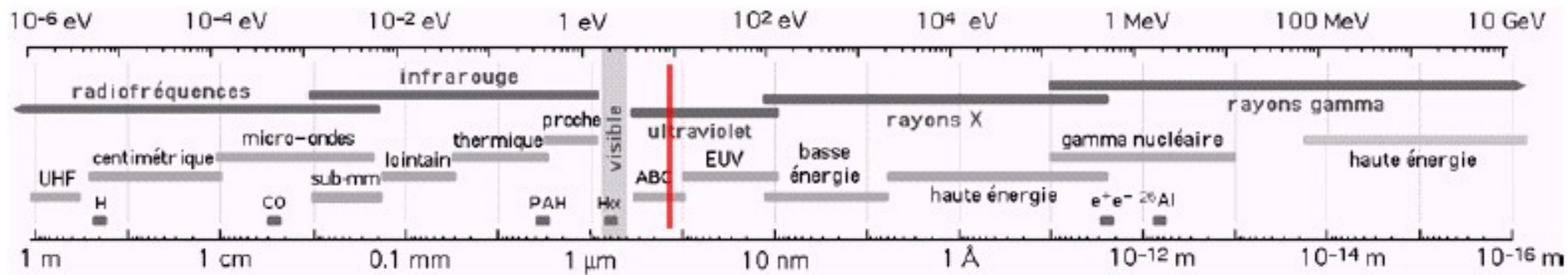
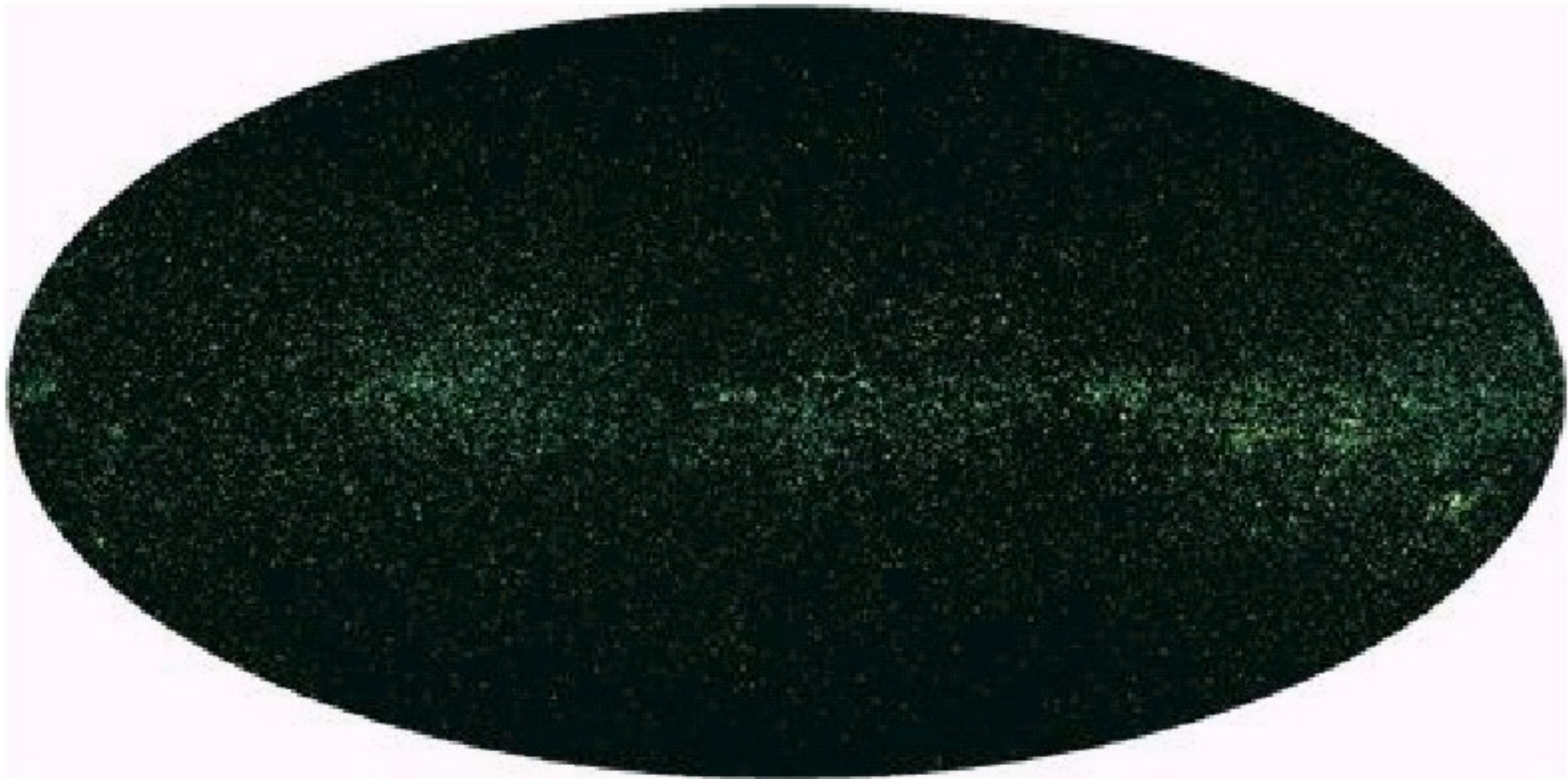
Le ciel en infrarouge proche ($\lambda = 1-4$ microns)



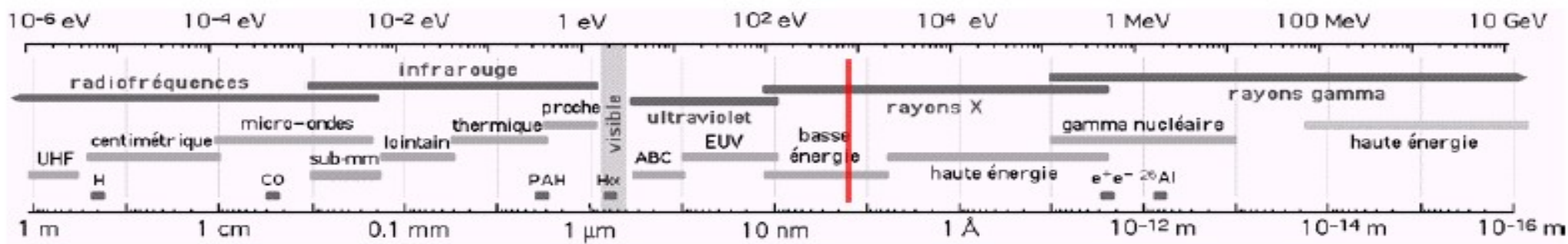
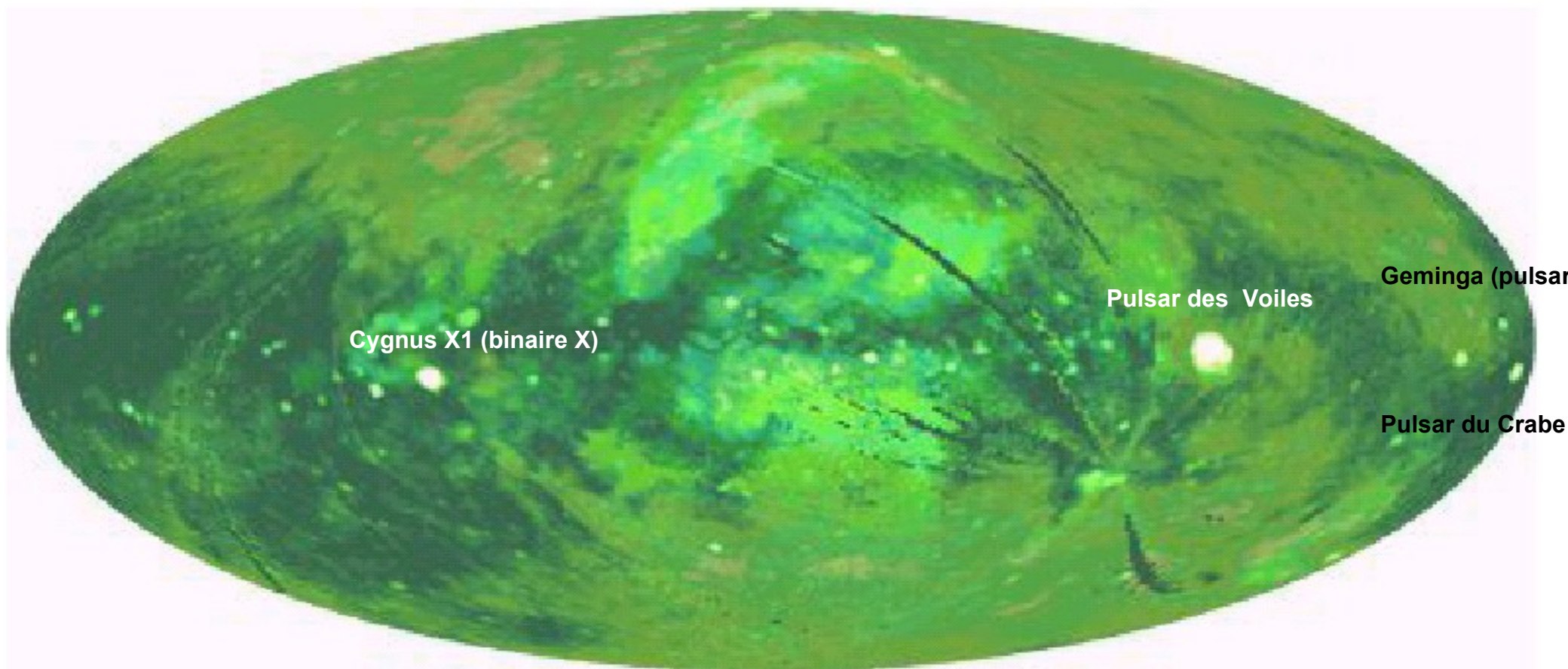
