

La physique et la chimie au service du sport

PARTIE A - les examens médicaux

A.1. Les ondes électromagnétiques dans les deux techniques d'imagerie médicale : scanner et IRM

A.1.1 Domaine de fréquence du rayonnement électromagnétique utilisé par un scanner.

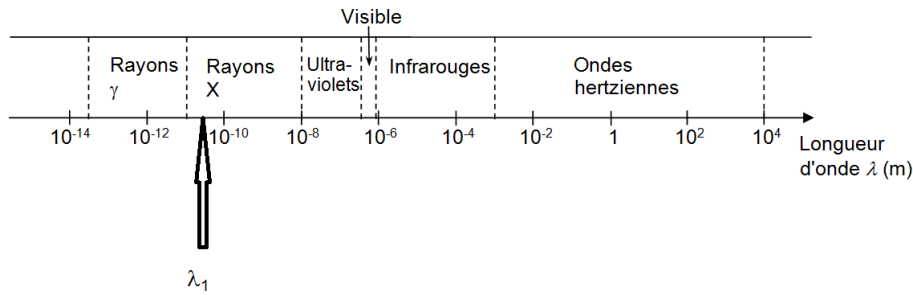
D'après le document 2.A, le scanner utilise un rayonnement électromagnétique dans le domaine des rayons X.

A.1.2 Calcul de la longueur d'onde λ_1 correspondante.

On a la relation :

$$\lambda_1 = \frac{c}{\nu_1} = \frac{3 \times 10^8}{5,0 \times 10^{18}} = 6 \times 10^{-11} \text{ m}$$

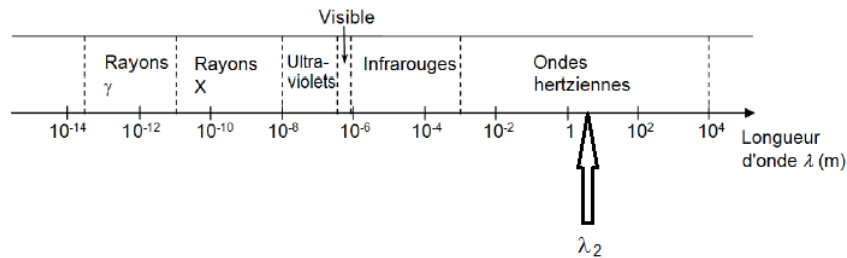
A.1.3 Valeur de la longueur d'onde λ_1 reportée sur le spectre des ondes électromagnétiques du document réponse DR1.



A.1.4 Valeur de la longueur d'onde λ_2 de l'onde correspondant à une IRM utilisant un champ magnétique de 3,0 T.

D'après le document 1.A, pour un champ magnétique de 0,3 T, la longueur d'onde λ_2 est de 2,3 m.

A.1.5 Valeur de la longueur d'onde λ_2 reportée sur le spectre des ondes électromagnétiques du document réponse DR1.



Cette onde appartient au domaine des ondes hertziennes.

A.1.6 Calculer puis comparer les énergies E_1 et E_2 des photons correspondants aux rayonnements de longueur d'onde λ_1 et λ_2 .

On a la relation :

$$E_1 = \frac{hc}{\lambda_1} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{6 \times 10^{-11}} = 3,3 \times 10^{-15} \text{ J}$$

$$E_2 = \frac{3,9 \times 10^{-15}}{1,6 \times 10^{-19}} = 2,1 \times 10^4 \text{ eV}$$

On a la relation :

$$E_2 = \frac{hc}{\lambda_2} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{2,3} = 8,6 \times 10^{-26} \text{ J}$$

$$E_1 = \frac{8,6 \times 10^{-26}}{1,6 \times 10^{-19}} = 5,4 \times 10^{-7} \text{ eV}$$

E_1 est supérieur à E_2 .

A.1.7 D'après le document 4.A, le rayonnement utilisé dans le scanner est ionisant car son énergie est supérieure à 10 eV. Cela n'est pas le cas pour le rayonnement utilisé dans l'IRM. Donc la dangerosité du rayonnement est plus importante avec le scanner.

A.2. Le champ magnétique et l'IRM

A.2.1 Calcul de l'intensité I du courant électrique circulant dans le circuit.

D'après l'énoncé, on a la relation :

$$B = 4\pi \times 10^{-7} \times n \times I \quad \text{donc} \quad I = \frac{B}{4\pi \times 10^{-7} \times n} = \frac{3}{4\pi \times 10^{-7} \times 25000} = 95,5 \text{ A}$$

A.2.2 Cette valeur est très importante. Dans le circuit électrique, il y a donc beaucoup de pertes thermiques par effet Joule. Cela justifie l'utilisation d'un électroaimant supraconducteur qui permet de limiter ces pertes.

