

Chapitre 1 Généralités et classification des rayonnements non ionisants

1. Introduction

Un rayonnement est défini comme un mode de propagation de l'énergie dans l'espace, vide ou matériel. Cette énergie, qui est dite « énergie rayonnée » ou « énergie radiante », se trouve sous la forme soit d'ondes électromagnétiques (photon), soit de particules massives (rayonnement corpusculaire).

2. Classification des rayonnements

2.1. Les rayonnements ionisants

Ce sont les rayonnements dont l'énergie est suffisante pour arracher un électron aux atomes du milieu absorbant et les transformer en ions positifs. L'atome le plus facilement à être ionisé est le potassium, avec une énergie d'ionisation de 4,3 eV. L'énergie de liaison des électrons les moins liés des atomes de la matière vivante (H, C, N, O) est 12,4 eV.

Les rayonnements peuvent être, selon leur nature, directement ou indirectement ionisants.

2.1.1. Les rayonnements directement ionisants :

Ce sont des particules chargées qui délivrent leur énergie directement à la matière, par le jeu des forces coulombiennes. Les transferts d'énergie dépendent des particules et de leur énergie. On distingue les particules chargées lourdes (proton, deuton, alpha, ions lourds) et les particules légères (électrons).

2.1.2. Les rayonnements indirectement ionisants, électriquement neutres, sont susceptibles de transférer une fraction ou la totalité de leur énergie en une seule interaction à des particules chargées. Ce sont ensuite ces particules secondaires qui ionisent le milieu. Dans ce cas, l'ionisation se fait en deux étapes. Les rayonnements électromagnétiques (X et γ) et les neutrons entrent dans cette catégorie.

2.2. Les rayonnements non ionisants

Ce sont des rayonnements qui ne possèdent pas une énergie suffisante ou incapable de provoquer l'ionisation d'atomes de molécules d'intérêt biologique, riches en azote, oxygène et hydrogène comme les électromagnétiques (onde radio, Ultra-violet ...).

Autrement dit l'énergie du rayonnement E est inférieure à l'énergie d'ionisation E_i du matériau comme résumé dans les équations :

$$E = h \nu \quad (1)$$

$$E \langle E_i \tag{2}$$

Remarque

Pour les atomes organiques, les énergies d'ionisation sont de l'ordre de la dizaine d'électronvolts

Ces RNI préservent les quatre atomes d'intérêt biologique (H, C, N, O) les plus représentés, même si certains UV peuvent ioniser certains alcalins. De plus, il faut dépenser plus de 13,6 eV en moyenne pour ioniser une particule. Par conséquent il faut retenir pour les rayonnements ionisants un seuil de 13,6 eV. Les RNI sont composés d'une grande partie des UV, le visible, l'infrarouge (IR), les micro-ondes et toutes les ondes de radiofréquences.

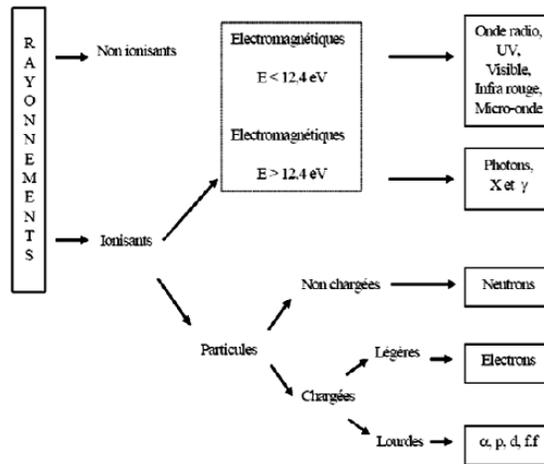


Figure 1. Classification des rayonnements

3. Sources de rayonnements

En générale une source de rayonnement est un milieu, objet ou un appareil qui peut transformer de l'énergie sous une forme quelconque en énergie radiante (rayonnante)

Exemple : - Une lampe transforme de l'énergie électrique en énergie radiante (lumière)

- Une substance radioactive transforme l'énergie nucléaire en énergie radiante

(rayonnement radioactive)

3.1. Rayonnement électromagnétique

Les rayonnements électromagnétiques (REM) sont des radiations produites par des vibrations électroniques matérielles et se propageant dans l'espace (vide ou matière) sous forme d'onde électromagnétique (OEM), photons.

Une OEM correspond à la propagation d'un champ magnétique **H** et d'un champ électrique **E** perpendiculaire l'un à l'autre dans une direction linéaire perpendiculaire au plan comportant le champ électrique et le champ magnétique désigné par le vecteur de Poynting **P=E x H**. L'OEM résultante se déplace avec une vitesse $c = \sqrt{\mu \epsilon}$ avec μ et ϵ sont respectivement la perméabilité magnétique et permittivité électrique du milieu de propagation.