Le ciel en visible



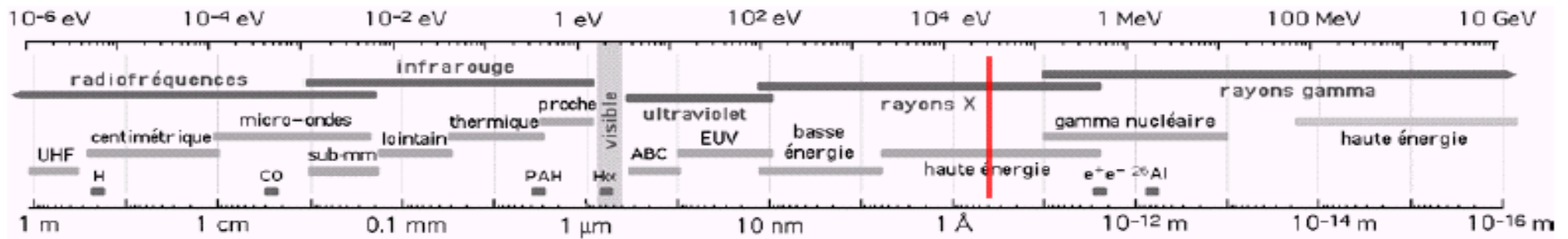
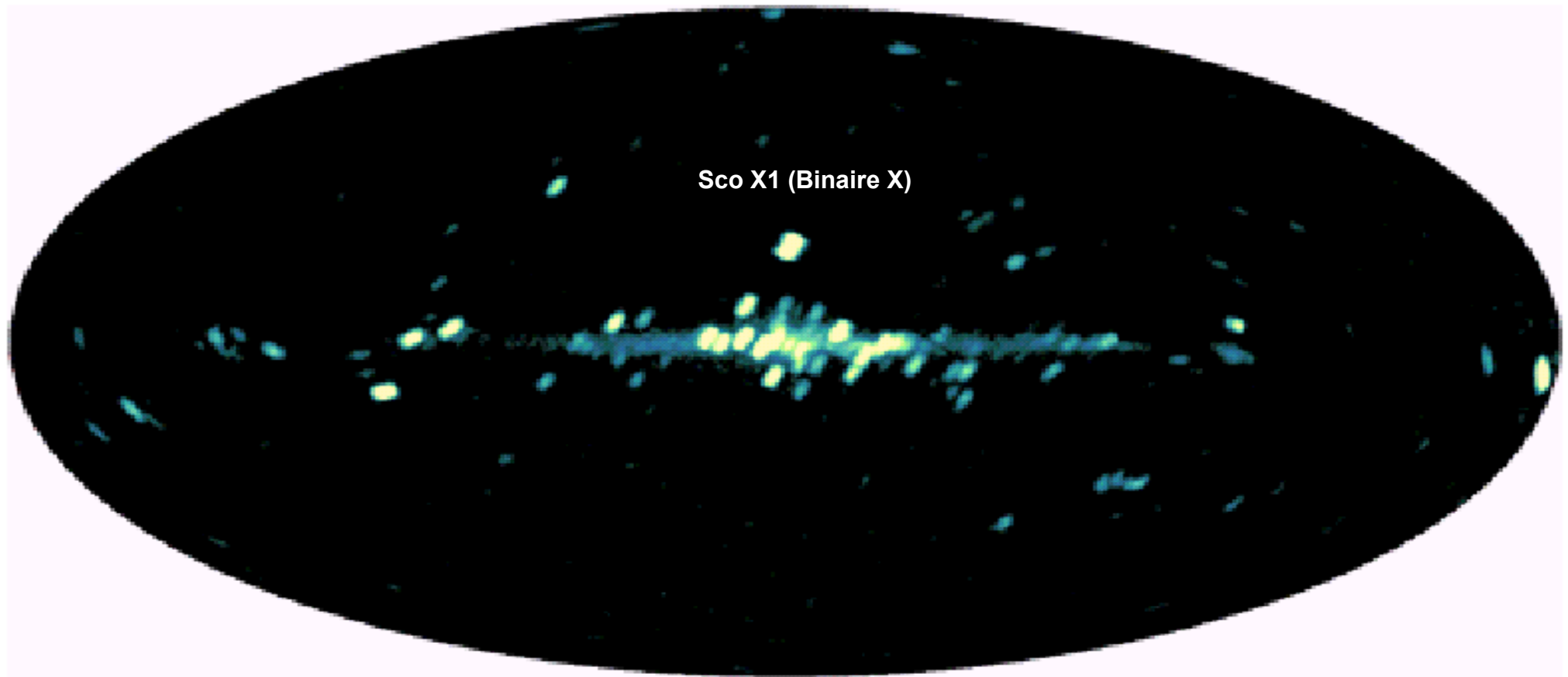
Le ciel en ultraviolet



