

IMAGERIE MEDICALE

Exercice 1 : Suivi de grossesse par échographie (10 points)

Les parties 1 et 2 de cet exercice sont indépendantes.

Partie 1 : Suivi de l'écoulement sanguin par échographie Doppler

En cas de grossesse à risque, l'échographie Doppler permet une surveillance du fœtus en mesurant la vitesse de la circulation sanguine dans certains de ses vaisseaux.

Document 1 : Principe de l'échographie Doppler

Lorsqu'une onde sonore ou ultrasonore émise par un émetteur rencontre un obstacle fixe, la fréquence de l'onde réfléchi est identique à la fréquence de l'onde émise.

Si l'obstacle se déplace, la fréquence de l'onde réfléchi f_r est différente de la fréquence de l'onde émise f_e . C'est l'effet Doppler.

L'écart de fréquences est noté Δf .

Il permet de déterminer le sens et la vitesse d'écoulement du sang dans les vaisseaux.

Document 2 : Le décalage Doppler Δf .

Dans l'examen considéré dans cet exercice, l'écart de fréquences dû à l'effet Doppler est donné par la relation suivante :

$$\Delta f = \frac{2 \times f_e \times v}{v_{\text{Ultrasons}}}$$

Δf : écart de fréquences mesuré en Hertz (Hz)

f_e : fréquence de l'onde émise en Hertz (Hz)

v : vitesse d'écoulement des globules rouges (m/s)

$v_{\text{Ultrasons}}$: vitesse moyenne des ultrasons dans le corps humain (m/s)

1. Expliquer en quelques mots le phénomène qu'on appelle « effet Doppler ». Vous pouvez vous appuyer sur un exemple de votre vie quotidienne pour illustrer vos propos.
2. Lors d'une échographie Doppler mesurant la vitesse d'écoulement sanguin, préciser quels sont les composants du sang qui réfléchissent les ondes ultrasonores.
3. Coller le document annexe distribué par le professeur.

Compléter la légende dans les cadres du schéma avec les termes suivants : onde réfléchi, globule rouge, onde incidente.

4. A partir de la formule donnée dans le document 2, exprimer la vitesse v d'écoulement du sang en fonction des autres grandeurs.
5. En utilisant les données suivantes, montrer que la vitesse v d'écoulement du sang dans cette artère du cordon ombilical vaut environ $0,67 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Données : $f_e = 4,5 \times 10^6 \text{ Hz}$ $\Delta f = 3,9 \times 10^3 \text{ Hz}$ $v_{\text{Ultrasons}} = 1540 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

6. Si vous n'avez pas pu faire les questions 4 & 5, vous pouvez malgré tout répondre à cette question.

On admet juste la réponse donnée à la question précédente, à savoir que la vitesse d'écoulement du sang dans une artère du cordon ombilical vaut environ $0,67 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

La vitesse normale d'écoulement sanguin dans le cordon ombilical est comprise entre 55 et $90 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$.

Indiquer si l'écoulement dans l'artère considérée présente une anomalie.

On rappelle $1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$.

Partie 2 : L'échographie

Document 3 : Principe de l'échographie

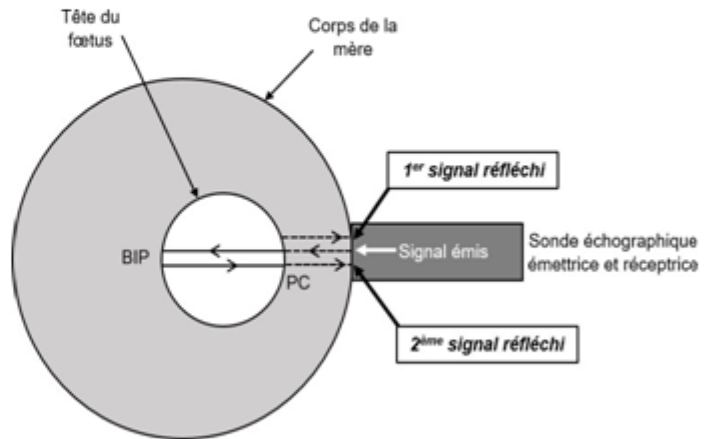
Afin de suivre la croissance du fœtus, une surveillance est réalisée par échographie. Elle permet d'effectuer différentes mesures, notamment celle du diamètre bipariétal BIP (largeur de la tête entre les deux oreilles) qui fournit de précieuses informations sur le développement cérébral du fœtus.

Le principe de la mesure est le suivant :

La sonde reçoit deux échos (signaux réfléchis) :

Le premier est dû à la réflexion de l'onde sur la partie la plus proche de la tête PC.

Le deuxième est dû à la réflexion de l'onde sur la partie opposée (la plus éloignée) BIP.



