

Document 1 : Ondes et imagerie médicale

Pour s'y retrouver parmi les multiples possibilités d'examen médicaux, (rayons X, échographie, thermographie, audiogramme, électrocardiogramme etc.) une façon est de les considérer du point de vue du type de signal analysé pour parvenir à un diagnostic. Si la médecine nucléaire est laissée de côté, trois types de signaux sont utilisés : les signaux électriques, ceux qui mettent en jeu une onde sonore, et ceux qui font intervenir les ondes électromagnétiques. Lors de l'utilisation d'un signal électrique, comme dans le cas de l'électrocardiogramme ou de l'électromyogramme, le détecteur enregistre la production par le corps d'un signal électrique, ou la réponse à un tel signal. Les deux autres types de signaux mettent en jeu des ondes.

Les **ondes sonores** se retrouvent principalement dans l'utilisation d'un stéthoscope, ou avec les audiogrammes et les échographies. Elles se propagent dans l'air à la vitesse de 340 m.s^{-1} et plus rapidement dans les milieux matériels comme l'eau ou les tissus du corps. Les ultrasons sont des ondes sonores, de fréquences supérieures à $20\,000 \text{ Hz}$, utilisées pour les échographies si utiles au diagnostic prénatal. Ils sont envoyés par une sonde et l'analyse du temps qu'ils mettent pour revenir renseigne sur la position, la forme ou les dimensions du bébé.

Suivant leurs fréquences, les **ondes électromagnétiques** peuvent être visibles par l'œil humain dans le cas de la **lumière**. Les ondes non perceptibles par l'œil peuvent être les dangereux **rayons X** (de fréquences comprises entre 10^{16} Hz et 10^{20} Hz) pour les radiographies ou le scanner, l'**infrarouge** (entre 10^{11} Hz et 10^{14} Hz) pour les thermographies (fig. 1), ou les ondes utilisées pour l'IRM (de fréquence 10^8 Hz). La vitesse de propagation de ce type d'onde est de $3,00.10^8 \text{ m.s}^{-1}$ dans le vide, et sensiblement moins dans les milieux matériels, quand elles ne sont pas absorbées.



fig. 1 : Image obtenue par thermographie.

Document 2 : Échographie

Détecter un sous-marin en recueillant l'écho d'un signal ultrasonore envoyé dans l'eau est une idée qui remonte à la Première Guerre mondiale ; elle mènera au sonar. Mais c'est dans les années 1970 que l'échographie trouve dans l'**obstétrique** son usage le plus connu. Les appareils de l'époque fonctionnaient sur un principe assez simple, mais toujours d'actualité : la transmission et la réflexion d'un faisceau d'ultrason.

5 Les ultrasons ont l'avantage, par rapport aux rayons X utilisés en radiographie, d'être sans danger pour le patient. Ils ne sont rien d'autre que des ondes sonores, des ondes élastiques capables de se propager dans tout milieu matériel (gaz, liquide, solide). En échographie, les fréquences utilisées s'échelonnent de 1 à 20 MHz en fonction de l'organe observé.

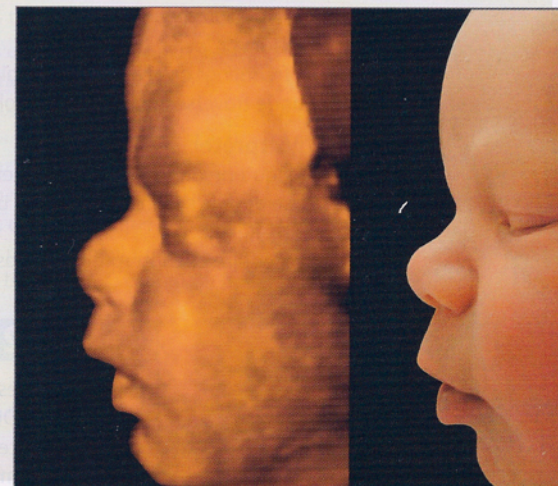
Dans notre corps, chaque fois qu'un faisceau d'ultrason rencontre une interface, c'est-à-dire un changement de milieu (par exemple un passage de tissus musculaires à des tissus graisseux), une partie des ultrasons est réfléchi. À chaque nouvelle interface, une nouvelle réflexion a lieu, jusqu'à extinction totale du faisceau. Précisons qu'en échographie, cette extinction intervient rapidement : l'appareil est rarement capable de sonder notre organisme à plus d'une vingtaine de centimètres.

Pour former une image, l'appareil fonctionne comme un radar : il émet une brève salve d'ultrason, puis il mesure la durée qui sépare l'émission de la réception de chaque écho réfléchi. Le corps est pour l'essentiel un milieu souple et fluide où domine l'eau ; les ultrasons s'y propagent à la vitesse de 1 460 mètres par seconde. La mesure précédente permet de calculer les distances et de construire l'image (celle qui correspond à la direction du faisceau d'ultrason). Pour avoir une image complète, il faut balayer la zone étudiée. Le traitement est aujourd'hui numérique. Un micro-ordinateur interprète les échos pour « calculer » l'image.

25 Le balayage est automatique et, surtout, assez rapide pour permettre de suivre les mouvements en temps réel : battements du cœur, pulsations des artères, etc.

La résolution de l'image est d'autant plus fine que la fréquence des ultrasons est élevée.

D'après un article du site www.larecherche.fr



Document 3 : Les rayons X

Comment est-il possible de « voir » à travers la matière grâce aux rayons X ? Étudions leur nature puis comment les produire et les utiliser en médecine.