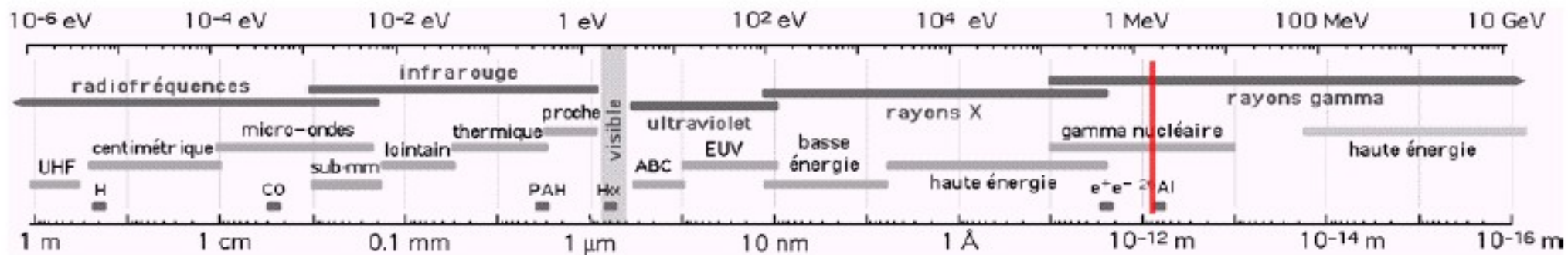
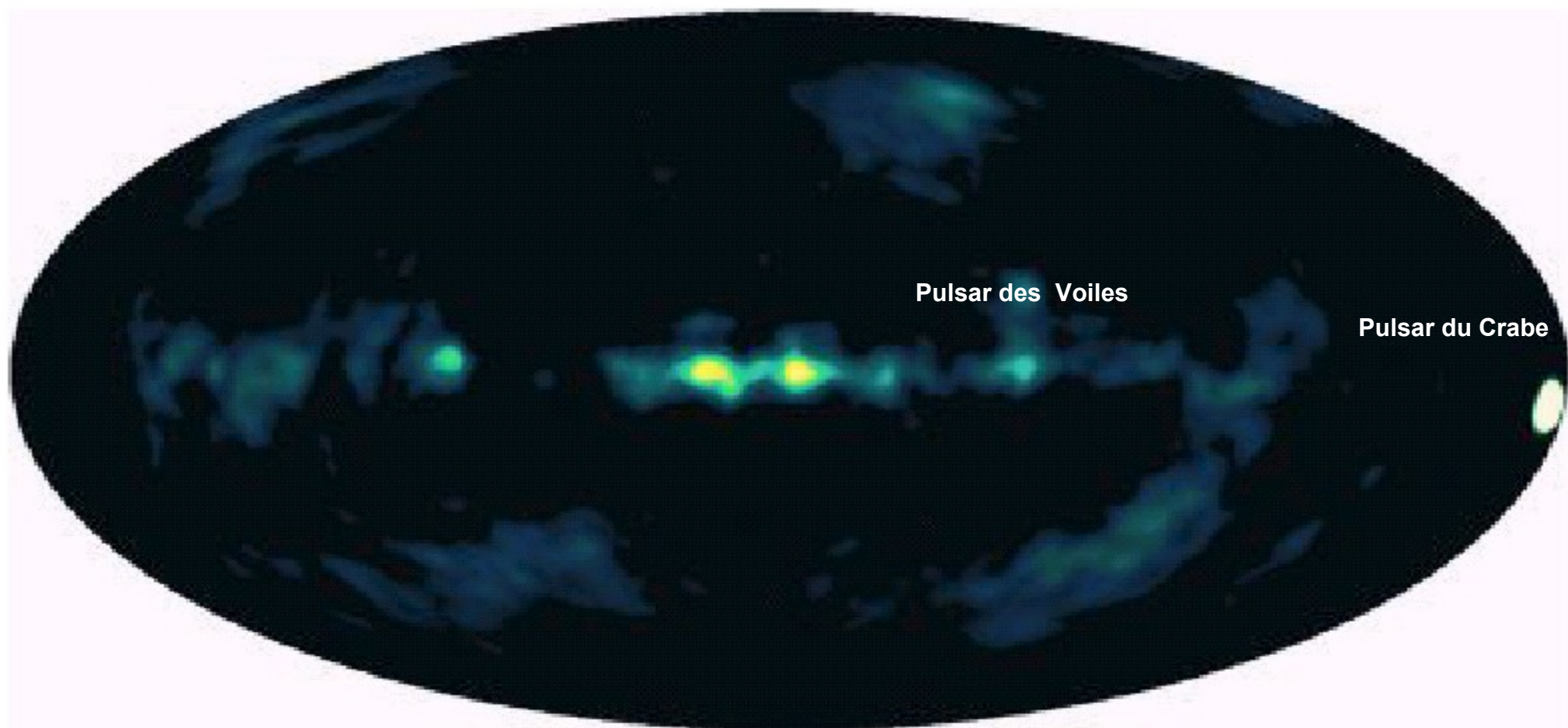
Le ciel en rayons X mous



