

1 Le domaine des radiations électromagnétiques

Doc. 1 D'autres radiations hors du domaine visible

De nombreuses ondes, comme les ondes radioélectriques, les radiations infrarouges et ultraviolettes, les rayons X, les rayons γ et les rayons cosmiques, possèdent des propriétés semblables à celles de la lumière visible (propagation, réflexion, réfraction, diffusion).

On appelle radiations, ou encore ondes électromagnétiques, toutes les ondes de même nature que la lumière. Ces ondes se propagent dans le vide à la célérité $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et transportent de l'énergie.

Chaque radiation est caractérisée par sa fréquence ν (nu) ou par sa longueur d'onde dans le vide λ_0 (lambda) :

$$\text{et } \lambda_0 = \frac{c}{\nu}$$

avec ν en hertz (Hz), τ secondes par seconde ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$).

λ_0 en mètres (m) et c en

Les unités courantes de longueur d'onde sont :

- le micromètre ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$) ;
- le nanomètre ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) ;
- le picomètre ($1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$).

Document 1

- Q1 a / Rappeler le domaine de longueur d'onde des radiations visibles à l'œil.
 Q1 b / Dans le domaine des ondes présenté à la figure 1, la partie occupée par le visible est-elle réduite ou large ?

La figure 1 présente les différentes ondes qui nous entourent avec 2 échelles :

- L'échelle des longueurs d'onde λ_0
- L'échelle des fréquences ν

- Q2 a / Quelle est la relation entre λ_0 et ν ? Préciser les unités. (voir chap physique N°6)
 Q2 b / Comment varie la fréquence ν d'une onde quand la longueur d'onde λ_0 augmente ?

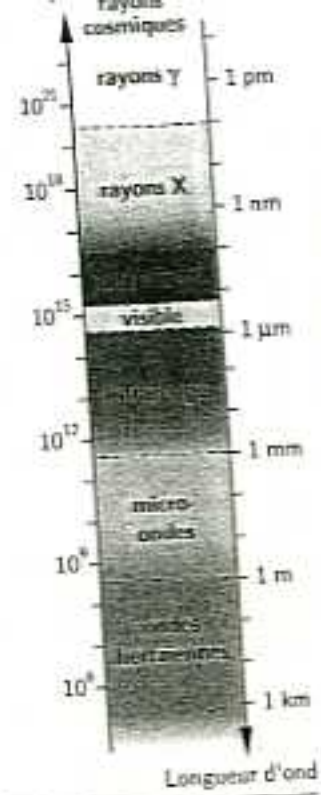


Figure 1. Les différentes ondes électromagnétiques.

Doc. 2

Les effets des radiations électromagnétiques sur l'être humain varient en fonction des valeurs de longueurs d'onde de ces rayonnements.

Les radiations ionisantes sont des ondes électromagnétiques de courtes longueurs d'onde (rayons X et gamma) capables de transformer des atomes en ions. Elles sont très énergétiques.

Les radiations non-ionisantes sont des ondes électromagnétiques qui n'ont pas l'énergie suffisante pour produire des ions au contact de la matière (ondes hertziennes, micro-ondes, infrarouges, lumière visible, ultraviolets).

Document 2

- Q3 / Les radiations très énergétiques sont-elle de courtes longueurs d'onde ou de grande longueur d'onde λ_0 ?
 Q4 a / Citer les 2 rayonnements très énergétiques mentionnés dans le texte.
 Q4 b / Citer 4 rayonnement peu énergétiques mentionnés dans le texte.
 Q4 c / Une radiation de fréquence très élevée est-elle très énergétique ? Justifier.

2 La mise en évidence de rayonnements invisibles

• La lumière blanche

Document 3

L'expérience de dispersion de la lumière blanche montre que la lumière blanche résulte de la superposition d'un ensemble de radiations monochromatiques. Son spectre s'étend du rouge au violet.

Les longueurs d'onde dans le domaine du visible sont telles que $400 \text{ nm} < \lambda_{\text{visible}} < 800 \text{ nm}$.

