

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE
SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE

Spécialité Biotechnologies

SESSION 2018

PHYSIQUE - CHIMIE

Durée de l'épreuve : 3 heures - Coefficient : 4

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

**Dès que le sujet est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12.**

Le DOCUMENT RÉPONSE (DR1, DR2 et DR3) page 12/12 est à rendre impérativement avec la copie, même non complété.

*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.*

Cure thermale

Depuis quelques temps, madame K a l'impression d'avoir des soucis respiratoires, elle décide d'aller consulter.

À l'issue de l'entretien avec son médecin, ce dernier lui prescrit une radiographie thoracique et lui conseille d'aller dans un centre thermal pour faire une cure ORL/voies respiratoires.

L'étude qui vous est proposée comporte 4 parties qui peuvent être traitées indépendamment les unes des autres.

Des DOCUMENTS se situent éventuellement après chaque partie et doivent être lus afin de répondre à certaines questions.

En fin de sujet, le DOCUMENT RÉPONSE (DR1, DR2 et DR3) page 12 est à compléter et à rendre avec la copie même s'il n'est pas complété.

Partie A : La radiographie, une technique d'imagerie médicale

Partie B : Le trajet au centre thermal

Partie C : Siège élévateur pour personne à mobilité réduite

Partie D : Eau thermale et soins

PARTIE A : La radiographie, une technique d'imagerie médicale

La radiographie est un examen qui utilise les rayons X (onde électromagnétique). Lorsqu'une onde électromagnétique pénètre dans un matériau, elle peut être absorbée en partie ou en totalité.

Le faisceau de rayons X produit par une source fixe (tube à rayons X) est envoyé en direction de la partie du corps humain à examiner. Les rayons sont plus ou moins absorbés en fonction de la densité et de la composition chimique des tissus traversés. Ils sont ensuite recueillis par un ensemble de capteurs photosensibles (iodure de césium) qui convertissent le rayonnement X en signal lumineux. Ce dernier est ensuite converti en signaux électriques par des photodiodes. Enfin les signaux électriques sont convertis pour fournir l'image sur un écran numérique.



Les os sont essentiellement constitués des éléments chimiques phosphore (P) et calcium (Ca) tandis que la chair et les organes sont essentiellement composés des éléments oxygène (O), carbone (C), hydrogène (H) et azote (N).

Pour une même épaisseur, le carbone absorbe moins les rayons X que le calcium. On négligera l'absorption par les autres éléments chimiques.

Données :

Une onde électromagnétique de fréquence ν peut être décrite par des photons qui transportent chacun une énergie E , donnée par la relation :

$$E = h \cdot \nu \quad \text{avec } E : \text{énergie en joules (J) ;}$$
$$h : \text{constante de Planck ; } h = 6,6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s ;}$$
$$\nu : \text{fréquence en hertz (Hz).}$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad \text{avec } \lambda : \text{longueur d'onde en mètres (m) ;}$$
$$c : \text{célérité des ondes électromagnétiques dans l'air ; } c = 3,0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} ;$$
$$\nu : \text{fréquence en hertz (Hz).}$$

Équivalence des unités d'énergie : $1 \text{ keV} = 1,6 \times 10^{-16} \text{ J}$.

A.1. Ondes électromagnétiques et radiographie

A.1.1. Rappeler la structure d'une onde électromagnétique.

A.1.2. Compléter le spectre des ondes électromagnétiques donné dans le **DOCUMENT RÉPONSE DR1 à rendre avec la copie** en associant à chaque numéro le domaine des ondes électromagnétiques correspondant et choisi parmi les suivants : micro-ondes, lumière visible, ondes hertziennes, ultraviolets, rayons gamma, infrarouges.

A.1.3. Le **DOCUMENT RÉPONSE DR2 à rendre avec la copie** présente une chaîne de conversion simplifiée. Indiquer en dessous de chaque cadre rectangulaire s'il s'agit d'un signal analogique ou numérique.

A.1.4. Expliquer les variations de contraste observées sur l'image obtenue.

A.1.5. L'appareil radiographique produit des rayons X d'énergie $E = 120 \text{ keV}$.

A.1.5.1. Calculer la fréquence ν des photons émis lors de l'examen radiographique.

A.1.5.2. Déterminer la longueur d'onde dans le vide λ des photons émis et vérifier qu'ils appartiennent au domaine des rayons X.

