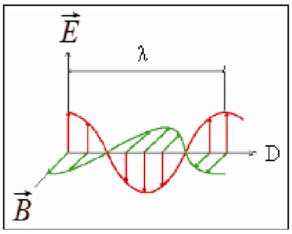
Tut'rentrée biophysique : Les rayonnements électromagnétiques (REM)

1) Caractère ondulatoire des REM :

♥ **Définition des REM :**

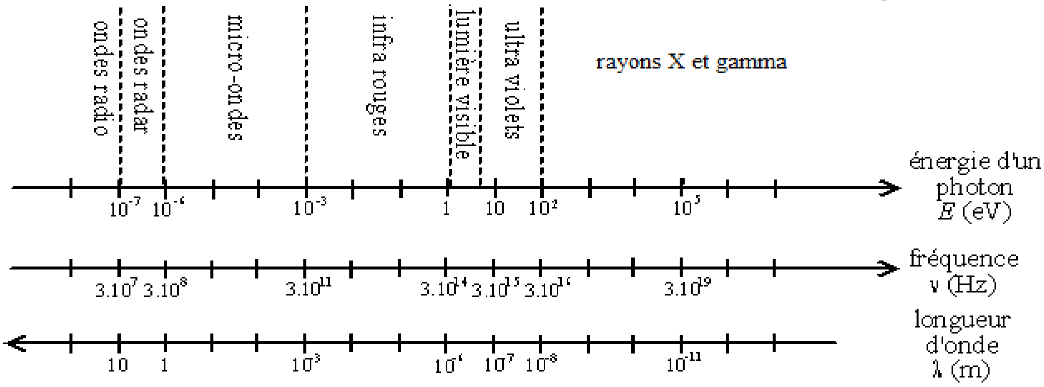
Un REM est un transport d'énergie qui résulte de la propagation d'un champ électrique $\vec{E}$ et d'un champ magnétique $\vec{B}$ qui vibrent en phase, perpendiculairement l'un par rapport à l'autre, et par rapport à la direction de leur propagation (D).



représentation ondulatoire d'une OEM

Leur vitesse de propagation vaut **c = 3.10^8 m.s^{-1}** (célérité de la lumière dans le vide)

On peut différencier les REM selon leur fréquence/longueur d'onde/énergie :



Ces 3 composantes sont liées par les relations :

$\boxed{E = h.\nu}$ et $\boxed{\nu = \frac{c}{\lambda}}$ ce qui donne $\boxed{E = \frac{h.c}{\lambda}}$ (1)

ν et λ varient en sens inverse.		λ	= longueur d'onde en m
ν	= fréquence de l'onde en Hz	c	= en m.s^{-1}
h	= constante de planck = 6,62.10^{-34} J.s	E	= Energie en Joules*

*L'électronvolt est une unité d'énergie adaptée à celles mises en jeu à l'échelle de l'atome.

♥ **Définition de l'eV :** "*1 eV correspond à l'énergie cinétique acquise par un electron dont la vitesse initiale est nulle, lorsqu'il est soumis à une différence de potentiel de 1 Volt* (cf : cours de physique livre 3)".

♥ **Conversion :** 1 ev = 1,6.10^{-19} J

Une simplification de (1) pour le calcul de l'énergie d'un photon : la **relation de Duane et Hunt** :

$$\boxed{E(ev) = \frac{1240}{\lambda(nm)}}$$

(utile pour le calcul rapide mais attention aux unités : eve M les nems => ev = 1000 / nm)

La lumière visible pour l'oeil humain se situe entre des longueurs d'onde de 400 à 800 nm et représente donc une petite partie du spectre électromagnétique.
D'après ces relations on voit que leur énergie est de l'ordre de l'électronvolt.

En imagerie médicale/médecine nucléaire/radiothérapie on utilise des rayonnements d'énergie beaucoup plus forte :

les rayons X et gamma

Nb : photons X et gamma ne diffèrent que par leur origine (nuage électronique pour les rayons X et noyau atomique pour les rayons gamma) et ont donc les mêmes propriétés.

2) <u>Caractère corpusculaire des REM / dualité onde corpusule :</u>

L'émission et l'absorption de lumière par la matière se font de manière discontinue, on parle de quantum d'énergie ou photon (en fait la constante de planck relie l'énergie du photon à sa fréquence $\boxed{E=h.\nu}$).

La relation d'**Einstein**, qui détermine la relation entre masse et énergie $\boxed{E=mc^2}$, permet alors de déterminer la masse "dynamique" des photons ("dynamique" car un <u>photon n'a pas de masse au repos</u>)

$$\boxed{E=mc^2} + \boxed{E=\frac{h.c}{\lambda}} \Rightarrow \boxed{m=\frac{h}{\lambda.c}}$$

Cette relation donne donc la masse d'un photon en fonction de sa longueur d'onde.

Louis de BROGLIE (prononcer "de breuil") généralisa cette relation à chaque particule en mouvement (prix nobel):
"à chaque particule en mouvement (ex: électron) on peut associer une onde dont λ est donné par la relation :

$$\boxed{m=\frac{h}{\lambda.vitesse}}$$

m en kg / si λ en m / et v en $m.s^{-1}$
C'est à dire les unités du système international (USI)

(!) Attention cependant en ce qui concerne la masse : en physique relativiste la notion de masse constante n'est pas vraie : pour une vitesse proche de celle de la lumière (on prendra une vitesse > 1.10^8 $m.s^{-1}$ ou β > 0,5) ,
la masse de la particule dépend de sa vitesse d'après la relation :

$$\boxed{m=\frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}} \; ; \; \boxed{\beta=\frac{v^2}{c^2}} \; \} \; \boxed{m=\frac{m_0}{\sqrt{1-\beta}}}$$

Remarque : On voit donc que plus la vitesse d'une particule se rapproche de la vitesse de la lumière et plus l'énergie qu'il faut lui fournir pour l'accélérer est grande, si bien qu'il faudrait en théorie lui fournir une énergie infinie pour qu'elle l'atteigne.
Ceci conforte donc la théorie de la masse nulle du photon (pour retenir).

<u>Nb</u>: Si dans la relation $\boxed{E=mc^2}$ vous utilisez la masse de la particule en mouvement, vous trouverez son énergie TOTALE (énergie de masse + énergie cinétique), en revanche si vous utilisez Δm = m - m_0 , l'augmentation de masse relativiste vous trouverez son énergie cinétique.

ΔE = Δmc²	= énergie cinétique d'une particule relativiste	vitesse > $10^8 m.s^{-1}$	β > 0,5
Ec = 0,5 mv²	= énergie cinétique d'une particule non relativiste	vitesse < $10^8 m.s^{-1}$	β < 0,5

U.M.A.
Comme pour les énergies à l'échelle de l'atome, le kg n'est pas adapté à cette échelle, on préfère utiliser l'unité de masse atomique ou u.m.a.
♥ Il s'agit du 12ème de la masse d'un atome de carbone 12.
Soit : 1 uma = 1/N = $1,66.10^{-27}$ kg

On peut calculer l'energie correspondant à 1 uma : E(1uma) = $1,66.10^{-27}$ x $(3.10^8)^2$ = $1,49.10^{-8}$ J
$1,49.10^{-8}$ x $1,6.10^{-19}$ = 931,5 MeV

$$\boxed{1 \text{ uma} = 931,5 \text{ MeV/c}^2}$$

Donc lorsque vous calculez par exemple une augmentation de masse relativiste de 0,005 uma, l'énergie équivalente correspondante en Mev est de 0,005 x 931,5 = 4,66 Mev.