

# Réflexion sur la matière et l'énergie

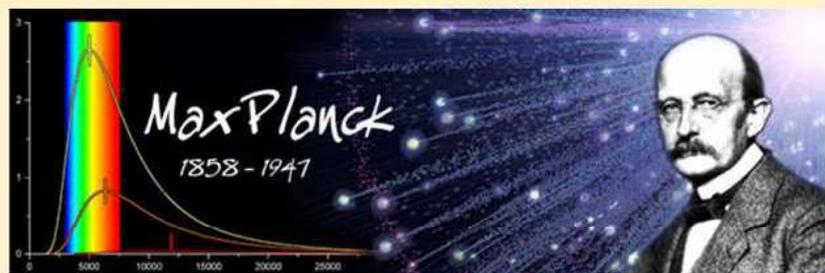
Regardons autour de nous; tout est composée de matière. Comment s'en rendre compte? Parce que nous la voyons, la touchons, la sentons.

Nous la touchons, parce que la matière a une masse, nous la sentons, parce qu'elle présente des états, et ses vapeurs sont détectables, nous la voyons, parce qu'il y a un rayonnement ambiant qui nous la montre.

Tout autour de nous, les rayonnements sont présents. Principalement visible grâce à notre soleil, mais pas seulement, ces rayonnements sont variés.

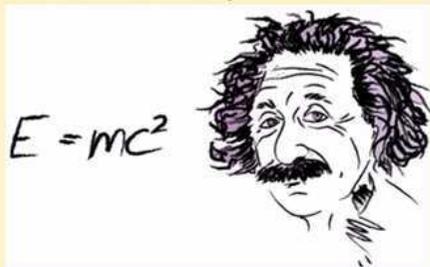
Un rayonnement n'est pas de la matière; c'est de l'énergie.

$$\text{Energie} = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$



Mais, malgré tout, il existe une relation entre matière et rayonnement:

Célèbre relation d'Einstein

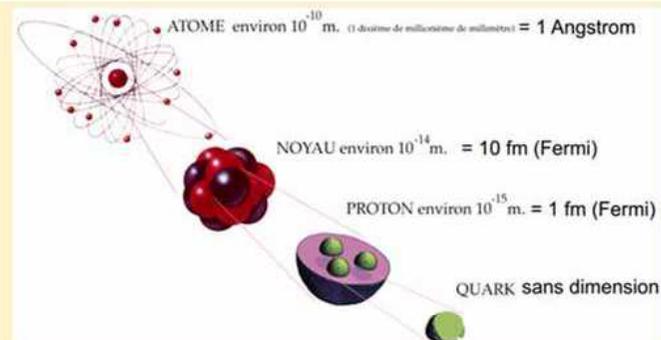


**Qu'est ce que la matière?** Ces arbres qui nous protègent en nous promenant dans la forêt, ce sol que nous foulons, constitué des feuilles mortes, de la terre, de la roche, ces objets qui nous entourent, ... le vivant et le non vivant, le solide, le liquide et le gaz, ... tout ce qui nous entoure est Matière.

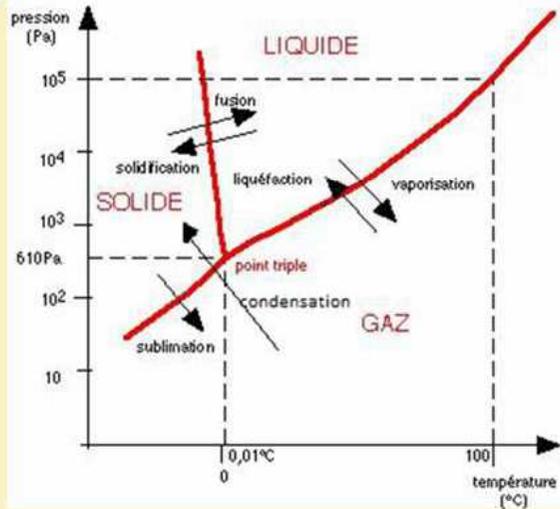


La matière, c'est tout ce qui est constitué des assemblages des atomes, qui sont gouvernés par des lois physiques, donnant une multitude de compositions chimiques.