Pour un REM monochromatique (λ unique), l'énergie radiante du photon est donnée par :

$$E=h\nu=hc/\lambda_{\text{vide}}=h\nu/\lambda=hc/(n\lambda) \tag{3}$$

Avec $\nu=1/T$ est la fréquence des oscillations, h est la constante de Planck ($h=6,626 \cdot 10^{-34}$ J · s)

D'où :

$$\lambda=\lambda_{\text{vide}}/n \tag{4}$$

$$n = \sqrt{\mu_r \epsilon_r} \tag{5}$$

Avec n est l'indice de réfraction du milieu μ_r et ϵ_r sont respectivement la perméabilité magnétique relative et la permittivité électrique relative.

Sachant que 1 eV vaut environ $1,6 \cdot 10^{-19}$ J, on peut aussi écrire :

$$E(\text{eV})=1240/\lambda \text{ (nm)} \tag{6}$$

Avec λ est la longueur d'onde du REM prise en « nm » $1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$.

Dans le visible, la fréquence du photon détermine sa couleur. L'équation (1) $E=h\nu$ permet une classification des REM selon leur chromaticité (qualité physique propre).

Le rayonnement électromagnétique peut avoir lieu lors de :

- Une transition électronique entre deux états d'énergie d'une molécule ou d'un atome.
- La transition d'un nucléon entre les états d'énergie d'un noyau.
- Freinage d'une particule chargée dans la matière

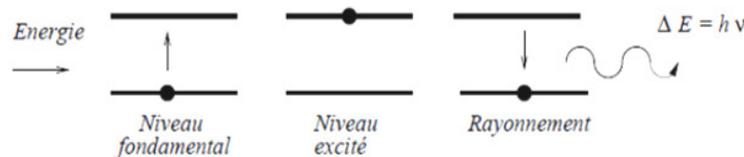


Figure 2. Principe de l'émission d'un photon lors d'une transition entre 2 niveaux énergétiques

3.2. Rayonnement corpusculaire

Ce sont des rayonnements formés par des particules massives comme électron, proton

ions...etc. Des faisceaux de ces rayonnements peuvent être produits par :

- Substances radioactives
- Accélérateur de particules
- Réacteurs nucléaires...etc.

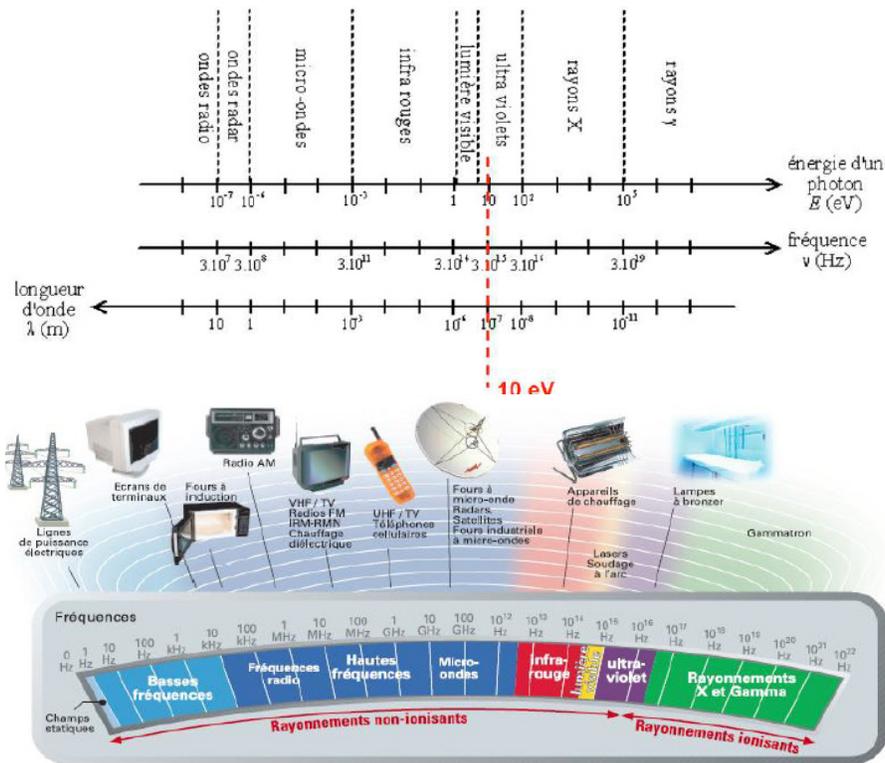


Figure 3 Spectre des ondes électromagnétiques

4. Sources primaires et secondaires de REM non ionisants

4.1. Les sources primaires

Les sources primaires sont capables d'émettre de façon autonome des REM. Les spectres de ces rayonnements sont soit *continu* d'origine thermique (incandescence ou lumière chaude) ou *discontinu* d'origine quantique (luminescence ou lumière froide).