A.2. Dose de rayonnement X reçue par madame K

L'appareil radiographique émet par seconde $8,0 \times 10^9$ photons d'énergie $E = 120 \text{ keV}$ chacun.

A.2.1. À l'aide du **DOCUMENT 1**, montrer que la patiente reçoit une dose D d'environ $90 \mu\text{Gy}$ lors de cette radiographie qui dure $\Delta t = 10 \text{ s}$ sachant que la masse m de la partie du corps irradiée est d'environ 17 kg .

A.2.2. À partir du **DOCUMENT 1**, vérifier par le calcul que la dose équivalente reçue ED respecte la limite autorisée.

A.3. Radioprotection du personnel médical

Pour se protéger, la manipulatrice radio porte un tablier contenant du plomb. L'absorption d'un rayonnement électromagnétique par un écran dépend de l'énergie des photons émis, du matériau utilisé et de l'épaisseur de l'écran.

Le **DOCUMENT RÉPONSE DR3** donne le pourcentage de rayonnement X absorbé en fonction de l'épaisseur e d'un écran de plomb pour des photons d'énergie $E = 120 \text{ keV}$.

À l'aide d'un tracé sur le **DOCUMENT RÉPONSE DR3 à rendre avec la copie**, déterminer l'épaisseur e de plomb du tablier utilisé pour obtenir un pourcentage d'absorption de 94% .

DOCUMENT DE LA PARTIE A

DOCUMENT 1 : Dangers liés aux rayons X

Afin d'évaluer l'impact des rayonnements X sur la santé, on définit deux grandeurs : la dose d'énergie absorbée D et la dose équivalente ED qui rend compte des effets des rayonnements ionisants sur les tissus biologiques.

$$D = \frac{E}{m} \quad \text{avec } D : \text{dose d'énergie absorbée en grays (Gy) ;}$$

E : énergie totale reçue en joules (J) ;
 m : masse irradiée en kilogrammes (kg).

$$ED = D \cdot W_R \cdot W_T \quad \text{avec } ED : \text{dose équivalente en sieverts (Sv) ;}$$

W_R : facteur de pondération du rayonnement (sans unité) ;
 W_T : facteur de pondération tissulaire (sans unité).

Le facteur de pondération du rayonnement rend compte de la nocivité du rayonnement :

$W_R = 1$ pour les positons, électrons, rayons X et γ ;

$W_R = 20$ pour les particules α .

Le facteur de pondération tissulaire rend compte de la sensibilité de l'organe irradié :

$W_T = 0,12$ pour les estomac, gros intestin, moelle osseuse, poumon, sein ;

$W_T = 0,04$ pour les œsophage, foie, thyroïde, utérus, vessie ;

$W_T = 0,01$ pour les peau, surface des os, glande salivaire, cerveau.

En France, l'Autorité de Sûreté Nucléaire (A.S.N.) fixe les doses annuelles maximales réglementaires suivantes :

- 1 mSv pour la population soumise à des expositions d'origine artificielle sauf celles dues à certains examens médicaux (décret n°2006-676 du 8 juin 2006) ;
- 20 mSv pour les personnes travaillant en zone soumise à des rayonnements (décret n°2003-296 du 31 mars 2003).

Sources : Sites Wikipédia et Autorité de Sûreté Nucléaire

PARTIE B : Le trajet jusqu'au centre thermal

Madame K vient d'acheter récemment une voiture diesel. Elle a remarqué que sa consommation moyenne est de 3,30 L de gazole pour 100 kilomètres parcourus et souhaite vérifier si cette dernière satisfait à l'objectif fixé par l'Union européenne pour 2020 concernant la pollution au CO₂, à savoir une émission de 95 g de CO₂ produit par kilomètre parcouru.

Le gazole est un carburant fossile constitué d'un mélange de différents composés miscibles. Pour simplifier, on l'assimilera à un alcane de formule brute C₂₁H₄₄.

Données :

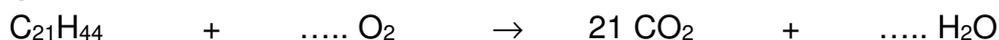
masse volumique du gazole : $\rho = 845 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$;

masses molaires atomiques en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$: $M_H = 1,00$ $M_C = 12,0$ $M_O = 16,0$.

B.1.1. Déterminer le volume V_g de gazole consommé par kilomètre parcouru.