La matière se transforme, comme le disait si bien Lavoisier; chauffer ou comprimer la matière change d'état en se présentant successivement sous forme solide, puis liquide puis gazeuse.

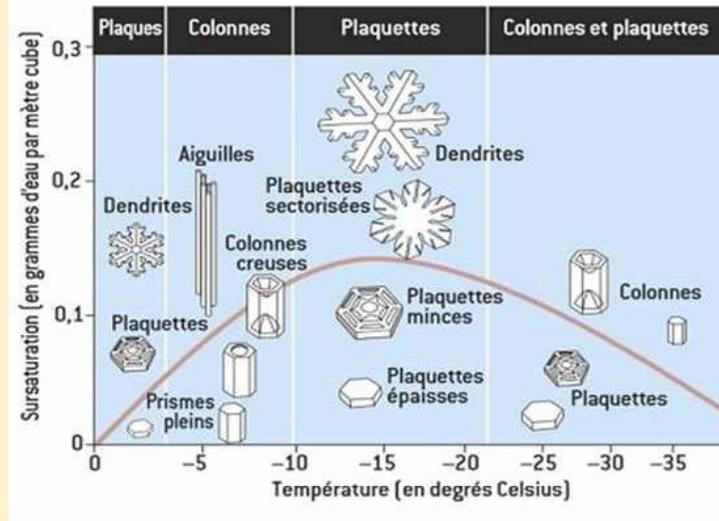


# La matière

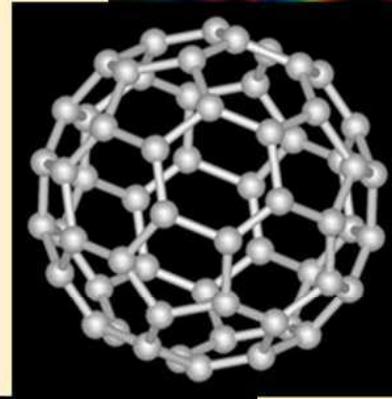


La matière se transforme, comme le disait si bien Lavoisier; chauffer ou comprimer la matière change d'état en se présentant successivement sous forme solide, puis liquide puis gazeuse.

Bien sûr, l'exemple le plus évident est celui de la glace qui devient de l'eau lorsqu'on la chauffe au-dessus de 0°C, et qui devient de la vapeur au-delà de 100°C dans les conditions de pression ambiante. La figure montre que cela peut être plus complexe que l'on puisse imaginer, parce que la matière peut présenter des structures très fines.



L'atome de carbone qui est la base de la chimie de la vie, présente aussi des états spectaculaires; il constitue la mine de nos crayons, friable et noir ... ou il pare les plus somptueux bijoux par son éclat et sa limpidité. Il présente des assemblages encore plus avancés, comme la célèbre forme fullerène. Mais au final, une seule formule: C.