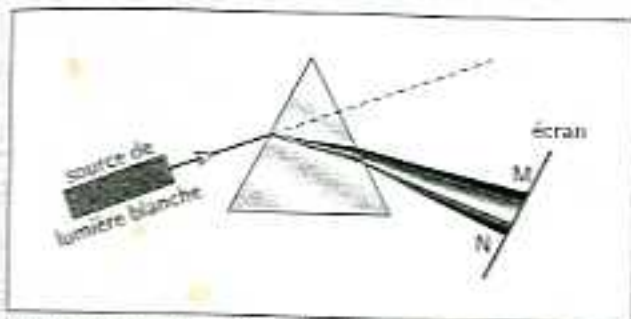


Figure 2. La déviation et la dispersion d'un faisceau de lumière blanche.

• Les infrarouges

Une photodiode, reliée à un circuit électrique, placée en M en dehors du spectre visible, détecte un rayonnement invisible pour l'œil : le rayonnement infrarouge.

Ce rayonnement peut être détecté par d'autres capteurs sensibles aux infrarouges comme une photorésistance (conducteur dont la résistance diminue quand il est éclairé) ou une caméra CCD *charge coupled device*, constituée d'un très grand nombre de cellules photosensibles qui produisent des signaux électriques quand elles reçoivent des radiations adaptées.

Des radiations invisibles existent en deçà du rouge et sont appelées les radiations infrarouges ou simplement infrarouges (IR).

En 1800, l'astronome anglais William Herschel a mis en évidence le rayonnement infrarouge en plaçant un thermomètre à mercure dans le rouge et hors du spectre de la lumière blanche.

• Les ultraviolets

Une plaque recouverte d'une substance fluorescente, placée en N en dehors du spectre visible, prend une teinte bleutée sous l'action d'un rayonnement invisible pour l'œil : le rayonnement ultraviolet.

Ce rayonnement peut être détecté par une plaque photographique qui noircit ou par une cellule photoélectrique (capteur électronique sensible aux ultraviolets).

Des radiations invisibles existent au-delà du violet et sont appelées les radiations ultraviolettes ou ultraviolets (UV).

En 1801, le physicien allemand Johann Ritter a découvert l'existence des UV par leur action sur des sels d'argent.

• Les rayons X

Le rayonnement X invisible, découvert de façon fortuite par le physicien allemand Wilhelm Röntgen en 1895, excite la fluorescence d'un sel de platino-cyanure de baryum. Ce rayonnement X est ainsi nommé car sa nature est restée longtemps inconnue.

Les résultats des expériences du physicien allemand Max Von Laue en 1912, complétés plus tard par ceux d'autres physiciens, ont permis d'établir la nature électromagnétique des rayons X.

Document 3
5/ Les infrarouges, les UV et les RX appartiennent-elles au domaine du visible ?
6/ Citer pour chacun de ces rayonnements le nom de la personne qui les a découverts.

3 Les sources et les natures des rayonnements IR, UV et X

Les radiations infrarouges (IR) sont émises par le Soleil et tous les corps chauds comme le corps humain, un radiateur, une plaque de cuisson, les diodes électroluminescentes (DEL) à infrarouges, certains lasers, etc.

L'émission des IR résulte de l'agitation des atomes du corps.

Les radiations infrarouges sont des ondes électromagnétiques de même nature que la lumière visible mais de longueurs d'onde supérieures :

$$800 \text{ nm} < \lambda_{\text{IR}} < 1 \text{ mm}$$

La longueur d'onde des IR dépend de la température et de la nature de la source.

On distingue les infrarouges proches ($0,80 \mu\text{m}$ à $3 \mu\text{m}$), les infrarouges moyens ($3 \mu\text{m}$ et $30 \mu\text{m}$) et les infrarouges lointains de plus grande longueur d'onde ($30 \mu\text{m}$ à 1 mm).



Document 4 : IR

Q7 / Citer des exemples de sources de rayonnement infrarouge.

Q8 / La longueur d'ondes des IR est-elle plus grande ou plus petite que le visible ?

Les radiations ultraviolettes (UV) sont émises par le Soleil et par des sources artificielles comme une lampe à vapeur de mercure ou certains lasers (excimer) par exemple. Le filament incandescent d'une lampe, un arc électrique produisent des UV mais en faibles proportions. Le synchrotron (accélérateur de particules) est une source d'ultraviolets très utilisée pour la recherche scientifique.

Les UV sont émis par les atomes des corps incandescents ou par les atomes des gaz excités par des décharges électriques.

