

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Session 2017

Sciences et Technologies de l'Industrie
et du Développement Durable
et
Sciences et Technologies de Laboratoire
spécialité Sciences Physiques et Chimiques en Laboratoire

PHYSIQUE-CHIMIE

Durée : 3 heures

Coefficient : 4

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 9 pages numérotées de 1/9 à 9/9.

Le document réponse page 9/9 est à rendre impérativement avec la copie.

L'usage de la calculatrice est autorisé.

Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des explications entreront dans l'appréciation des copies. Toute réponse devra être justifiée.

La physique et la chimie au service du sport

La physique et la chimie semblent aujourd'hui avoir pris une place de choix dans la santé et l'entraînement des sportifs mais aussi dans la course à la performance. Le problème propose de réaliser un bilan non complet de l'apport de la physique et la chimie dans la préparation d'un sportif de haut niveau.

Les parties A, B et C peuvent être traitées indépendamment les unes des autres, elles nécessitent d'utiliser les documents en fin de chaque partie et les documents réponses (DR1, DR2 et DR3) placés à la fin du sujet et **à rendre avec la copie**.

Partie A : les examens médicaux

Dans le cadre d'un diagnostic médical, un sportif peut être amené à effectuer des examens dans le cadre de l'imagerie médicale. On se propose dans cette partie d'étudier et de comparer deux techniques : le scanner et l'IRM (imagerie par résonance magnétique).

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

Données :

On rappelle que l'énergie E en joules (J) transportée par un photon est donnée par l'expression :

$$E = h \times \frac{c}{\lambda}$$

avec :

$$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s (constante de Planck)}$$

λ : longueur d'onde en m

$$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

On peut exprimer cette énergie en électronvolts ; $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$

On rappelle que l'intensité B du champ magnétique en teslas (T) à l'intérieur d'un solénoïde supposé infiniment long est donnée par l'expression :

$$B = 4\pi \times 10^{-7} \times n \times I$$

avec :

n : nombre de spires par mètre du solénoïde

I : intensité du courant électrique en A

- A.1.1.** À quel domaine de fréquence correspond le rayonnement électromagnétique utilisé par un scanner ?
- A.1.2.** La fréquence des ondes utilisées lors d'un examen réalisé avec un scanner est $\nu_1 = 5,0 \times 10^9$ GHz. Calculer la longueur d'onde λ_1 correspondante.
- A.1.3.** Reporter la valeur de la longueur d'onde λ_1 sur le spectre des ondes électromagnétiques du **document réponse DR1**.
- A.1.4.** Quelle est la valeur de la longueur d'onde λ_2 de l'onde correspondant à une IRM utilisant un champ magnétique de 3,0 T ?
- A.1.5.** Reporter la valeur de la longueur d'onde λ_2 sur le spectre des ondes électromagnétiques du **document réponse DR1**. En déduire le nom du domaine du spectre auquel appartient cette onde.
- 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 exprimera ces énergies en électronvolts.
- A.1.7.** En utilisant le **document 4-A**, comparer la dangerosité des rayonnements utilisés dans le scanner et dans l'IRM.

A.2. Le champ magnétique et l'IRM

- A.2.1.** Un électroaimant supraconducteur utilisé pour générer un champ magnétique de 3,0 T possède une bobine 25 000 spires par mètre. En supposant que la bobine est assimilable à un solénoïde, calculer l'intensité I du courant électrique circulant dans le circuit.
- A.2.2.** Commenter la valeur de l'intensité I obtenue et justifier l'intérêt d'utiliser un électroaimant supraconducteur.
- A.2.3.** Rédiger une synthèse de quelques lignes qui présente les avantages et inconvénients de l'IRM par rapport au scanner.

DOCUMENTS DE LA PARTIE A

Document 1-A : Longueur d'onde des ondes électromagnétiques excitatrices

Intensité du champ magnétique B (T)	1,5	3,0	4,5	6,0
Longueur d'onde λ (m)	4,7	2,3	1,6	1,2

Document 2-A : Deux technologies différentes d'imagerie médicale IRM et scanner

Le scanner repose sur le même principe que la radiologie, c'est-à-dire utilisation d'une source de rayons X et d'un détecteur de part et d'autre du corps étudié. Il permet d'obtenir **des images 3D** grâce à une rotation simultanée de la source émettrice de rayons X et du détecteur autour du corps. Les données obtenues sont traitées par informatique pour donner des images reconstruites en trois dimensions.