A.2.3 Lors d'un examen IRM, le patient est placé dans un tunnel plus long que celui du scanner ce qui peut entraîner une gêne chez les patients claustrophobes. De plus, la durée de cet examen est également plus longue que celui du scanner. Enfin, l'IRM nécessite autour du patient un matériel (tube de perfusion, respirateur ...) insensible au champ magnétique. Cependant, l'IRM présente l'avantage de ne pas utiliser de rayonnements ionisants contrairement au scanner.

PARTIE B - Test à l'effort

B.1. Valeur en MET correspondant à une course à pied parcourue la vitesse moyenne de 12 km.h^{-1}

D'après le document B1, pour une course à pied parcourue la vitesse moyenne de 12 km.h^{-1} , la valeur du MET est de 13,2.

B.2. Calcul du volume V_{O_2} de dioxygène O_2 consommé par minute par les muscles du sportif.

D'après le document B1, 1 MET correspond à $3,5 \text{ mL/kg/min}$ de O_2 consommé.

Donc 13,2 MET correspond à $3,5 \times 13,2 = 46,2 \text{ mL/kg/min}$ de O_2 consommé.

D'après le document B2, le sportif a une masse de 60 kg, donc le volume V_{O_2} de dioxygène O_2 consommé par minute par les muscles du sportif est :

$$V_{O_2} = 46,2 \times 60 = 2,772 \times 10^3 \text{ mL/min}$$

B.3. Calcul du débit cardiaque volumique DC.

D'après le document B2, $DAV = 0,2$

D'après le document B3, on a la relation :

$$V_{O_2} = DC \times DAV \quad \text{donc} \quad DC = \frac{V_{O_2}}{DAV} = \frac{2,772 \times 10^3}{0,2} = 1,4 \times 10^4 \text{ mL/min}$$

B.4. Calcul de la fréquence cardiaque FC du sportif.

D'après le document B2, $VES = 111 \text{ mL}$ par battements

D'après le document B3, on a la relation :

$$DC = FC \times FES \quad \text{donc} \quad FC = \frac{DC}{FES} = \frac{1,4 \times 10^4}{111} = 126 \text{ battements par minute}$$

B.5. Calcul du pourcentage de la fréquence cardiaque maximale.

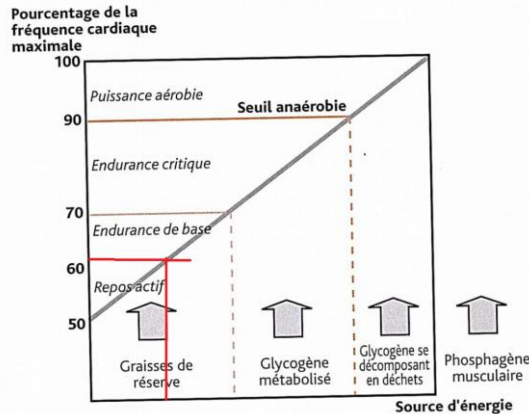
D'après le document B2, la fréquence cardiaque maximale du sportif de 20 ans est :

$$FCM = 220 - 20 = 200 \text{ battements par minute.}$$

Donc le pourcentage de la fréquence cardiaque maximale pour 126 battements par minute est de :

$$\% = \frac{126}{200} = 0,63 \text{ soit } 63\%$$

D'après le document B4, il est bien dans la zone «endurance de base» en utilisant comme source d'énergie ses réserves de graisse.



PARTIE C - Un entraînement dans les meilleures conditions

C.1. Un textile innovant

C.1.1 Lors de la transpiration, l'eau contenue dans la sueur s'évapore. Lors de ce changement d'état, elle reçoit de l'énergie car il faut rompre les liaisons hydrogène, de l'énergie est donc nécessaire.

Calcul de la valeur de l'énergie correspondant à l'évaporation de 200 g.

On a la relation :

$$E = m \times L_v = 0,2 \times 2,26 \times 10^6 = 4,52 \times 10^5 \text{ J} = 452 \text{ kJ}$$

C.1.2 Lors de la transpiration, l'eau contenue dans la sueur s'évapore et cela nécessite de l'énergie. Cette énergie est prise sur le corps et permet donc de baisser la température et de maintenir la température du corps.