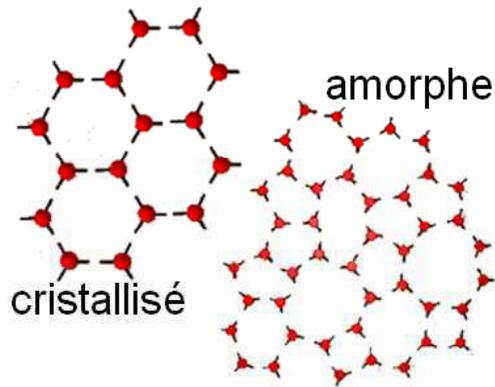


# La matière présente tous ses états

Pression

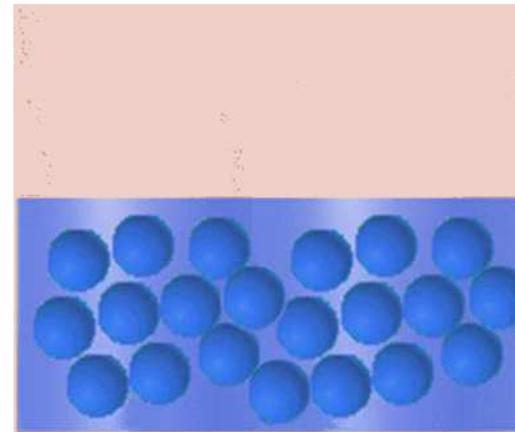
## Qu'est ce qu'un solide?

Un assemblage de molécules très peu mobiles. Ces atomes ou molécules sont capables de vibrer mais pas de se déplacer. Le solide peut être cristallisé ou amorphe. Lorsqu'il est cristallisé, les atomes constituant le solide, sont structurés en présentant des empilements périodiques. Lorsqu'il est amorphe, les atomes constituant le solide sont mélangés de manière aléatoire mais compacte.



## Qu'est ce qu'un gaz?

Un assemblage de molécules mobiles dont les interactions sont éloignées. Un gaz est compressible. En le comprimant suffisamment, le gaz se transforme en liquide.



## Qu'est ce qu'un liquide?

Un assemblage de molécules mobiles mais suffisamment compactes pour ne pas être compressibles.

Température

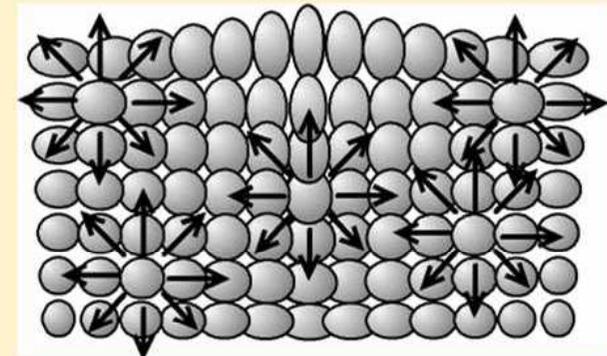
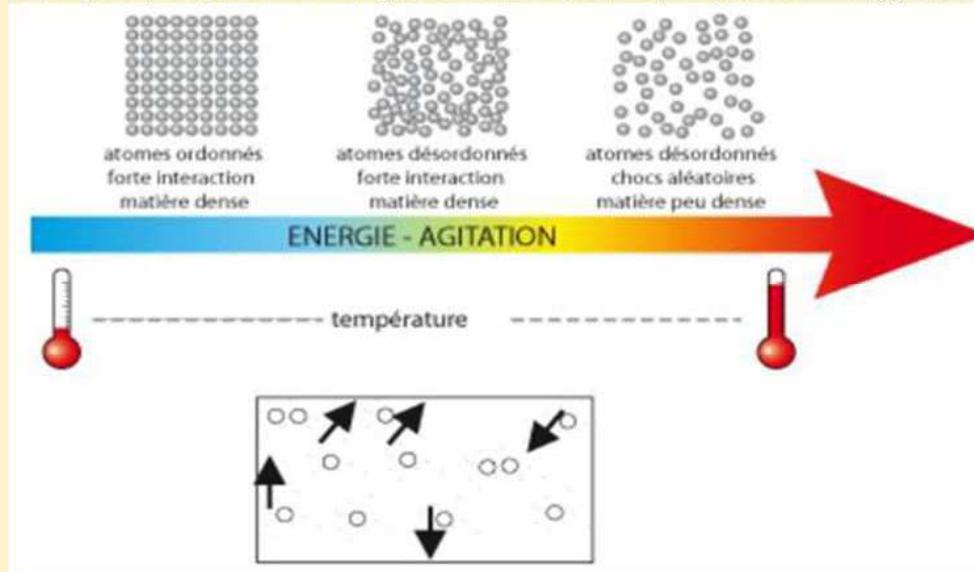
# La matière présente tous ses états

Lorsque l'on chauffe la matière:

Les atomes vont de plus en plus s'agiter.

