

la lumière parmi les ondes

MAIS D'OU VIENNENT CES ONDES?

FORMATION CONTINUE
DES OPTICIENS D'ORDONNANCES



Bon émissaire de l'ophtalmologie et de la dermatologie réunies, le rayonnement ultra-

violet n'est plus une nouveauté. Mais si l'on connaît bien son existence et certains de ses effets, on ignore généralement ses origines et sa vraie nature.

Dominique Naneix, professeur au collège Édouard-Montpetit, se livre pour nous à un exercice de vulgarisation.

LES UV, COMME TOUTES LES ONDES,
SONT CRÉÉS PAR L'AGITATION FRÉNÉTIQUE
DE PARTICULES AUX DIMENSIONS
INFINITÉSIMALES.
PETITE CAUSE, GRANDS EFFETS.

L'univers qui nous entoure, et dont nous faisons partie, est constitué de particules (électrons, protons, neutrons, etc...) qui sont en perpétuelle agitation.

PLUS EN DÉTAILS...

L'univers où nous vivons est fait de beaucoup de vide et d'un peu de matière... laquelle, sans aucune exception, est constituée de particules. Organisées en atomes, elles-mêmes groupées en molécules, ces particules composent absolument tous les corps solides, liquides ou gazeux. Ainsi, des plus vastes galaxies aux plus petits virus, l'univers connu n'est rien d'autre qu'une foule de minuscules particules en mouvement.

Car ce microcosme n'est pas

immobile. À des vitesses incroyables par rapport à une si petite taille, ces particules traversent le vide, s'entrechoquent, virevoltent, tournent, rebondissent, reviennent et repartent à un rythme littéralement infernal. Et heureusement. Car c'est cette agitation qui provoque le phénomène nommé chaleur. Sans elle, nous serions tous congelés à... -273 degrés Celsius (zéro absolu)!

La plupart de ces particules sont porteuses de charges électriques. Or, le déplacement de charges électriques engendre des

Cette agitation produit des flux énergétiques que nous appelons ondes, ou radiations.

Dépendant de leur nature ou de leur environnement (présence d'autres particules, température, pression, etc...), ces particules s'agitent plus ou moins frénétiquement (cadence d'agitation). Autrement dit, ça ne "bouge" pas de la même façon dans l'air, dans l'hydrogène, dans le fer, dans la chair, etc...

Or, c'est de cette cadence d'agitation que dépendent les principales caractéristiques de l'onde: la fréquence et la longueur d'onde. Plus l'agitation est rapide, plus la fréquence est élevée et plus l'onde est courte. Plus elle est lente, plus la fréquence est basse, et plus la longueur d'onde est grande.

Nous sommes donc environnés d'un incroyable mélange d'ondes, des très longues (radios maritimes) aux plus courtes (rayons cosmiques) en passant par: radio AM, radio ondes-courtes, radio FM, télévision, radar, micro-ondes, infrarouge, lumière visible, ultraviolet, rayons X et rayons gammas (classés par ordre de longueur d'onde décroissante).

À titre informatif, la longueur d'onde des stations AM est de l'ordre de quelques kilomètres, celle de la lumière visible de 4 à 7 dix mil-

flux électromagnétiques: les ondes, ou radiations.

Chaque onde a une « personnalité » qui lui est propre. Suivant leur environnement et leur masse, les particules s'agitent plus ou moins rapidement. Or, c'est de la vitesse et de la masse de la particule impliquée que dépendent les caractéristiques de l'onde: la fréquence et la longueur d'onde. C'est Louis Victor De Broglie qui, en 1924, a montré que « le mouvement d'un électron, ou de toute autre particule matérielle, est associé à une radiation dont la longueur

d'onde est formulée ainsi: »

$$\lambda = \frac{h}{m \times v} \quad \text{ou, si on préfère} \quad f = \frac{m \times v \times c}{h}$$

où λ est la longueur d'onde, h une constante (la constante de Planck), m la masse de la particule, v sa vitesse, f la fréquence de l'onde et c la vitesse des ondes dans le vide (300 000 Km/s).

Ces formules montrent que plus la vitesse est rapide, plus la fréquence est élevée et plus l'onde est courte. Et inversement.

lième de mm (400 à 700 nm) et celle des rayons cosmiques est encore dix millions de fois plus courte que celle de la lumière. Les rayons ultraviolets (c'est vrai aussi pour les infrarouges) ne sont donc qu'une sorte d'onde parmi une multitude d'autres, dans la famille que l'on nomme lumière, sous-famille de la lumière invisible.

L'AGITATION DES PARTICULES, QUI PRODUIT LES UV, EST RÉVERSIBLE. L'ONDE, À SON TOUR, AGITE D'AUTRES PARTICULES. ELLE EST AINSI CAPABLE DE MODIFIER NOS PROPRES CELLULES

Alors, si les ultraviolets ne sont que de la lumière, pourquoi leur impute-t-on tant de méfaits potentiels? C'est que la plupart des phénomènes physiques sont réversibles. Par exemple, si on chauffe un gaz, sa pression augmente. À l'inverse, si on le comprime, il chauffe (pensons à la pompe à bicyclette). À l'inverse... de l'inverse, si on détend un gaz, il se refroidit; c'est le principe du réfrigérateur. Un autre exemple? Un moteur électrique qu'on fournit en électricité donne un mouvement (il tourne). À l'inverse, si on le fait tourner «à bras», il devient une génératrice (c'est d'ailleurs le principe de la dynamo et de l'alternateur).