L'imagerie par résonance magnétique (I.R.M.) repose sur les propriétés magnétiques des molécules d'eau qui composent à plus de 80 % le corps humain. Les molécules d'eau, plus précisément ses atomes d'hydrogène, possèdent un "moment magnétique", ou spin, qui agit comme un aimant. L'appareil IRM consiste à créer un champ magnétique puissant B_0 (1,5 à 3 T) grâce à une bobine. Le patient est placé au centre de ce champ magnétique, et toutes les molécules d'eau présentes dans le corps vont s'orienter suivant B_0 . Une antenne placée sur la partie du corps étudiée va permettre d'émettre et de réceptionner certaines fréquences issues des molécules. Celles-ci sont ensuite traitées comme des signaux électriques et analysées par des logiciels. Le signal diffère selon que les tissus observés contiennent plus ou moins d'eau.

Dans les deux cas le patient est installé dans un tunnel mais celui de l'**IRM** est beaucoup plus long, pouvant entraîner une gêne chez les patients claustrophobes. La durée de l'examen est également plus longue en **IRM** (environ 30 minutes), qu'en **scanner** (autour de 5-10 minutes).

De plus l'**IRM** nécessite autour du patient un matériel (tube de perfusion, respirateur ...) insensible au champ magnétique. Cela explique que le scanner soit systématiquement préféré à l'IRM dans certaines situations : urgence en dehors de l'imagerie du cerveau ou patients de réanimation.

Source : <http://www.cea.fr/comprendre/Pages/sante-sciences-du-vivant/essentiel-sur-imagerie-medicale.aspx>

Document 3-A : Sources de champ magnétique dans les appareils d'I.R.M.

Pour produire un champ magnétique de grande intensité, on utilise des électroaimants supraconducteurs constitués d'un alliage niobium-titane permettant ainsi une consommation de puissance électrique très faible. Les supraconducteurs sont refroidis par de l'hélium liquide qui maintient une température de 4 K. Les conducteurs ont alors une résistance nulle qui permet de faire circuler un courant de grande intensité (de 30 à quelques centaines d'ampères) sans perte d'énergie par effet Joule.

Document 4-A : Spécificité des ondes électromagnétiques

Un rayonnement est dit ionisant lorsqu'il est susceptible de transformer une entité chimique (atomes ou molécules) en ion.

Effet du rayonnement	Rayonnement non ionisant	Rayonnement ionisant
Ordre de grandeur de l'énergie en eV	De 10^{-30} eV à 10 eV	De 10 eV à 10^7 eV

Partie B : Test à l'effort

Dans le cadre de son entraînement, un sportif de haut niveau doit effectuer un ou plusieurs tests à l'effort par an pour évaluer les effets de son entraînement.

Cet examen lui permet en outre de déterminer le volume maximal de dioxygène (VO_2max) que l'organisme peut prélever, transporter, et consommer par unité de temps. La connaissance de son VO_2max lui permettra de rendre son entraînement plus efficace.

- B.1.** Le *MET* (Metabolic Equivalent of Task) est utilisé comme unité de mesure de l'intensité d'une activité physique. Quelle est la valeur en *MET* correspondant à une course à pied parcourue la vitesse moyenne de 12 km.h^{-1} ?
- B.2.** En déduire le volume VO_2 de dioxygène O_2 consommé par minute par les muscles du sportif dont les caractéristiques figurent au document B2, s'il court à la vitesse de 12 km.h^{-1} .
- B.3.** Vérifier alors que son débit cardiaque volumique *DC* est égal à $1,4 \cdot 10^4 \text{ mL/min}$.
- B.4.** Vérifier que la fréquence cardiaque *FC* du sportif lorsqu'il court à 12 km.h^{-1} est égale à 126 battements par minute.
- B.5.** Lors de son entraînement, le sportif souhaite travailler dans la zone «endurance de base» en utilisant comme source d'énergie ses réserves de graisse. Est-il dans ce cas de figure en courant à 12 km.h^{-1} ?

DOCUMENTS DE LA PARTIE B

Document B1 : Tableau de correspondance

Chaque activité de la vie quotidienne est quantifiée en nombre de MET (le « metabolic equivalent task »).

Pour tout individu, le volume VO_2 de dioxygène O_2 peut être déterminé par la relation suivante :

1 MET correspond à $3,5 \text{ mL/kg/min}$ de dioxygène O_2 consommé par les muscles.

Activité physique		MET
Marche	$3,2 \text{ km.h}^{-1}$	2,5
	$4,8 \text{ km.h}^{-1}$	3,5
Vélo	calme	4
	modéré	5,7
Course à pied	$9,6 \text{ km.h}^{-1}$	10,2
	12 km.h^{-1}	13,2
Natation	lente	4,5
	rapide	7

D'après : Le cardiofréquencemètre : de la théorie à la pratique.