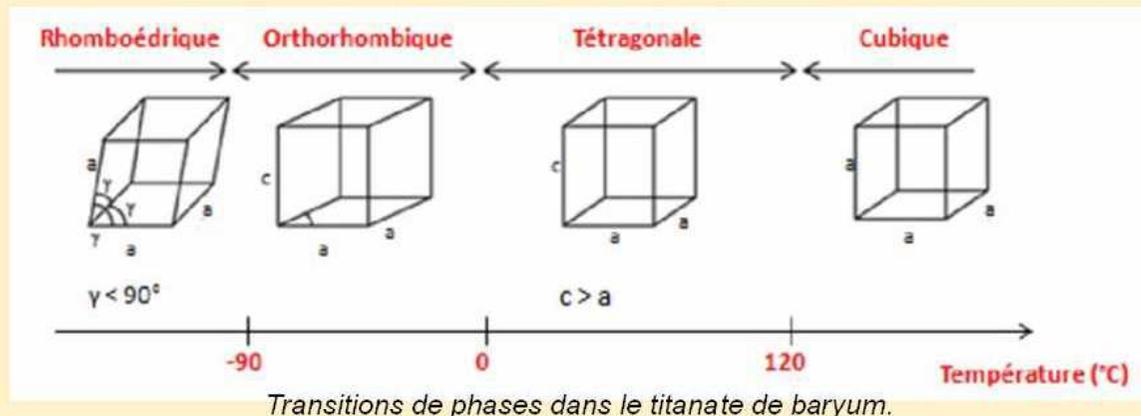
Dans un gaz, les molécules vont augmenter le nombre de collision: la pression augmente.

Dans le liquide, les molécules augmentent leur collision; certaines s'échappent de la surface en donnant de la vapeur.



Dans le solide, les atomes remuent sur place et se poussent les uns les autres. L'équilibre peut être rompu, et le solide peut se réorganiser : il y a transition de phase.

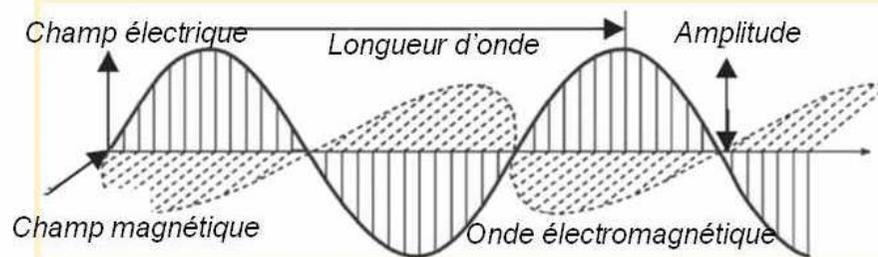
Dans le solide, les atomes remuent sur place et se poussent les uns les autres. L'équilibre peut être rompu, et le solide peut se réorganiser : il y a transition de phase.



# Le rayonnement

Un rayonnement, désigne le processus d'émission ou de propagation d'énergie et de quantité de mouvement impliquant une onde, une particule.

Une onde électromagnétique est une catégorie d'ondes qui peut se déplacer dans un milieu de propagation comme le vide ou l'air, avec une vitesse avoisinant celle de la lumière, soit près de 300 000 kilomètres par seconde. Ces ondes sont par exemple produites par des charges électriques en mouvement.