B.1.2. En déduire que la quantité de matière n de gazole consommé par kilomètre parcouru est de $9,42 \times 10^{-2} \text{ mol}$.

B.1.3. Recopier sur la copie l'équation de combustion du gazole dans le dioxygène de l'air et l'équilibrer.



B.1.4. Déterminer la quantité de matière $n(\text{CO}_2)$ de dioxyde de carbone rejeté pour un parcours d'un kilomètre.

B.1.5. La voiture de madame K satisfait-elle l'objectif fixé par l'Union européenne en 2020 en ce qui concerne l'émission de dioxyde de carbone ?

PARTIE C : Siège élévateur pour personne à mobilité réduite



L'accès à la piscine du centre thermal a été aménagé pour permettre aux personnes à mobilité réduite d'accéder au bassin. Un moteur alimenté par une batterie permet de déplacer verticalement une plateforme élévatrice.

Données constructeur :

- La plateforme de masse à vide $m = 53,0$ kg peut supporter une charge de masse maximale de 150 kg et permet de descendre d'une hauteur $h = 1,44$ m.

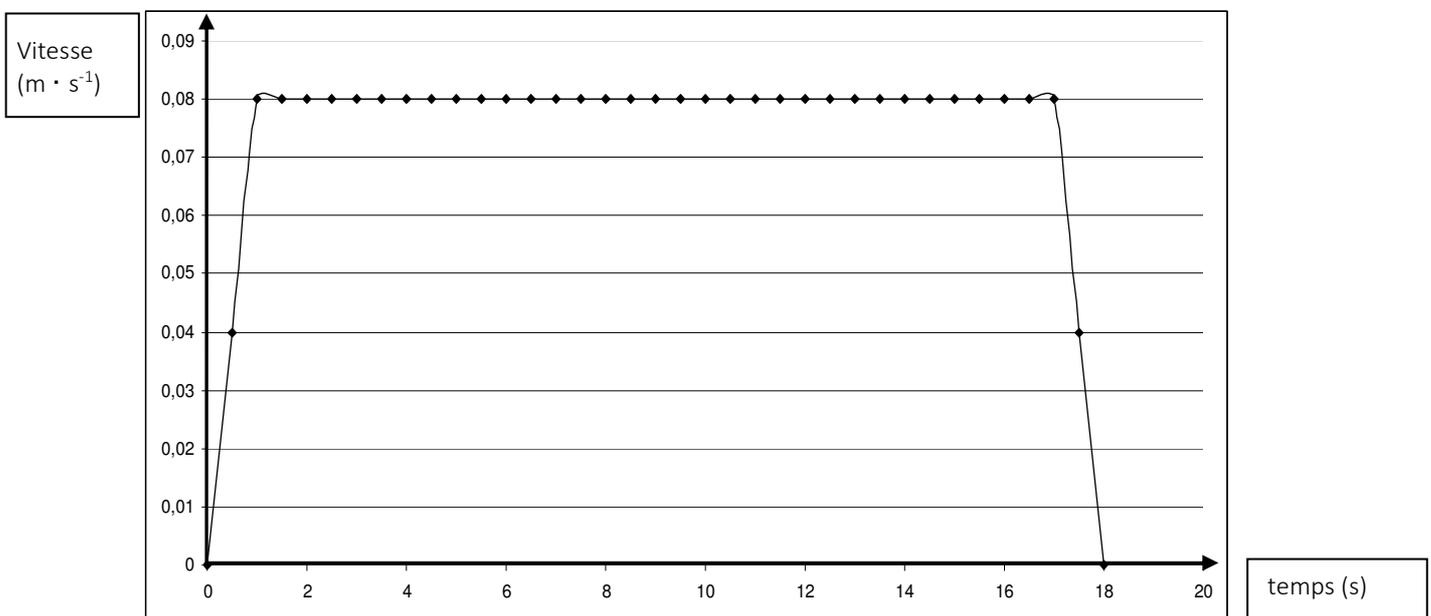
- La durée totale de montée ou de descente est de $\Delta t = 18$ s.

- La batterie délivre une puissance moyenne $P = 80$ W pour un fonctionnement à vide (sans charge).

Un watt-heure vaut 3 600 joules : $1 \text{ W} \cdot \text{h} = 3\,600 \text{ J}$

On donne l'intensité de pesanteur terrestre : $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

Le **DOCUMENT 2** ci-dessous décrit l'évolution de la vitesse de la plateforme en fonction du temps :



Dans toute cette partie, on étudie le mouvement de la plateforme à vide.