Dr Thierry Laporte - Cardio&Sport 8 septembre 2006-entraînement

Document B2 : Caractéristiques du sportif

- âge : 20 ans ;
- masse : $m = 60$ kg ;
- volume d'éjection systolique (c'est le volume de sang éjecté lors d'un battement du cœur) : $VES = 111$ millilitres par battement ;
- différence artério-veineuse en dioxygène : $DAV = 0,20$ (ceci signifie que, chaque minute, ses cellules extraient 20 mL de dioxygène pour 100 mL de sang).

En première approximation, la formule d'Astrand donne la fréquence cardiaque maximale $FCM = 220 - \text{âge}$.

Document B3 : Données relatives à la fréquence cardiaque

$$VO_2 = DC \times DAV$$

$$DC = FC \times VES$$

avec :

FC : fréquence cardiaque volumique en battements par minute.

VO_2 : volume de dioxygène consommé par les muscles en mL/min

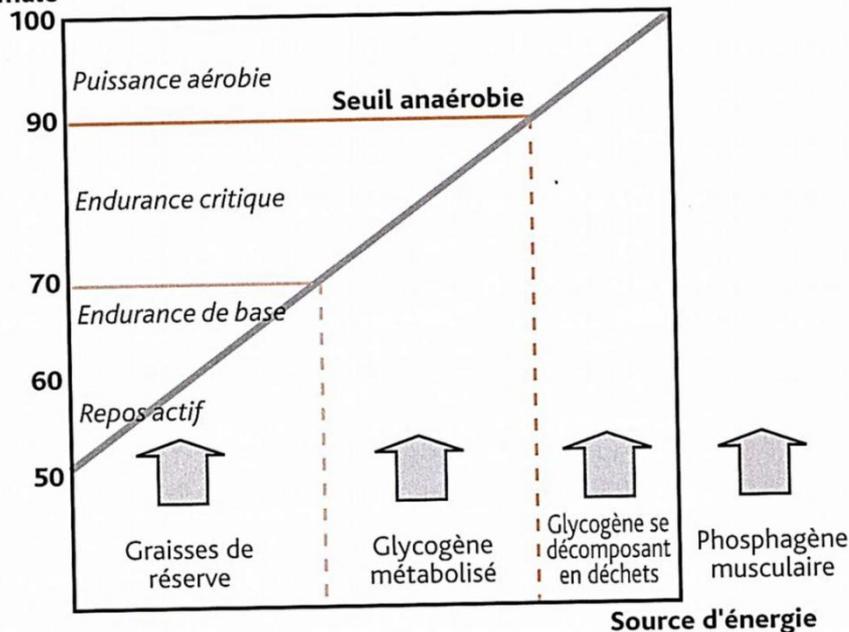
DC : débit cardiaque volumique en mL/min

DAV : différence artério-veineuse (sans unité)

VES : volume d'éjection systolique en millilitres par battement (c'est le volume de sang éjecté lors d'un battement du cœur)

Document B4 : Zones d'entraînement

Pourcentage de la fréquence cardiaque maximale



les filières énergétiques et les zones de fréquences cardiaques.

Partie C : Un entraînement dans les meilleures conditions

Le sportif souhaite s'entraîner dans les meilleures conditions au niveau de son équipement (textile) et de son alimentation.

C1. Un textile innovant

Au cours d'un effort prolongé la fréquence cardiaque augmente aussi en raison de la déshydratation du sportif et de la mise en route de sa thermorégulation (régulation de sa température corporelle). Pour cela il souhaite utiliser un textile adapté pour son confort et sa performance.

Données :

Enthalpie de changement d'état de vaporisation de l'eau : $L_v = 2,26 \cdot 10^6 \text{ J.kg}^{-1}$

Masse totale des microcapsules de paraffine : 150 g

Enthalpie de changement d'état de fusion de la paraffine : $L_f = 218 \cdot 10^3 \text{ J.kg}^{-1}$

C.1.1. Lors de la transpiration, l'eau contenue dans la sueur s'évapore. Lors de ce changement d'état, reçoit-elle ou perd-elle de l'énergie ? Justifiez votre réponse. Montrer que la valeur de l'énergie correspondant à l'évaporation de 200 g d'eau est égale à 452 kJ.

C.1.2. En déduire pourquoi la transpiration permet alors de maintenir la température du corps.

C.1.3. Après s'être renseigné sur les vêtements techniques adaptés à la course à pied, le sportif a opté pour un tee-shirt thermo régulant.

C.1.3.a. En quoi le textile thermo régulant facilite-t-il la régulation de la température corporelle lors d'un effort physique ?

C.1.3.b. On souhaite savoir dans quelle mesure ce textile permet de diminuer la déshydratation du sportif dans ce cadre donné. Pour cela, calculer la masse d'eau économisée grâce au textile.

C.1.3.c. Quel est l'intérêt de ce textile lorsque le sportif a fini sa course ?