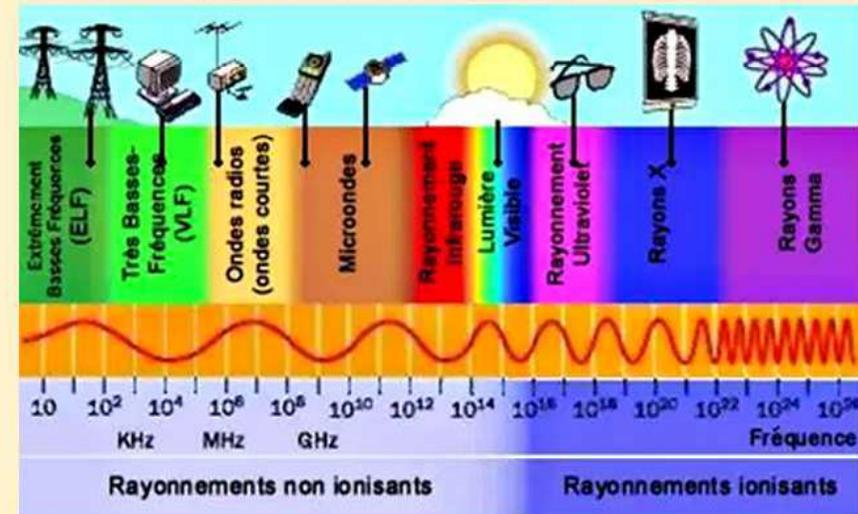
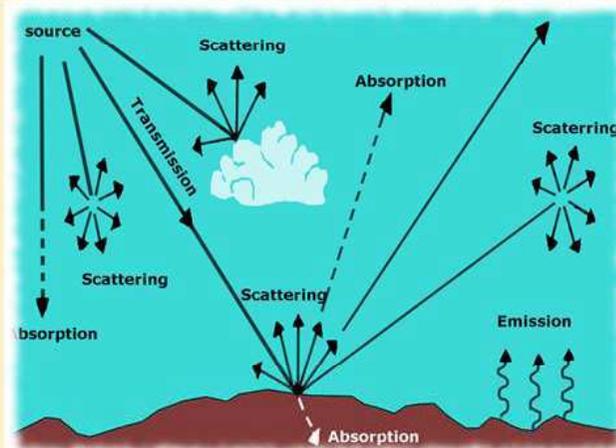


$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

où  $h$  est la constante de Planck,  $6.626 \times 10^{-34}$  J-s.  
Et  $c$ , la vitesse de la lumière

La longueur d'onde caractérise un rayonnement. Plus la longueur d'onde est courte, plus elle est de haute énergie. Les rayonnements gamma sont les plus énergétiques.

## Notre première source de rayonnement : le soleil



Observons notre entourage, éclairé par notre astre. Le rayonnement interagit avec la matière:

- Les surfaces sombres sont échauffées en absorbant le rayonnement
- Les surfaces plus claires réémettent le rayonnement par diffusion ou réflexion. Souvent, seulement une partie du rayonnement est absorbé. Cela met en évidence la couleur de la matière.
- La matière absorbe une partie de l'énergie du rayonnement, et réémet un rayonnement qui lui est propre ; c'est la fluorescence

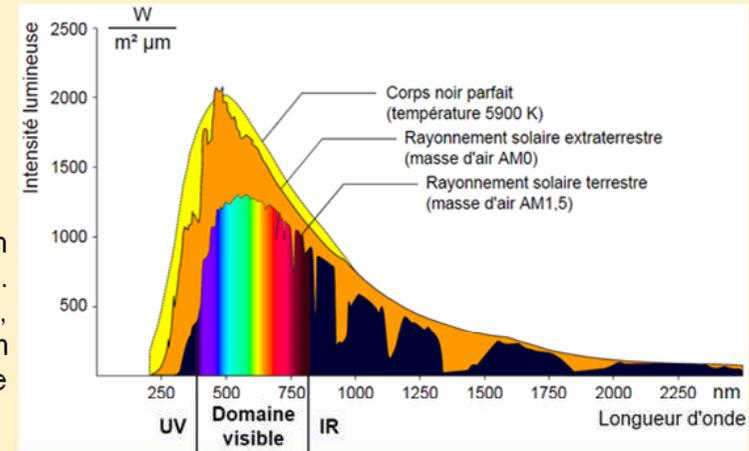
# La spectrométrie

Notre œil est le meilleur détecteur de la nature capable d'identifier les couleurs avec une très haute résolution. La largeur de la bande de détection de l'œil est limitée à la région visible qui est une très petite fraction du spectre des ondes électromagnétiques, insérée entre les rayons gamma et les ondes radio.

