

SESSION 2018

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

PHYSIQUE-CHIMIE

Sciences et Technologies de Laboratoire

Spécialité Biotechnologies

Temps alloué : 3 heures

Coefficient : 4

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

**Ce sujet comporte 14 pages.
La page 14 est à rendre avec la copie**

La télémédecine : la médecine pour le plus grand nombre

La télémédecine constitue l'ensemble des pratiques médicales exercées à distance. Ces pratiques ont pu se développer notamment grâce aux progrès réalisés dans le domaine des télécommunications.

En 2014, 80 % de la population mondiale n'avait pas accès à un médecin proche, principalement dans des pays en développement comme l'Inde par exemple. En France, le nombre de personnes vivant dans un désert médical (accès difficile à un médecin) s'accroît (8,6 % en 2015).

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

Partie A : différents capteurs pour le diagnostic (7 points)

Partie B : transmission et exploitation des données (5 points)

Partie C : alimentation et autonomie du dispositif (8 points)

Partie A : différents capteurs pour le diagnostic (7 points)

A.1 Pour réaliser son diagnostic, le médecin a besoin de certaines données concernant le patient.

A.1.1 Quelle est la grandeur physique d'entrée du capteur présenté dans l'**annexe A2** ? Quelle est sa grandeur de sortie ?

A.1.2 Lors d'un examen, le capteur mesure une résistance $R = 115,0 \Omega$.
À l'aide des **annexes A1 et A2**, justifier si le patient est en bonne santé ou non.

A.2 Grâce au capteur de l'**annexe A3** on mesure chez un patient une concentration massique en hémoglobine chargée d'oxygène (CHbO_2) de 130 g.L^{-1} et une concentration massique en hémoglobine non chargée en oxygène (CHb) de 20 g.L^{-1} .

A.2.1 En s'appuyant sur l'**annexe A1**, indiquer si la valeur de la saturation pulsée en oxygène (SpO_2) est normale.

A.2.2 Pourquoi l'émetteur du capteur présenté dans l'**annexe A3** possède-t-il deux diodes électroluminescentes (DEL) différentes ?

A.3 Pour compléter un diagnostic médical, il est parfois nécessaire d'obtenir des images d'un patient. Le scanner permet d'obtenir des coupes de l'intérieur d'un patient.

A.3.1 D'après l'**annexe A4**, quel avantage le scanner possède-t-il par rapport à la radiographie classique ?

L'énergie du rayonnement émis par le scanner est de 70 keV.

A.3.2 Vérifier, en précisant la démarche et en s'appuyant sur l'**annexe A6**, qu'il s'agit bien de rayons X.

A.3.3 Positionner le rayonnement gamma et l'infrarouge dans le spectre électromagnétique en complétant le **document réponse DR1, à rendre avec la copie.**

A.3.4 D'après l'**annexe A5**, de quels facteurs l'absorption des rayons X dépend-elle ?

A.3.5 En s'appuyant sur l'**annexe A7**, expliquer pourquoi il y a du contraste sur l'image de l'**annexe A4** (des zones noires et des zones blanches).

A.3.6 Dans l'**annexe A4**, on parle de « dose absorbée », quelle est son unité ?

A.3.7 Comparer la « dose absorbée » lors d'un scanner du crâne avec celle reçue naturellement pendant un an.

A.3.8 Les médecins préconisent de ne pas passer plus de trois scanners par an. Expliquer ce choix.

Le personnel d'entretien de l'appareil se plaint de l'utilisation de plomb pour la protection des patients. Ils avancent les arguments suivants :

- le plomb présente une certaine toxicité ;
- la dose reçue lors d'un examen n'est pas dangereuse.

A.3.9 Toutefois, il est nécessaire de protéger les manipulateurs radiologistes. En utilisant **les annexes A4 et A7**, justifier (en 5 lignes maximum) cette nécessité et le choix du plomb.