On mesure l'écart de temps Δt entre les réceptions des deux signaux réfléchis.

Document 4 Vitesse des ondes ultrasonores.

On donne la vitesse des ondes ultrasonores en fonction du milieu traversé

Vitesse de propagation des ultrasons dans différents milieux			
Matériau/tissu	Air à 15 °C	Eau à 37 °C	Sang
Vitesse de propagation en m.s ⁻¹	340	1 530	1 560

- Expliquer en quelques mots la notion d'onde ultrasonore, si vous deviez l'expliquer à un camarade.
- A l'aide du document 4, quel paramètre est mis en évidence qui modifie la vitesse des ondes ultrasonores ?
- Le diamètre bipariétal D_b , l'écart de temps Δt et la vitesse $v_{\text{ultrasons}}$ des ultrasons dans le corps humain sont reliés par la relation :

$$D_b = \frac{1}{2} \times v_{\text{ultrasons}} \times \Delta t$$

Justifier le coefficient $\frac{1}{2}$ dans cette relation

- A l'aide de la relation donnée ci-dessus, calculer la valeur de D_b obtenue pour $\Delta t = 65 \mu\text{s}$.

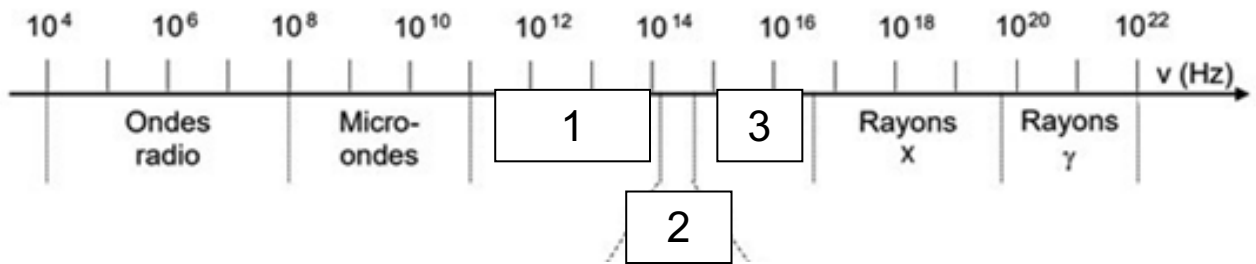
Données : $1 \mu\text{s} = 10^{-6} \text{s}$, $v_{\text{ultrasons}} = 1540 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

- La patiente est examinée lors de la 21^{ème} semaine d'aménorrhée. Les valeurs normales du diamètre bipariétal se situent alors entre 46 mm et 57 mm.

Indiquer si l'examen permet de suspecter un retard de croissance du fœtus

Exercice 2 : Radiographie (10 points)

Document 1. Domaines de fréquences des ondes électromagnétiques



Document 2 : Implant dentaire

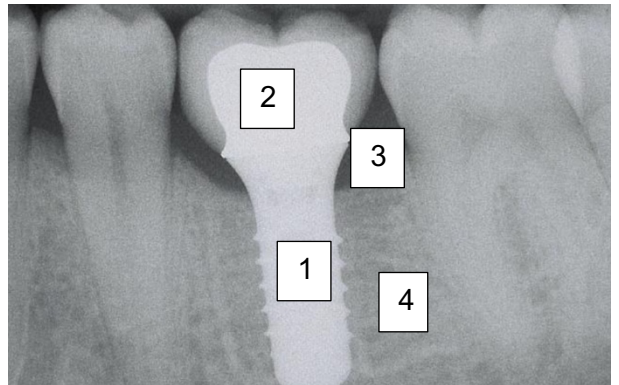
Les rayons utilisés en radiographie ne sont pas absorbés par l'air.

Par contre, l'absorption des rayons utilisés en radiographie croît avec le numéro atomique Z des atomes traversés.

Un implant dentaire est une sorte de vis en titane ($Z = 22$) destiné à remplacer la racine d'une dent arrachée et pouvant recevoir ensuite une prothèse dentaire en céramique donc à base de silice ($Z = 14$).

Les dents sont essentiellement constituées de

calcium ($Z = 20$) et les gencives sont des tissus organiques constitués principalement de carbone ($Z = 6$)



Document 3 : Produits de contraste iodés pour radiographie

En radiographie certaines images sont inexploitablement par manque de contraste.

Le numéro atomique de l'iode ($Z = 53$) est nettement supérieur à ceux des autres atomes entrant dans la composition de l'organisme.

L'absorption des rayons utilisés en radiographie croît avec le nombre d'atomes d'iode par unité de volume traversé.

On utilise alors les produits de contraste iodés.

Mais ces produits doivent être éliminés rapidement sitôt l'examen terminé. Heureusement ils sont facilement éliminés par les reins.