De la même façon, l'agitation des particules, qui produit des ondes, est réversible. Les ondes, à leur tour, agitent d'autres particules. C'est ainsi que les ondes radios fournissent l'énergie pour faire vibrer les éléments récepteurs, amplificateurs et haut-parleurs des systèmes de son. De même peut-on s'attendre également à ce qu'elles aient une action sur les cellules vivantes. En effet, en déplaçant des particules, elles construisent ou détruisent des liaisons chimiques, modifiant ainsi les constituants de nos propres cellules.

Elles ne sont pas toutes aussi efficaces. Plus ça s'agite et plus ça modifie. Donc plus la longueur d'onde est courte, et plus ça fait de dégâts.

À titre d'exemple, les ondes radio, télé et radar n'ont jamais fait de mal à personne, sauf au phosphore des écrans récepteurs.

Les infrarouges causent des lésions de surface (brûlures). Ils sont porteurs de chaleur. C'est ce qui permet l'utilisation de récepteurs à infrarouges pour «voir» la nuit. Ces dispositifs captent la chaleur émise par les corps et la convertissent en lumière visible. Cette conversion est néces-

saire pour assurer la vision. Les infrarouges seuls n'ont aucun pouvoir photochimique sur nos cellules visuelles.

Plus courte encore, la lumière visible modifie suffisamment les structures chimiques des cellules rétinienne pour générer l'influx nerveux visuel (transformation du rétinol en rétinol et vice-versa). C'est pour ça qu'elle est «visible».

Encore plus court, l'ultraviolet modifie les protéines du corps au point de transformer certains tissus (peau, cornée, cristallin et autres).

LA LUMIÈRE VISIBLE A AUSSI DES EFFETS. C'EST EN MODIFIANT LA STRUCTURE CHIMIQUE DE NOS RÉTINES QU'ELLE GÉNÈRE L'INFLUX NERVEUX VISUEL. TOUS LES EFFETS DES ONDES NE SONT PAS NÉFASTES.

Très courts, les rayons X sont cancérogènes. C'est d'ailleurs pourquoi les radiologues et les dentistes doivent se protéger efficacement derrière des vitres spéciales et de lourds tabliers à base de plomb ou autres éléments lourds, réputés pour leur aptitude à absorber les courtes longueurs d'onde.

Très très courts, les rayons gamma sont hautement cancérogènes, voire mortels à dose suffisante.

Enfin, infiniment courts, les rayons cosmiques sont mortels, sans aucune équivoque. C'est ce qui explique que la vie est impossible sur les planètes dépourvues d'atmosphère protectrice. C'est aussi ce qui explique la complexité du scaphandre des cosmonautes, lors des sorties dans l'espace. Le seul manque d'air pourrait être résolu par un simple masque inhalateur; le bombardement cosmique, non.

Pire encore, vers 1920, Max Planck a démontré que plus la longueur d'onde est petite, plus l'énergie transportée par ces ondes est importante et plus elles pénètrent profondément la matière. Donc, plus c'est court, plus ça fait de dégâts, et plus ça va les faire profondément dans le corps. Peut-on espérer plus belle illustration de la loi de Murphy?

Plus sérieusement, cela explique pourquoi les rayons ultraviolets sont nocifs, et pourquoi ils ne se contentent pas de créer des lésions superficielles. Étant de longueur d'onde assez courte, ils pénètrent assez loin. Leurs voisins immédiats, les rayons X, font encore mieux: ils traversent les corps opaques. La preuve: on s'en sert pour faire des radiographies!

DE COURTE LONGUEUR D'ONDE, LES ULTRAVIOLETS PRODUISENT DES EFFETS, ET ILS LES PRODUISENT EN PROFONDEUR DANS LE CORPS.

Les effets de l'ultraviolet et les moyens de s'en protéger ont déjà été longuement exposés dans nos colonnes (Coup d'oeil, janvier-février 1997). Aussi nous contenterons-nous d'un bref rappel. Les ultraviolets constituent la gamme d'ondes qui va de 200 à 400nm. On les divise en trois classes suivant leurs effets physiologiques:



Les UV-C (200 à 280nm) n'atteignent pratiquement jamais la surface de la terre; ils sont filtrés par la couche d'ozone. Très pénétrants et destructeurs, ils sont produits artificiellement dans certaines industries pour leur rôle germicide. Une protection spéciale est nécessaire pour les employés. De nombreuses études tentent d'établir un lien direct entre l'amincissement de la couche d'ozone et leur présence parmi nous. À suivre.