ANNEXE DE LA PARTIE A – Différents capteurs pour le diagnostic

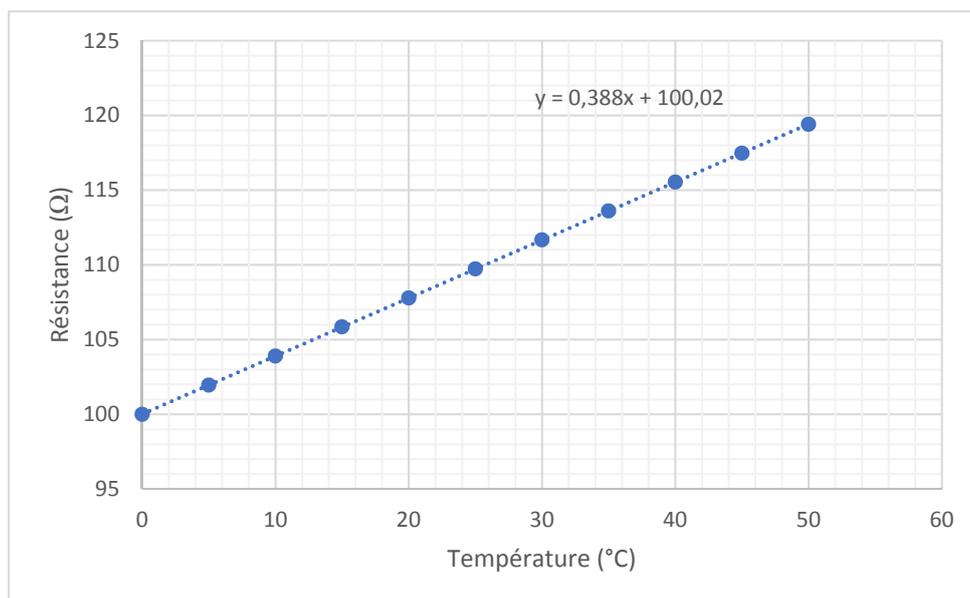
Le tableau suivant donne la liste des valeurs de quelques paramètres chez une personne en bonne santé.

Paramètre mesuré	Valeur normale
Rythme cardiaque	Entre 60 et 110 battements par minutes au repos.
Température	Entre 36,1 °C et 37,8 °C.
Pression artérielle	Entre 120 et 129 mmHg
Saturation pulsée en oxygène (SpO ₂)	Entre 95 % et 100 %

(D'après : www.ccpe-cfpc.com/fr/pdf_files/drug_lists/constantes_bio.pdf)

Annexe A1 – Valeurs normales de paramètre de santé

La sonde « Pt100 » est un composant dont la résistance varie en fonction de la température du milieu environnant. Grâce à une courbe d'étalonnage (voir ci-dessous) on peut faire le lien entre ces deux grandeurs. En général, le système relié au capteur affiche directement la valeur de la température.



Annexe A2 – Présentation de la sonde « Pt100 » avec sa courbe d'étalonnage

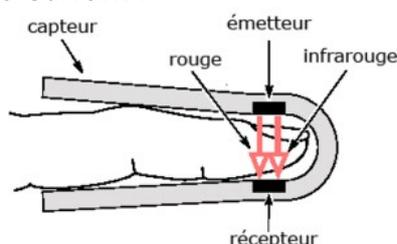
La mesure de la saturation pulsée en oxygène (SpO_2) permet de détecter un problème au niveau des poumons ou des globules rouges par exemple. En effet, ces derniers transportent l'oxygène et la valeur de la (SpO_2) correspond au pourcentage d'oxygène fixé sur les globules. On peut la calculer avec la formule suivante :

$$SpO_2 = \frac{CHbO_2}{CHbt}$$

Avec : $CHbO_2$ la concentration en hémoglobine chargée d'oxygène
 $CHbt$ la concentration **totale** en hémoglobine du sang

Pour mesurer ce paramètre, on utilise le fait que les globules rouges qui transportent de l'oxygène sont colorés. Le capteur, appelé oxymètre, se positionne au niveau du doigt et réalise une mesure d'absorbance du sang. L'hémoglobine chargée d'oxygène absorbe la lumière infrarouge, et pas la lumière rouge, pour l'hémoglobine non chargée en oxygène c'est l'inverse.