C.1.1. Vérifier que la vitesse maximale v_{max} du siège, lue sur le graphe, est compatible avec les données du constructeur sur la durée de montée.

C.1.2. Sur le graphe du **DOCUMENT 2**, identifier les phases de démarrage et d'arrêt. Comment peut-on qualifier le mouvement entre ces deux phases ?

C.1.3. Citer les forces appliquées sur la plateforme pendant une montée.

C.1.4. Que peut-on dire de la résultante de ces forces entre $t_1 = 1,0$ s et $t_2 = 17$ s ?

C.1.5. Déterminer la variation de l'énergie mécanique ΔE_m de la plateforme lors d'une seule montée du siège.

C.1.6. En raisonnant sur les unités, indiquer parmi les 3 expressions proposées ci-dessous la relation correcte entre l'énergie et la puissance :

$$E = P \cdot \Delta t$$

$$E = \frac{P}{\Delta t}$$

$$E = P^2 \cdot \Delta t$$

C.1.7. Déterminer l'énergie E fournie par la batterie lors d'une seule montée du siège.

C.1.8. Expliquer pourquoi l'énergie E fournie par la batterie est supérieure à l'énergie mécanique reçue par la plateforme.

PARTIE D : Eau thermale et soins

D.1. À propos de l'eau thermale

L'eau thermale est une eau de type sulfurée sodique. Elle se caractérise principalement par :

- une faible minéralisation ($0,18 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$),
- la présence de sulfures sous les formes de sulfure d'hydrogène H_2S , d'ions hydrogénosulfure HS^- ou d'ions sulfure S^{2-} ,
- la dominance de la teneur en sodium (ions Na^+).

Données :

masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau liquide}} = 1,0 \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$;

pH de l'eau thermale : $\text{pH} = 9,3$;

température de l'eau thermale : environ 25°C .

$K_e = [\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}] \cdot [\text{HO}^-_{(\text{aq})}] = 1,0 \times 10^{-14}$ à 25°C ;

$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}]$; $[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}] = 10^{-\text{pH}}$

- **Le sulfure d'hydrogène** est un composé chimique de formule H_2S . C'est un gaz acide, incolore, à l'odeur nauséabonde d'œuf pourri et très toxique par inhalation à partir d'un seuil de $14 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$. Il réagit avec les solutions aqueuses basiques et les métaux tels que l'argent.

- **Couples acide / base** : $\text{H}_2\text{S} / \text{HS}^-$ $\text{HS}^- / \text{S}^{2-}$

D.1.1. Citer deux méthodes permettant de mesurer le pH d'une solution.

D.1.2. L'eau thermale est-elle acide, basique ou neutre ? Justifier la réponse.

D.1.3. Déterminer la concentration en ions oxonium H_3O^+ dans cette eau thermale et en déduire la concentration en ions hydroxyde HO^- .

D.1.4. Les produits ménagers anticalcaires contiennent des espèces chimiques acides.

D.1.4.1 Donner la définition d'un acide selon la théorie de Brønsted.

D.1.4.2. Écrire l'équation chimique de la réaction entre l'ion hydrogénosulfure HS^- et l'ion oxonium H_3O^+ , espèce acide du couple $\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$.

D.1.4.3. À quel désagrément s'expose-t-on en ajoutant un produit ménager anticalcaire avec de l'eau thermale ? Justifier.

D.2. Un exemple de soin ORL : douche nasale

- Le dispositif (voir ci-contre) :

Il est composé :

- d'une cuve en verre de volume $V = 3,0 \text{ L}$, munie à sa base d'un tuyau souple dont l'autre extrémité est raccordée à un tube en inox permettant de brancher le tube nasal du patient.
- d'un robinet R en inox qui permet de régler le débit de l'eau thermique isotonique*.

*Eau thermique isotonique : eau thermique dans laquelle on a ajouté $m = 10,0 \text{ g}$ de sel par litre d'eau thermique.



- La prescription du médecin :

Douche nasale d'eau thermique isotonique de deux litres :

- un litre par narine pendant quatre minutes.

Éviter tout mouchage violent pendant la douche nasale et ainsi que dans la demi-heure qui suit.