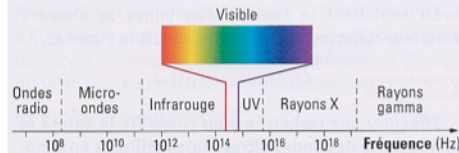
Document

À la découverte des rayons X

« En 1895, le physicien allemand Wilhelm Röntgen (1845-1923) fit la découverte d'un nouveau rayonnement, si étrange qu'il lui donna le nom habituel de l'inconnue en mathématiques : les rayons X. Si les propriétés particulières des rayons X ont frappé de stupeur les physiciens du XIX^e siècle finissant, ce rayonnement n'est pourtant qu'une onde électromagnétique, comme la lumière ou les micro-ondes utilisés dans les fours, mais de fréquences beaucoup plus élevées. » [doc. 6]

D'après C. Ray et J.-C. Polzat,
La physique par les objets quotidiens,
Belin, 2007.

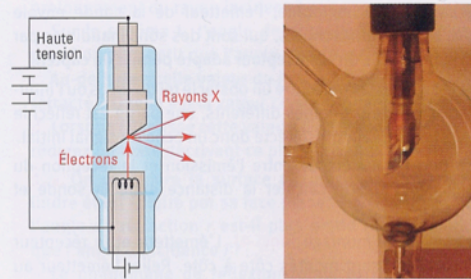
Comme la lumière, les rayons X se propagent en ligne droite dans un milieu matériel homogène comme l'air, le verre, l'eau mais également dans le vide.



Doc. 6. Fréquences des ondes électromagnétiques, représentées sur un axe gradué en puissances de 10.

Les rayons X sont obtenus en bombardant une plaque métallique de tungstène avec des électrons animés d'une très grande vitesse. Ces électrons sont produits par un filament de tungstène chauffé. L'ensemble est placé dans une ampoule en verre, à l'intérieur de laquelle règne un vide poussé [doc. 7]. Accélérés par une haute tension électrique, les électrons arrivent sur la plaque de métal et perturbent l'état électronique des atomes métalliques. Le retour de ces atomes dans un état stable s'accompagne de l'émission de rayons X.

Le tube est blindé et ne laisse sortir les rayons que par une petite ouverture. La source des rayons X se trouve au point d'impact du faisceau d'électrons sur la plaque métallique : c'est donc une source considérée comme ponctuelle. Un film sensible aux rayons X enregistrera de ce fait l'ombre portée de cette source après son passage à travers le corps du patient [doc. 8]. Les rayons X sont davantage atténués par les os que par les autres tissus.



Doc. 7. Tube émetteur de rayons X.



Doc. 8. Voici la première radiographie, prise par le physicien Wilhelm Röntgen en 1895 : il soumit la main de son épouse aux rayons X qu'il venait de découvrir.

Exploiter

1. Les rayons X se propagent-ils dans le vide ? dans l'eau ? dans les organes ?
2. Sont-ils de même nature que les ondes utilisées en échographie ?
3. a. La lumière est l'ensemble des ondes électromagnétiques associées aux couleurs visibles par l'œil humain. Énumérez les couleurs dans l'ordre croissant de leur fréquence.
b. Quels sont les deux types de rayonnement qui bordent la lumière [doc. 6] ? Comparez leurs fréquences.
4. Quelles particules chargées sont accélérées dans le tube émetteur de rayons X [doc. 7] ? Pourquoi un vide poussé doit-il y régner ?
5. Pourquoi est-il possible de distinguer les os des tissus sur une radiographie [doc. 8] ?
6. Recherchez quels sont les effets des rayons X sur l'organisme. Comment s'en protéger ?

Document 4 : Fibroscopie

Le diagnostic médical a fait de grand progrès depuis que les praticiens disposent d'outils d'exploration de l'intérieur du corps (cordes vocales, estomac, poumons, côlon, etc.) tels que l'endoscope (fig. 4). Ce dispositif permet d'éclairer (il possède une lampe), de voir (il est muni d'un objectif) et de transmettre l'image jusqu'au médecin. Cette transmission est possible grâce à une fibre optique (fig. 5).



fig. 4 : Manipulation d'un fibroscope, pour l'exploration d'une cavité. La fibre est guidée par la main gauche du praticien.

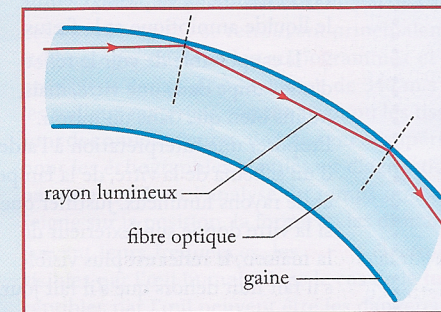


fig. 5 : Propagation des rayons lumineux dans une fibre optique.

Une fibre optique est un cylindre de verre souple, de rayon proche du millimètre, entouré d'une gaine. La lumière issue de l'objectif se propage en ligne droite dans le verre. Au contact de la gaine elle est réfléchie comme sur un miroir car son angle d'incidence est supérieur à un **angle limite de réfraction**. Elle arrive donc jusqu'à l'œil du médecin. À la différence d'un miroir, la réflexion de la lumière a lieu parce que l'**indice de réfraction** du verre est supérieur à celui de la gaine. Ces indices sont tels que l'angle limite de réfraction est environ égal à 80°. Le rayon lumineux étant quasiment parallèle à l'axe de la fibre, l'angle d'incidence entre le verre et la gaine est toujours supérieur à cet angle limite (fig. 6).

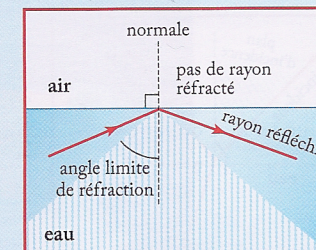


fig. 6 : Propagation d'un rayon lumineux dans le cas d'une réflexion totale.