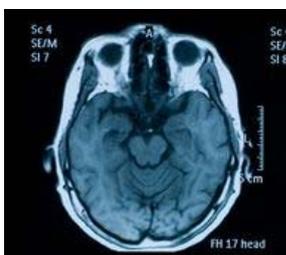
On peut utiliser le schéma suivant :



L'émetteur est composé de deux DEL, une qui émet dans le domaine infrarouge, l'autre dans le rouge. En fonction de la lumière reçue, le récepteur envoie un signal électrique qui permettra de calculer la (SpO_2).

(Source du schéma : <http://www.spirometrie.fr/applications>)

Annexe A3 – Explications sur la SpO_2



Le scanner est un appareil d'imagerie médicale basé sur l'utilisation de rayons X. Contrairement à la radiographie classique, il permet de reconstituer des images en trois dimensions du patient et de voir l'intérieur de certaines parties du corps (voir image ci-contre).

Les rayons X font partie des rayons ionisants. Ces derniers ont la possibilité d'endommager l'ADN de nos cellules.

Dose reçue :

- pour un scanner de la tête : 0,1 mSv (millisievert) ;
- naturellement en moyenne sur une année : 0,37 mSv.

(D'après : www.laradioactivité.com/site/pages/dosedexamensauxrayonsx.htm)

Annexe A4 – À propos du scanner et des rayons X

La probabilité d'interaction d'un rayon X avec un atome est d'autant plus importante que son noyau contient un grand nombre de protons (c'est-à-dire que le numéro atomique est élevé). Il en résulte que la capacité d'atténuer les rayons X est plus grande pour un matériau dense, que pour un matériau de faible densité, comme l'eau. Pour schématiser, on peut dire que les matériaux « lourds » sont opaques aux photons X, alors que les éléments « légers » sont transparents. On peut ajouter que plus le matériau est épais, plus l'interaction est probable.

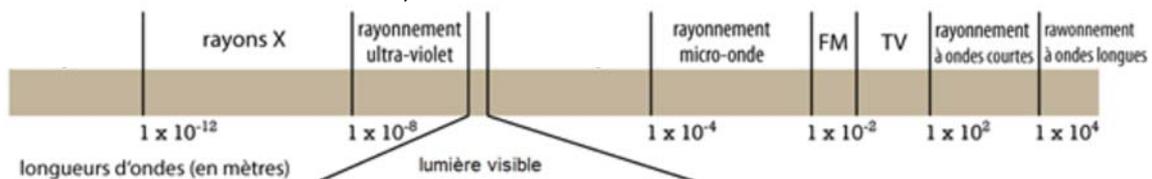
(D'après « La physique par les objets quotidiens » 2007, Cédric Ray et Jean-Claude Poizat.)

Annexe A5 – Interaction des rayons X avec la matière

Constante de Planck : $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

Electronvolt : $1\text{eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$

Vitesse de la lumière : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$



Annexe A6 – Données concernant les ondes électromagnétiques

- Composition majoritaire des os : calcium (Ca)
- Composition majoritaire du corps humain (en dehors des os) : eau, carbone (C)
- Numéro atomique de quelques atomes :

H	C	O	Ca	Fe	Zn	Au	Pb
1	6	8	20	26	30	79	82

Annexe A7 – Données scientifiques

Partie B : transmission et exploitation des données (5 points)

B.1 Lorsque les mesures ou les images ont été réalisées, il faut ensuite les envoyer vers le centre où le médecin se trouve afin qu'il puisse les analyser et donner son diagnostic.

B.1.1 Quels sont les champs qui modélisent une onde électromagnétique ?

B.1.2 À l'aide de l'**annexe B1**, présenter les avantages et l'inconvénient de la technologie (GSM).

On considère une antenne (GSM) 1800 avec les propriétés suivantes :

- puissance d'émission : 20 W
- constante liée à l'antenne $\alpha = 1280 \Omega$

On se positionne à une distance $d = 250$ m de l'émetteur.

B.1.3 À l'aide des données précédentes et des **annexes B2 et B3**, vérifier que la législation concernant la santé des utilisateurs est respectée.

La limite de réception du signal est de $2,0 \text{ mV}\cdot\text{m}^{-1}$ en admettant que le terrain soit sans obstacle.

B.1.4 À quelle distance maximum de l'antenne la station de télémédecine peut-elle se trouver ?