- Données :** masse volumique eau thermique isotonique : $\rho = 1,01 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$;
pression atmosphérique : $P_A = P_{atm} = 1,02 \times 10^5 \text{ Pa}$;
intensité de pesanteur terrestre : $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

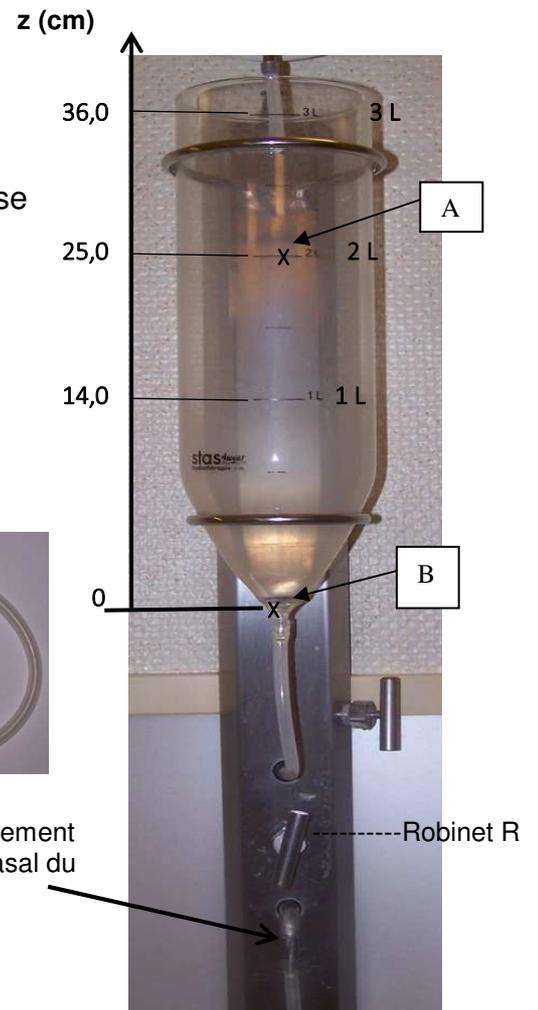
D.2.1. En appliquant le principe fondamental de l'hydrostatique entre les points A et B, déterminer la pression P_B au point B lorsque le robinet du dispositif est fermé.

D.2.2. Madame K ouvre le robinet R pour effectuer son soin ORL.

D.2.2.1 D'après la prescription, montrer que le débit volumique de l'eau thermique isotonique pour ce soin est $D_V = 4,2 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

D.2.2.2. Sachant que la vitesse d'écoulement v_A au point A est de $5,3 \times 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, déterminer le diamètre de la cuve d_A au point A.

On rappelle que le débit volumique en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ s'exprime par : $D_V = S \cdot v$, où $S = \pi \cdot R^2$ est la surface de la section intérieure du tuyau dans lequel circule le fluide et v la vitesse d'écoulement.



D.3. Un autre soin thermal : l'aérobain

Ce soin consiste à immerger le corps de la patiente dans une baignoire à bulles remplie d'eau thermale à une température $\theta_1 = 36^\circ\text{C}$ durant $\Delta t = 10$ min. Le volume d'eau thermale dans la baignoire est $V_b = 240$ L.

Avant que madame K s'immerge, on vérifie la température du bain : le thermomètre affiche $\theta_2 = 38^\circ\text{C}$, il est donc nécessaire d'ajouter une masse m_f d'eau froide que l'on se propose de déterminer.

Données : capacité thermique massique de l'eau $c_{eau} = 4,2 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$;

masse volumique de l'eau : $\rho = 1\,000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

On rappelle que l'énergie échangée sous forme de chaleur Q lors d'une variation de température $\Delta\theta$ pour un corps de masse m et de capacité thermique massique c s'écrit : $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$.

D.3.1. Calculer l'énergie Q_P perdue par l'eau présente au départ dans le bain pour passer de la température $\theta_2 = 38^\circ\text{C}$ à la température $\theta_1 = 36^\circ\text{C}$.

D.3.2. En négligeant les pertes thermiques, montrer que la masse m_f d'eau froide à rajouter au bain de madame K pour le refroidir est de 25 kg.

D.3.3. Le débit du robinet d'eau de la baignoire étant $D_{vrob} = 20 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$, pendant quelle durée Δt le robinet d'eau froide doit-il rester ouvert pour refroidir à 36°C l'eau du bain de madame K ?