Ces produits de contraste sont toutefois déconseillés aux personnes souffrant d'insuffisance rénale, d'hyperthyroïdie ou d'allergie aux produits iodés.

Document 4 : Hyperthyroïdie

On parle d'hyperthyroïdie lorsque la glande thyroïde produit trop d'hormones. L'excès d'hormones thyroïdiennes engendre un dysfonctionnement des organes sensibles à ces hormones. L'ensemble des manifestations dues à ces dysfonctionnements sont regroupées sous le terme de thyrotoxicose.

L'injection d'un produit contraste iodé pourrait altérer le fonctionnement thyroïdien dans les semaines suivant l'examen.

Les produits de contraste ont été associés à une multiplication par deux du risque d'hyperthyroïdie

1. Compléter le document 1, en indiquant sur votre copie les numéros des domaines qui correspondent aux notions de lumière visible, Infra Rouge et Ultra-Violet.
2. Lors d'une radiographie la partie du corps dont on veut faire une radio est irradiée pendant un temps très court, suffisant pour obtenir un cliché de bonne qualité mais sans endommager les cellules.

Rappeler le domaine auquel appartient le rayonnement électromagnétique utilisé en radiographie.

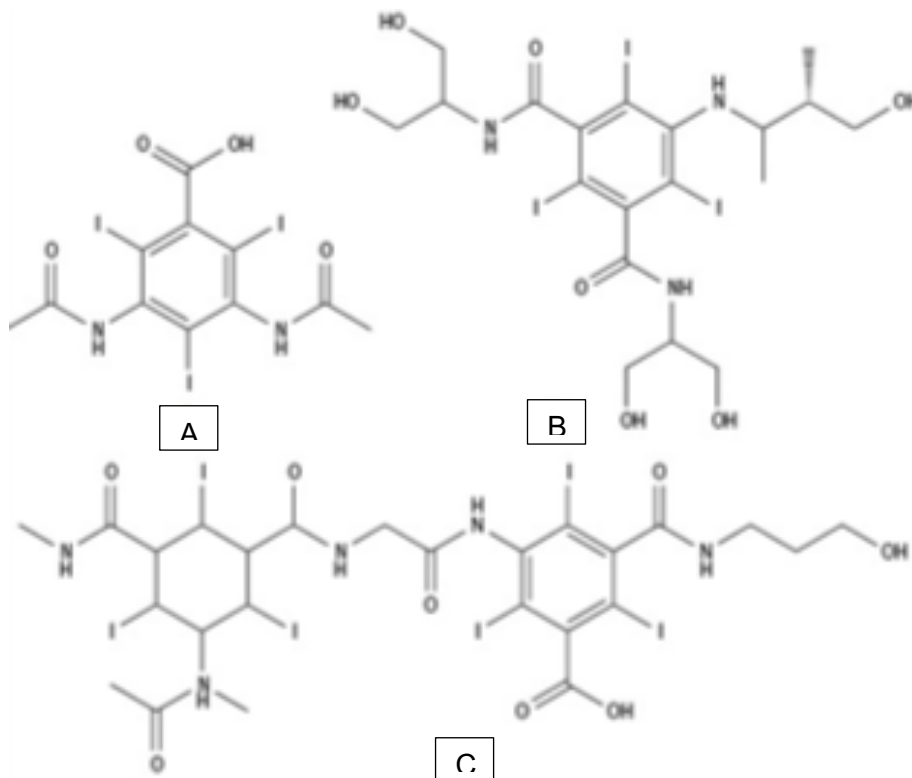
3. En vous aidant du document 2, préciser le principe physique d'obtention des imageries par radiographie.

Sur la radiographie du document 2, on visualise un implant dentaire. On a repéré 4 zones plus qui se distinguent par leurs différences de nuance de grise.

Interpréter les 4 nuances de gris observées sur le cliché de radiographique de l'implant dentaire.

4. En vous aidant des documents 2 & 3, montrer que l'atome d'iode absorbe davantage les rayons utilisés en radiographie, que les tissus de l'organisme.
5. Expliquer pourquoi une cavité remplie de produit de contraste iodé devient opaque.
6. Justifier que les produits de contraste sont déconseillés aux personnes souffrant d'insuffisance rénale.

On donne ci-dessous des molécules de contraste.



7. Identifier les molécules tri-iodées et les molécules hexa-iodées.
On rappelle que le terme « tri » signifie trois et « hexa » signifie six.
8. Justifier que le produit de contraste C donne un meilleur contraste que les produits A et B à concentration égale.
9. A l'aide du document 3, et en supposant que l'organisme élimine la même quantité de produit de contraste par unité de temps, déterminer le produit de contraste le mieux adapté pour une personne ayant une petite insuffisance rénale.

Sonde échographique émettrice et réceptrice