Les radiations ultraviolettes sont des ondes électromagnétiques de même nature que la lumière visible mais de longueurs d'onde inférieures :

$$10 \text{ nm} < \lambda_{UV} < 400 \text{ nm}$$

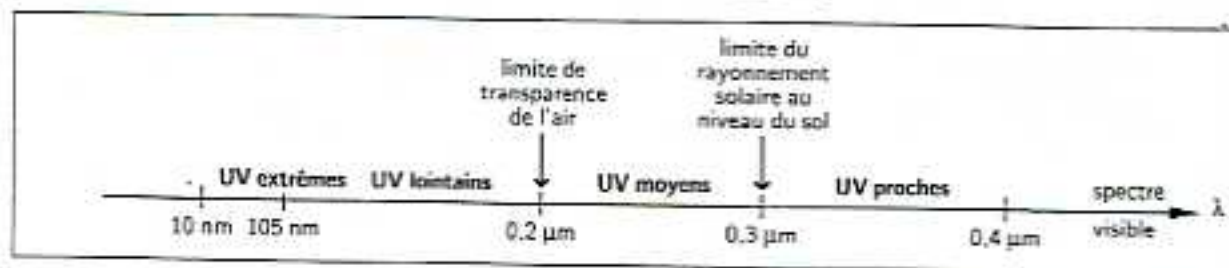


Figure 2.

On distingue les ultraviolets proches (400 nm à 300 nm), les ultraviolets moyens (300 nm à 200 nm), les ultraviolets lointains (200 nm à 100 nm) et les ultraviolets extrêmes (100 nm à 10 nm).

Q →

Document 5 : UV

Q9 a / Citer des exemples de sources de rayonnement ultraviolets.

Q9 b / Un grille pain émet-il des UV ou des IR ?

Q10 / La longueur d'ondes des UV est-elle plus grande ou plus petite que le visible ?

Doc 6 Les rayons X

Les rayons X sont produits dans un tube de Coolidge, ampoule de verre dans laquelle règne un vide poussé. La cathode, filament de tungstène porté à haute température, émet des électrons qui sont accélérés par une tension élevée. Ils heurtent à très grande vitesse les atomes d'un métal pur constituant l'anticathode. Cette perturbation des atomes du métal entraîne l'émission du rayonnement X.

Les rayons X cosmiques sont émis par les atomes des corps dont la température est très élevée comme le Soleil ou certaines étoiles. Le synchrotron est également une source de rayons X très utilisée.

La « qualité » des rayons X (ou capacité de pénétration) dépend de la vitesse maximale des électrons liée à la valeur de la tension accélératrice. Les rayons X durs, très pénétrants, sont obtenus avec de grandes valeurs de tension accélératrice.

Les rayons X sont des ondes électromagnétiques de même nature que la lumière visible mais de courtes longueurs d'onde :

$$1 \text{ pm} < \lambda_X < 10 \text{ nm}$$

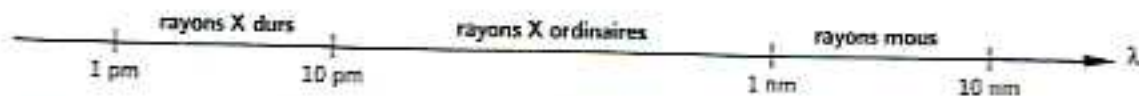


Figure 4.

On distingue les rayons X mous (10 nm à 1 nm), les rayons X ordinaires (1 nm à 10 pm) et les rayons X durs (10 pm à 1 pm).

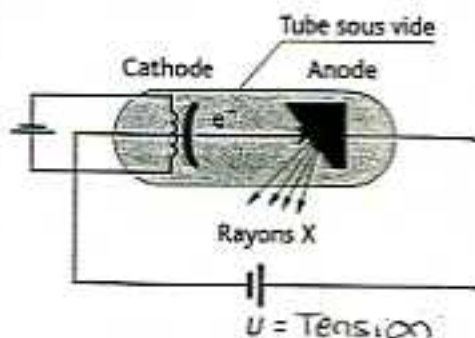
Q →

Document 6 : RX

Q11 a / La longueur d'ondes des RX est-elle plus grande ou plus petite que le visible ?

Q11 b / Les RX sont-ils des rayonnements plus énergétiques ou moins énergétiques que les ondes visibles ?

Q12 / Citer les 3 types de RX. Quel est le plus pénétrant ?