C.1.3 C.1.3.a Le textile thermo régulant facilite la régulation de la température corporelle lors d'un effort physique car les microcapsules de paraffine se liquéfient lorsque la température du corps augmente. Ce changement d'état nécessite de l'énergie qui est prise sur le corps et permet ainsi de réguler la température corporelle.

C.1.3.b Calcul de la masse d'eau économisée grâce au textile.

Calcul de la valeur de l'énergie correspondant à la fusion de 150 g de microcapsules de paraffine.

On a la relation :

$$E = m \times L_f = 0,15 \times 218 \times 10^3 = 3,27 \times 10^4 \text{ J} = 32,7 \text{ kJ}$$

D'après la question C.1.1, 200 g d'eau évaporée correspond à une énergie de 452 kJ donc pour 32,7 kJ cela correspond à une masse d'eau de :

$$m_{\text{eau}} = \frac{200 \times 32,7}{452} = 14,5 \text{ g}$$

C.1.3.c L'intérêt de ce textile lorsque le sportif a fini sa course est de réchauffer le sportif. Car, la température du corps diminue et la paraffine passe de l'état liquide à l'état solide. Cette transformation s'effectue en libérant de l'énergie et en réchauffant le sportif.

C.2. La phase d'entraînement

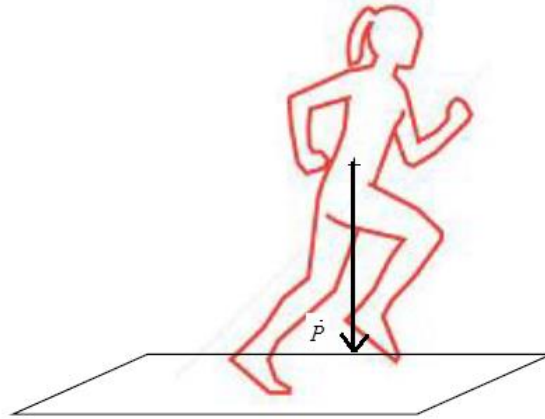
C.2.1 C.2.1.a Calcul du poids P du sportif

On a la relation :

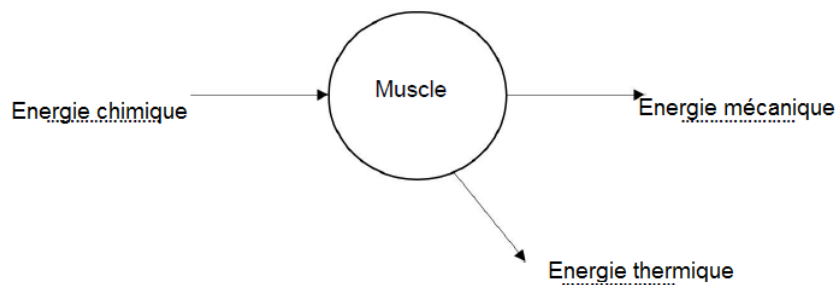
$$P = m \times g = 60 \times 9,8 = 588 \text{ N}$$

C.2.1.b Représentation du vecteur poids \vec{P} sur le schéma

Sachant que l'échelle est de 1 cm pour 200 N, le vecteur poids aura une longueur de 2,94 cm.



C.2.2. Chaîne simplifiée du document réponse.



C.2.3 C.2.3.a Expression du rendement du muscle en précisant la nature de chaque énergie mise en jeu

On a la relation :

$$\eta = \frac{E_{\text{utile}}}{E_{\text{absorbée}}} = \frac{E_{\text{mécanique}}}{E_{\text{chimique}}}$$

C.2.3.b Calcul de l'énergie mécanique E_m développée par le sportif pendant sa course.

D'après l'énoncé, $E_{\text{absorbée}} = E_{\text{chimique}} = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$. Le sportif a une masse de 60 kg et a parcouru 15 km donc :

$$E_{\text{chimique}} = 4,18 \times 60 \times 15 = 3762 \text{ kJ}$$

D'après la question précédente, on a la relation :

$$\eta = \frac{E_{\text{mécanique}}}{E_{\text{chimique}}} \quad \text{donc} \quad E_{\text{mécanique}} = \eta \times E_{\text{chimique}} = 0,25 \times 3762 = 940,5 \text{ kJ}$$

C.2.4 Calcul de la masse d'amandes nécessaire pour effectuer cet effort.

Valeur énergétique pour 100 g : 2576 kJ

m : 3762 kJ

$$m = \frac{100 \times 3762}{2576} = 146 \text{ g}$$