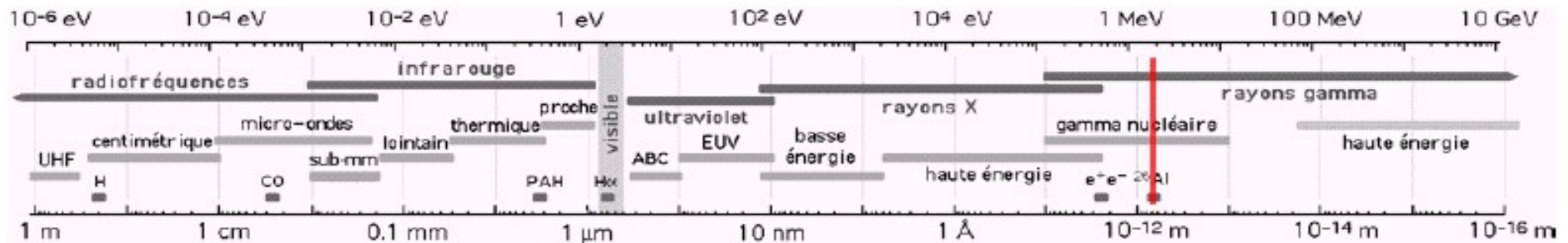
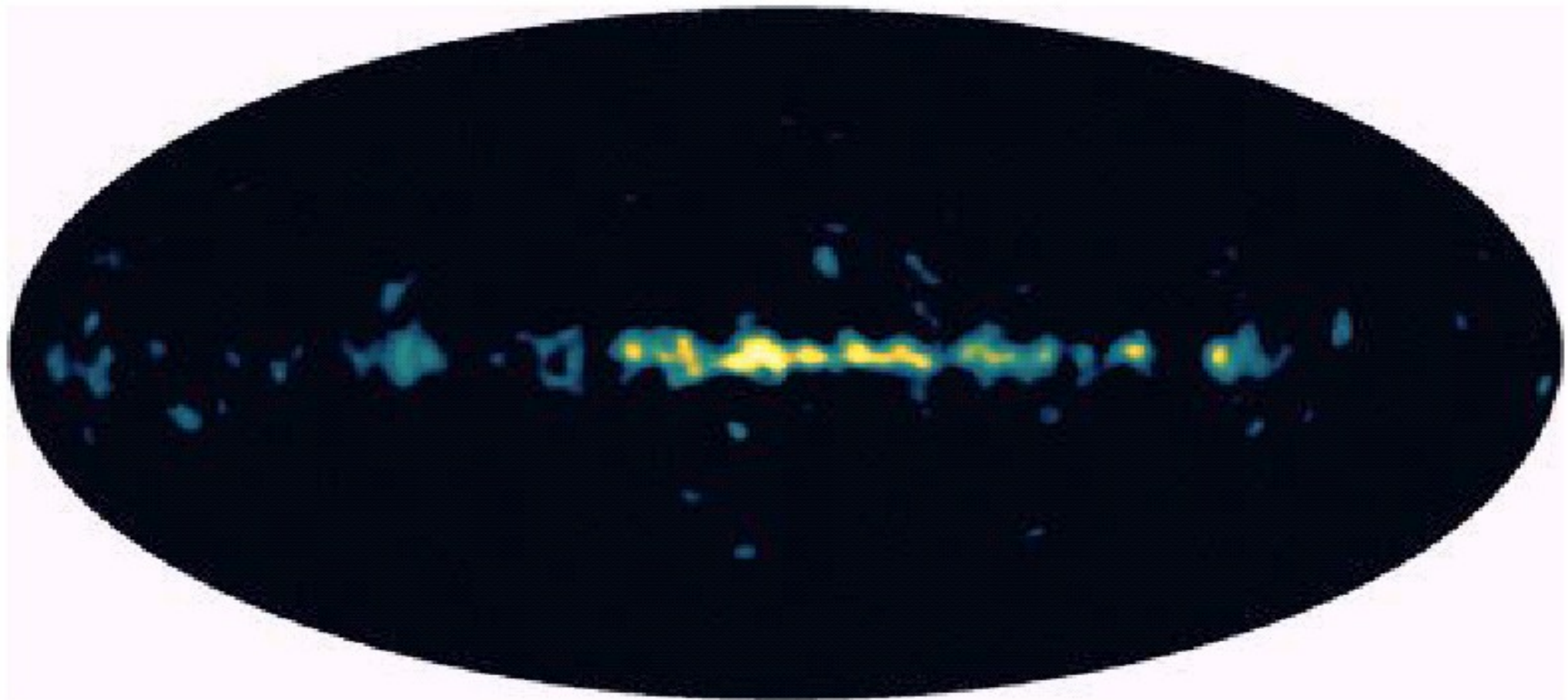
Le ciel en rayons X durs