U = Tension

4. Les effets biologiques et les protections

Doc. 7 Les radiations infrarouges

● L'absorption des infrarouges

Les infrarouges terrestres sont absorbés par le dioxyde de carbone, l'ozone, la vapeur d'eau de l'atmosphère et la plupart des matériaux transparents (l'eau, le verre, le quartz...). Les infrarouges solaires atteignent la Terre (proche IR). Le diazote, le dioxygène et quelques corps comme le silicium et le germanium transmettent les infrarouges. Quelles sont les conséquences de l'absorption de ces radiations ? Les infrarouges absorbés par un corps provoquent en général une élévation de sa température.

❖ Document 7 : Absorption des IR

Q13 / Quelles sont les conséquences biologiques de l'absorption des IR ?

Doc. 8 Les radiations ultraviolettes

● L'absorption des ultraviolets

Les radiations ultraviolettes de longueurs d'onde inférieures à 200 nm sont absorbées par le dioxygène. L'ozone absorbe celles de longueurs d'onde inférieures à 300 nm. Le verre absorbe les UV de longueurs d'onde inférieures à 360 nm. Le quartz est transparent aux UV de longueurs d'onde supérieures à 200 nm.

Le phénomène d'absorption pour les ultraviolets dépend de la longueur d'onde de la radiation, de la nature et de l'épaisseur du corps traversé. Les ultraviolets sont en général absorbés par la matière.

L'absorption des UV par la matière peut provoquer l'émission de radiations visibles et donc la fluorescence de certaines substances, ou déclencher des réactions chimiques : impression d'une plaque photographique, photosynthèse grâce à la chlorophylle, formation d'ozone ou trioxygène dans la haute atmosphère.

L'énergie rayonnante des radiations UV absorbées peut se transformer en énergie électrique (capteur électronique). Les effets des ultraviolets sont souvent chimiques ou biologiques.

Selon leur pouvoir de pénétration dans le derme et l'épiderme, les UV sont divisés en trois catégories :

Les UVA, les moins énergétiques et les plus pénétrants, brunissent la peau mais accélèrent le vieillissement de la peau à long terme.

Les UVB, moins pénétrants mais plus énergétiques, sont absorbés par l'épiderme et sont responsables des rougeurs et brûlures de la peau.

Une partie de l'énergie rayonnée est absorbée, elle met en vibration les atomes de la matière et se transforme en chaleur. Les effets des infrarouges sont souvent thermiques.

● Au niveau biologique

Les radiations IR provoquent l'échauffement des tissus (la peau rougit). Les infrarouges du Soleil sont responsables des coups de chaleur s'accompagnant d'une déshydratation. Les infrarouges terrestres échauffent l'atmosphère (effet de serre).

– Les UVC, les plus énergétiques, donc les plus dangereux, cassent les liaisons chimiques mais la quasi-totalité est arrêtée par la couche d'ozone.

● Au niveau biologique

Une irradiation modérée aux ultraviolets est bénéfique pour la santé. Elle favorise la synthèse de la vitamine D antirachitique et l'assimilation du calcium.

Sous l'effet de rayonnement ultraviolet, le corps libère un pigment brun, la mélanine, qui assure une protection de la peau en absorbant les UV et en bloquant leur pénétration.

L'exposition prolongée aux UVA et UVB entraîne la formation de radicaux libres qui accélère le vieillissement de la peau et augmente le risque de cancers cutanés (mélanome).

Une irradiation excessive peut provoquer des brûlures de la peau, des brûlures de la rétine, une conjonctivite et une inflammation de la cornée. En outre certains médicaments (diurétiques, antibiotiques et tranquillisants) jouent le rôle de photosensibilisants et augmentent les effets des UV solaires et artificiels.

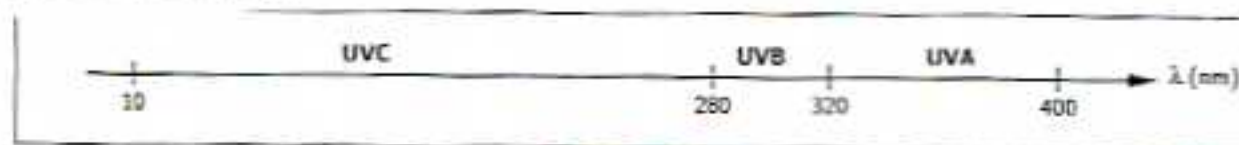


Figure 1. Le classement des UV.

❖ Document 8 : Absorption des UV

Q14 / Quelles sont les 3 catégories d'UV ? Les effets des radiations UVA sont-ils semblables à ceux des UVB ?