Le spectre continu caractérise les émissions d'origine thermique (soleil, feu, tout être vivant chaud ou matériau chaud) et ne dépend pas de la nature (forme et composition) de la source émissive mais seulement de sa température.

Exemple : deux matériaux différents en matière de composition chauffés à la même température possèdent le même spectre et qui est continu.

Par contre les émissions quantiques ont des spectres discrets issus des caractéristiques atomiques et moléculaires de la structure de la source.

4.2. Les sources secondaires

Les sources secondaires sont des objets éclairés renvoyant par réflexion et diffusion multidirectionnelles tout ou partie du REM provenant d'une source extérieure, primaire ou secondaire.

Remarque

Une source secondaire est dite **lambertienne** si elle réémet dans toutes les directions devant elle de façon diffuse et non sélective dans un milieu isotrope. Par conséquent, l'exitance E dans une telle situation peut être calculée par la loi de Lambert par : $exitance = \pi \times luminance$

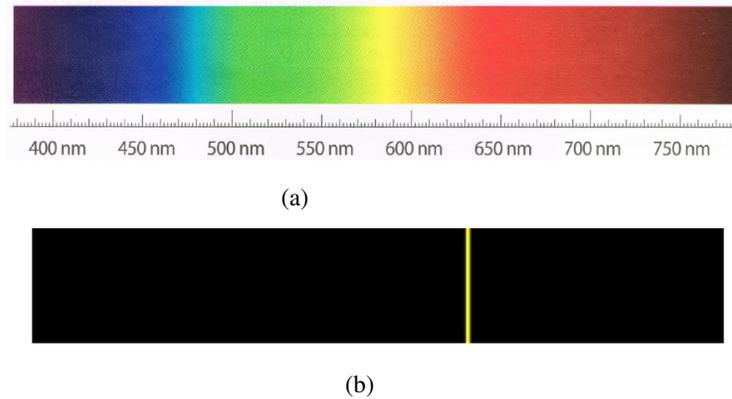


Figure 4. Exemple de spectres :

- a) Continu correspondant à une émission thermique dans le visible
- b) Discret correspondant à l'émission du sodium présentant une seule longueur d'onde du jaune (monochromatique)

5. Grandeurs radiométriques

Les grandeurs radiométriques sont utilisées pour quantifier les émissions des REM. Ces grandeurs données ci-dessous s'appliquent aux faisceaux monochromatique (λ unique) et poly-chromatiques (plusieurs longueurs d'ondes λ_i).

5.1. Flux

Le flux d'un rayonnement Φ est la quantité de la variation de l'énergie du rayonnement par rapport au temps. Il est donné par :

$$\Phi = dE/dt \tag{8}$$

L'unité du flux Φ est le Watt (W) ou $J.s^{-1}$

5.2. Exitance

L'exitance M du flux émis est une caractéristique de la source de rayonnement. Elle est considérée une une variation de la quantité du flux Φ de la source pa rapport à la surface recevant le rayonnement. L'émittance M est donnée par :

$$M = d\Phi/dS \tag{9}$$

L'unité de l'exitance M est $W.m^{-2}$.

5.3. Intensité

L'intensité d'un rayonnement appelée aussi puissance angulaire est la quantité de variation du flux du rayonnement par rapport à l'angle solide Ω . L'intensité peut être calculée par :

$$I = d\Phi/d\Omega \quad (10)$$

L'unité de l'intensité est $W.sd^{-1}$ avec sd (stéradian) est l'unité de l'angle solide.

5.4. Fluence

La fluence F est la quantité de la variation de l'énergie E d'un rayonnement donnée sur une surface éclairée S . Elle est donnée par :

$$F = dE/dS \quad (11)$$

L'unité de la fluence est $J.m^2$.

5.5. Eclairement

L'éclairement d'une surface S est variation du flux Φ d'un rayonnement donnée issue ou éclairant une surface S . L'éclairement E peut être obtenu par :

$$E = d\Phi/dS \quad (12)$$

L'unité de la l'éclairement est $W.m^{-2}$.

N.B.:

- Une fois les semaines allouées à ce chapitre s'approchent d'être épuisées, le chargement sur site du **chapitre 2** sera effectué.