Les UV-B (280 à 315nm), ne sont que partiellement filtrés par la couche d'ozone. Dans l'oeil, ils sont filtrés par la cornée. L'exposition abusive provoque la vasodilatation (rougeur de la peau et du blanc de l'oeil), la kératoconjonctivite (principalement l'ophtalmie des neiges chez les alpinistes), des cancers de peau et il est possible qu'ils altèrent le système immunitaire. L'exposition répétée provoque des pertes de transparence de la cornée. On leur reproche aussi la perte du sens des couleurs, principalement dans le bleu. Ce sont, de loin, les plus nocifs pour la santé.

Les UV-A (315 à 400nm), sont naturellement filtrés par le cristallin, ils sont responsables du bronzage et de l'augmentation de l'incidence des cataractes. Ils ont aussi un effet photochimique sur certaines cellules de la rétine susceptible de provoquer des dégénérescences maculaires.

LA PROTECTION CONTRE L'UV REQUIERT DES TRAITEMENTS SPÉCIAUX, MAIS LES VERRS «ORDINAIRES» POSSÈDENT EUX AUSSI UN NIVEAU DE PROTECTION.

Idéalement, la protection oculaire devrait filtrer l'UV jusqu'à au moins 380nm.

Les verres minéraux blancs, sans traitement additionnel, filtrent adéquatement jusqu'à 320nm, ce qui n'est pas tout à fait suffisant.

Les plastiques, dans les mêmes conditions filtrent jusqu'à 350nm, ce qui est beaucoup mieux.

Les photochromiques, virés ou non, ont des performances semblables à celles des plastiques.

Les traitements additionnels disponibles sur le marché sont tous efficaces jusqu'à 380nm au moins. Généralement, leur structure chimique comprend au moins un sel de métal lourd. Cela n'a rien de surprenant, puisque les éléments lourds absorbent les courtes longueurs d'onde.

Certaines teintes (gris, brun, orange) sont d'excellents protecteurs contre les UV.

D'après une étude de l'OPC (il y a quelques années déjà), les lunettes de soleil vendues avec étiquette «100% UV» ou étiquette similaire sont fiables.

Mais, d'après la même étude, certains commerçants sont passés maîtres dans l'art de l'étiquetage à double sens. Il convient donc de lire attentivement.

Les effets de l'UV sont cumulatifs.

Personne ne mourra demain pour un coup de soleil attrapé aujourd'hui. Mais, sur 60 ou 70 ans de vie adulte, les dégâts occasionnés sont perceptibles. On constate aujourd'hui pas mal plus de cataractes et de dégénérescences maculaires qu'il y a 50 ou 60 ans, quand les congés payés et les vacances dans le sud n'existaient pas. Une bonne protection est, actuellement, nécessaire!

POUR EN SAVOIR ENCORE PLUS...

La formule de Louis De Broglie (encart précédent) montre que la nature (masse et vitesse) de la particule impliquée conditionne le type d'onde générée.

Ainsi, les ondes très longues (radio, télé, radar) sont produites par le mouvement des électrons dans les circuits oscillants (circuits des postes de radio, par exemple).

Les ondes moyennes (de l'infrarouge aux rayons X) sont des réactions électroniques. Elles sont produites par des modifications du cortège électronique des atomes, et par des variations dans l'énergie de rotation ou d'oscillation des molécules elles-mêmes.

Les rayons gamma proviennent de déplacements de particules dans la structure même du noyau des atomes. Ils résultent donc de réactions nucléaires (nucleus = noyau).

Les rayons cosmiques originent, pour leur part, de la transformation relativiste de matière (notamment de positrons) en énergie. Oui, oui, la fameuse formule d'Einstein, que tout étudiant se complait à recopier partout: $E = mc^2$!

Toutes ces ondes ont des propriétés différentes les unes des autres. Le physicien allemand Max Planck (1858-1947) émit une hypothèse selon laquelle les échanges d'énergie se font de façon discontinue, par «paquets» successifs, appelés quanta d'énergie. C'est la fameuse théorie quantique qui lui valut le prix Nobel de physique en 1918. Ainsi, les ondes, parmi lesquelles la lumière visible et invisible, est émise par quanta. Seule particularité propre à la lumière: en optique, un quantum s'appelle un photon.

Le même Max Planck a établi que chaque quantum (pour nous chaque photon) est porteur d'une quantité d'énergie exprimée par la formule: $E = h \times f$

où E représente l'énergie, f la fréquence de l'onde et h la constante de Planck ($6,625 \times 10^{-34}$ joule.seconde).

L'énergie est d'autant plus importante que la fréquence est élevée. Et si la fréquence est élevée, c'est que la longueur d'onde est courte. Les ondes de petite longueur d'onde sont donc porteuses de plus d'énergie, et par conséquent plus pénétrantes que les plus longues.

De 2 à 4 dixième de nanomètres, donc très courtes, les ondes de la lumière ultraviolette portent assez d'énergie pour modifier profondément la structure chimique de certains tissus. Ils sont capables d'ouvrir certaines liaisons intra-atomiques, créant ainsi des radicaux libres, prêts à se recombinaison à d'autres éléments. Les nouvelles combinaisons ne reconstituent pas toujours des tissus identiques à ceux d'origine, et les tissus anormaux ainsi créés sont rarement sains, viables, ou intenses.