Pour étudier les interactions de ces ondes avec la matière, l'homme a développé des instruments spécialisés dans différentes gammes de spectre électromagnétique, appelés **spectroscopes**.

Différents instruments sont conçus selon les régions du spectre. Le changement des états électroniques est associé aux rayons X, La région UV et visible, le changement des états de vibration et de rotation peuvent être étudié avec des mesures infrarouges et de même des spins nucléaires peuvent être étudié dans la gamme des ondes radio.

En 1817, Josef Fraunhofer a étudié le spectre du rayonnement solaire en observant le spectre continu composés de nombreuses raies sombres. Fraunhofer a marqué les raies sombres majeures avec des lettres. En 1859, Gustav Kirchhoff a montré que la raie D du spectre solaire était due à l'absorption du rayonnement solaire par les atomes de sodium. La longueur d'onde de la raie D du sodium est 589 nm.

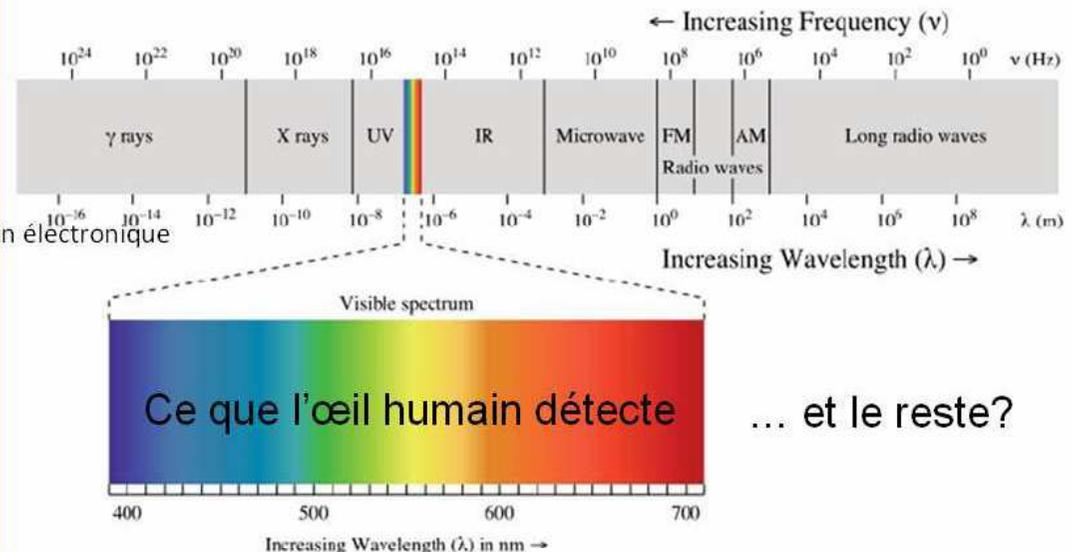


## Types de transitions atomiques et moléculaires

- rayons  $\gamma$  : nucléaire
- Rayons X : électrons au niveau du noyau
- Ultraviolet (UV) : électrons de valence
- Visible (Vis) : électrons de valence
- Infrarouge (IR) : vibrations moléculaires
- Micro-ondes : rotations moléculaires; spin électronique
- Ondes radioélectriques: spin nucléaire

## Pourquoi les feuilles des arbres sont-elles vertes?

Parce que les molécules qui les constituent n'absorbent pas la couleur verte. En revanche, elles absorbent le rouge et le bleu, afin d'utiliser cette énergie pour les réactions du métabolisme.