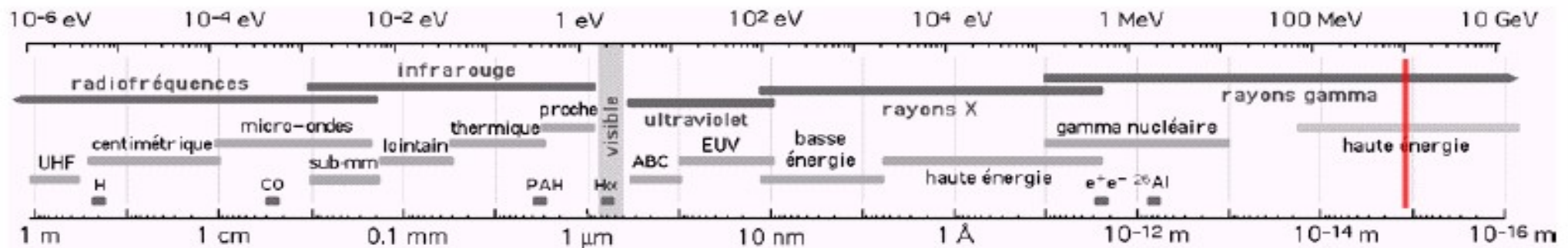
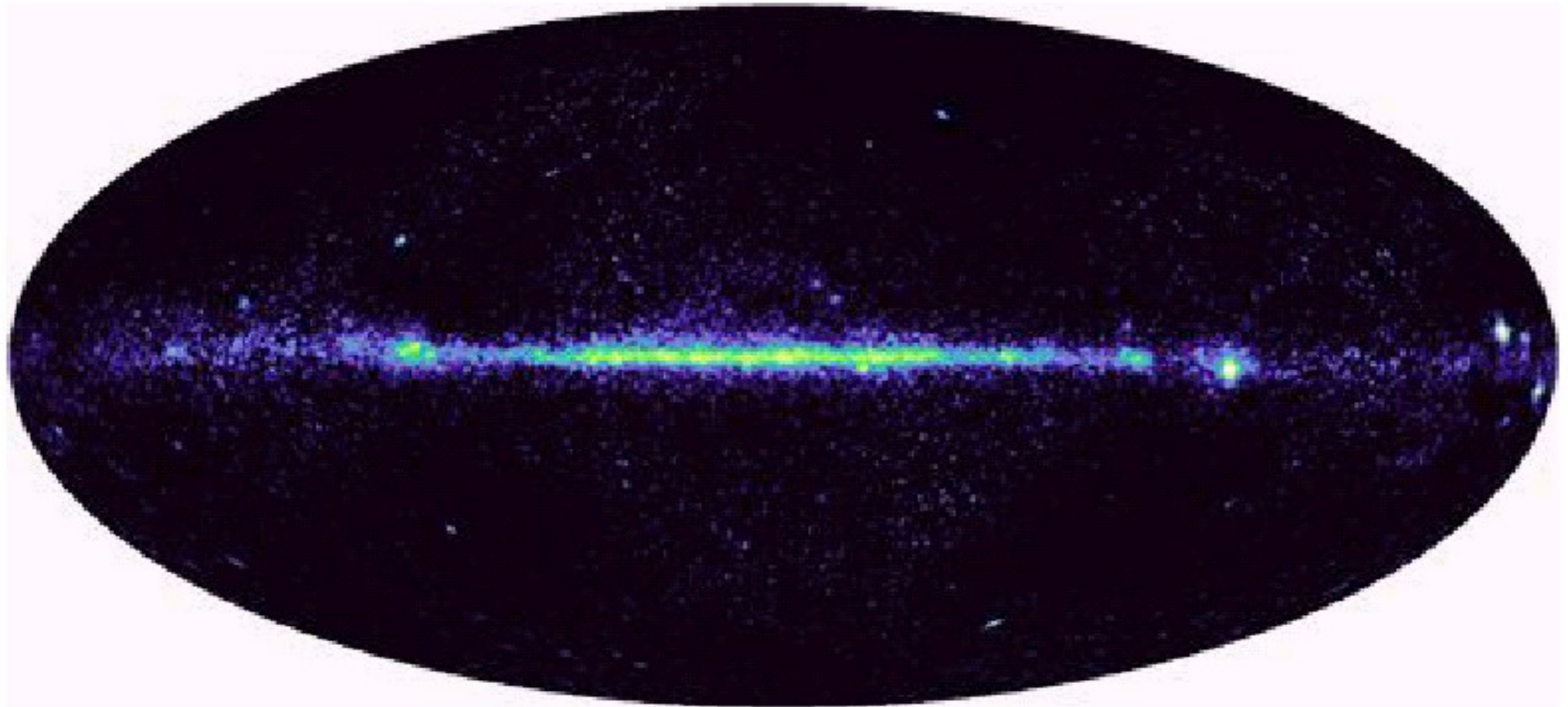
Le ciel en rayons gamma



Le ciel radioactif (^{26}Al)



Le ciel en gamma de haute énergie



En conclusion :

l'essentiel est invisible