C2. La phase d'entraînement

C.2.1. Lors d'une course à pied le sportif doit lutter principalement contre la gravité d'où la nécessité d'un apport énergétique lors de cet effort.

Données :

Masse du sportif: $m = 60 \text{ kg}$

Intensité de pesanteur : $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$

C.2.1.a. Calculer l'intensité du poids P du sportif.

C.2.1.b. Sur le **document réponse DR2**, représenter le vecteur poids \vec{P} .
Échelle : 1 cm pour 200 N.

C.2.2. Lors d'un effort, le muscle est un convertisseur d'énergie. Compléter la chaîne simplifiée du **document réponse DR3** avec les termes suivants :
énergie thermique, énergie mécanique, énergie chimique.

C.2.3. Le sportif a couru une distance 15 km.
Le rendement moyen du muscle est de 25 %. On estime qu'en course à pied, l'énergie absorbée est de $4,18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$.

C.2.3.a. Donner l'expression du rendement du muscle en précisant la nature de chaque énergie mise en jeu.

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

C.2.4. Les fruits secs constituent une excellente source d'énergie naturelle. Sur une étiquette d'un paquet d'amande, on peut lire l'indication suivante :

Valeur énergétique pour 100 g : 2576 kJ

Calculer la masse d'amandes nécessaire pour effectuer cet effort.

DOCUMENTS DE LA PARTIE C

Document C1 : Des textiles thermorégulants

Les matériaux à changements de phase sont un exemple des prouesses de la recherche-développement dans le domaine des textiles techniques. De nombreuses substances présentent naturellement la propriété de chauffer quand il fait froid et de rafraîchir quand il fait chaud. Si on les encapsule et qu'on les fixe sur les fibres, leur effet sera pérennisé et évitera un contact souvent gras et désagréable.

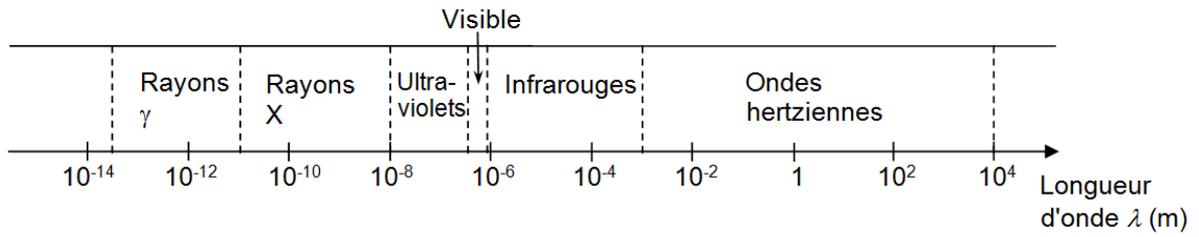
Ces matériaux comportent des microcapsules de paraffine (un mélange d'hydrocarbures saturés dont les températures de fusion sont comprises entre 22 C et 37°C) incorporées dans les fibres, permettant une régulation thermique. Ce sont des matériaux à changement de phase.

Lorsque le corps produit de la chaleur, la substance se liquéfie en absorbant cette chaleur et crée ainsi un effet fraîcheur. Lorsque la température diminue, lors d'une pause dans l'activité sportive par exemple, le liquide contenu dans les microcapsules redevient solide et émet la chaleur préalablement stockée.

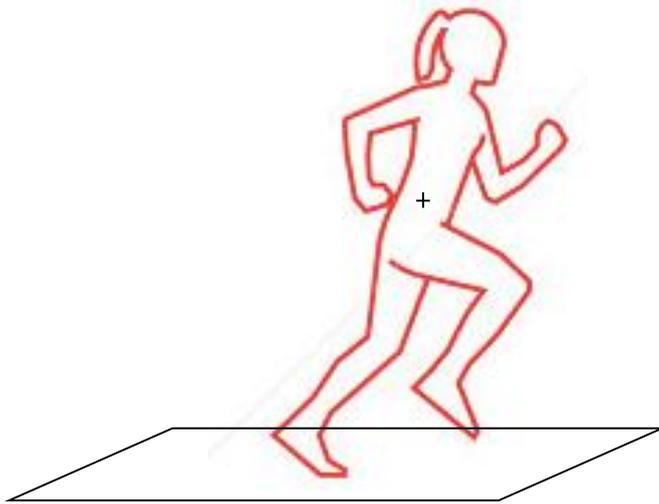
D'après Fabien Roland : Des textiles pour sportifs. Apport de la chimie pour améliorer confort et performances.

DOCUMENTS RÉPONSES À RENDRE AVEC LA COPIE

DR1 : Domaines du spectre des ondes électromagnétiques



DR2 : Représentation du vecteur poids
(d'après www.shutterstock.com)



DR3 : Chaîne énergétique simplifiée d'un muscle