# La spectrométrie

La spectrométrie permet de détecter et de quantifier les rayonnements émis, soit par des sources lumineuses (spectres des étoiles), soit par la matière excitée par un rayonnement approprié (la feuille de l'arbre).

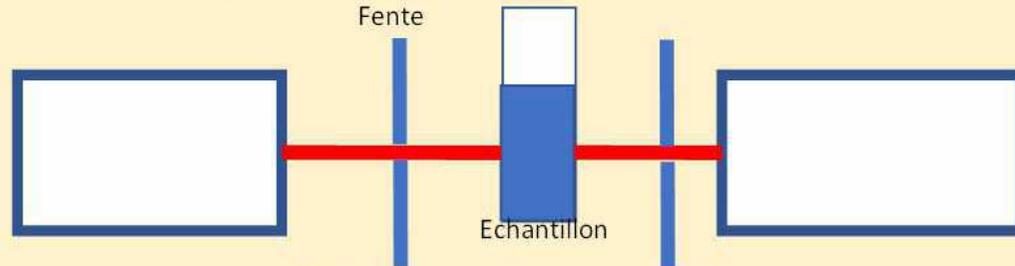
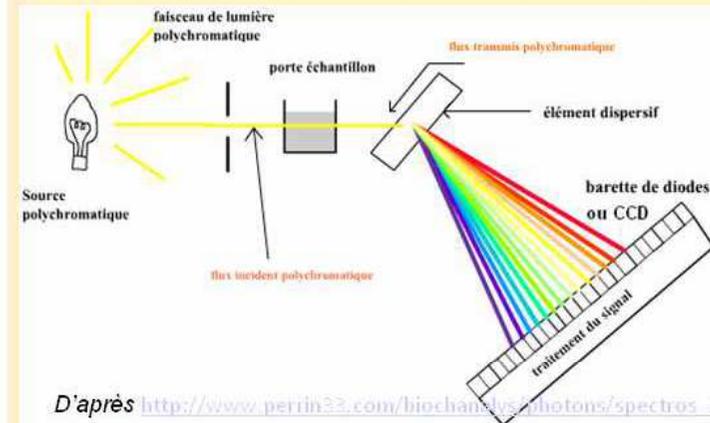


Schéma de principe du spectromètre

Les sources de rayonnement sont toutes celles que l'on peut avoir depuis les rayons X jusqu'aux ondes radios. Le rayonnement permet d'exciter la matière. Selon l'énergie du rayonnement, seulement certaines structures électroniques de la matière seront excitées, et pourront alors donner un signal.

Les **Systèmes d'analyse de rayonnement** sont très variés; Ils doivent permettre de décomposer le rayonnement transmis et de quantifier l'amplitude. Le prisme permet de décomposer la lumière visible.



D'après [http://www.perrin33.com/biochimie/les\\_photons/spectros\\_2.php](http://www.perrin33.com/biochimie/les_photons/spectros_2.php)

Wavelength	1 m	1 mm	1 $\mu$ m	1 nm	1 pm		
Photon Energy	1 $\mu$ eV	1 meV	1 eV	1 keV	1 MeV		
	RF	Microwave	Far-IR Infrared Near-IR	Visible	UV	hard X-rays	$\gamma$ -rays
Spectroscopic methods	NMR	ESR	FT-IR IRAS	Absorption Reflection PL Raman	Absorption UPS	soft X-rays XAFS XPS	PAC MB PAS
Quanta studied	Nuclear spin Electronic spin		Rotation phonon Valence electron		Core electron	Valence electron core electron nuclear spin	

EHZ : exahertz ( $10^{18}$  Hz) - ZHz : zettahertz ( $10^{21}$  Hz) - YHz : yottahertz ( $10^{24}$  Hz)