B.2 Pour aider le médecin dans son diagnostic, on peut automatiser certains traitements. Nous allons voir un exemple simple sur l'électrocardiogramme (ECG) reçu après transfert.

B.2.1 D'après l'**annexe B4**, le signal reçu par le médecin est-il analogique ou numérique ?

B.2.2 Quelle est la différence entre ces deux types de signaux ?

Pour calculer la fréquence cardiaque de manière automatique, on peut tracer le spectre des fréquences présentes dans le signal de l'ECG.

B.2.3 Parmi les spectres présentés dans l'**annexe B5**, lequel correspond à l'ECG de l'**annexe B4** ? Justifier la réponse.

L'**annexe B4** présente l'électrocardiogramme d'un patient

B.2.4 Ce patient présente-t-il un trouble cardiaque ? Justifier la réponse.

ANNEXE DE LA PARTIE B – Transmission et exploitation des données

Technologie	Informations techniques
(GSM)	<ul style="list-style-type: none"> - Le signal est limité aux zones possédant une antenne relais. - Abonnement annuel : 240 € - Coût du matériel : moyen - Bande de fréquence : autour de 900 MHz et 1800 MHz.
Satellite	<ul style="list-style-type: none"> - Utilise un réseau satellite. - Abonnement annuel : 700 € - Coût du matériel : élevé. - Signal disponible partout (désert, océans...)
Bluetooth	<ul style="list-style-type: none"> - Portée : de 10 à 100 m. - Pas d'abonnement nécessaire. - Coût du matériel : moyen. - Bande de fréquence : 2,4 GHz

(D'après : http://fr.wikipédia.org/wiki/Global_System_for_Mobile_Communications
www.ariase.com/fr/comparatifs/satellite.html
<http://fr.wikipédia.org/wiki/Bluetooth>)

Annexe B1 – Tableau comparatif de différentes technologies de communication

Pour les radiofréquences, les applications les plus courantes sont celles de la téléphonie mobile. Il faut ici différencier les stations de base et le téléphone mobile.

Pour une station de base de téléphonie mobile, l'ensemble du corps est exposé. Le paramètre de mesure est le niveau du champ électrique. Les valeurs limites à ne pas dépasser sont :

- Pour une antenne GSM 900 : 41 V.m^{-1}
- Pour une antenne GSM 1800 : 58 V.m^{-1}
- Pour une antenne UMTS : 61 V.m^{-1}
- Pour le wifi et les fours micro-ondes : 61 V.m^{-1}
- Pour la radio FM : 28 V.m^{-1}

(D'après : http://www.ineris.fr/ondes-info/content/valeurs_limites_exposition)

Annexe B2 – Onde électromagnétique et santé

Loin de la source d'émission, on peut calculer le champ électrique avec la relation :

$$E = \frac{\sqrt{\alpha \cdot P}}{d}$$

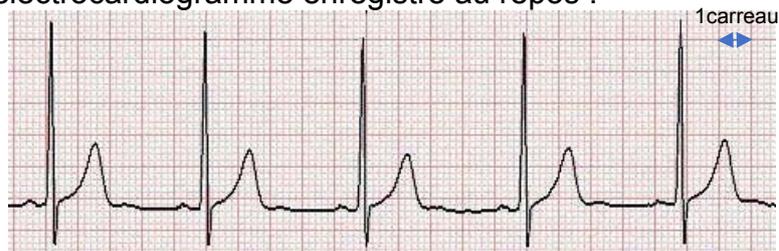
- E l'intensité du champ électrique ($\text{V} \cdot \text{m}^{-1}$)
- P la puissance de l'antenne (W)
- d distance de la source (m)
- α constante liée à l'antenne (Ω)

Annexe B3 – Calcul de la valeur du champ électrique

L'enregistrement de l'activité électrique du cœur s'appelle un électrocardiogramme (ECG). Le signal issu des capteurs piézoélectriques est ensuite numérisé pour être envoyé au médecin. On peut en déduire la fréquence cardiaque du patient en battement par minute.

Si cette dernière est supérieure à 110 battements par minute au repos, le patient est atteint de tachycardie. En dessous de 60 battements par minute au repos on parle de bradycardie (sauf chez le sportif entraîné).

Exemple d'électrocardiogramme enregistré au repos :

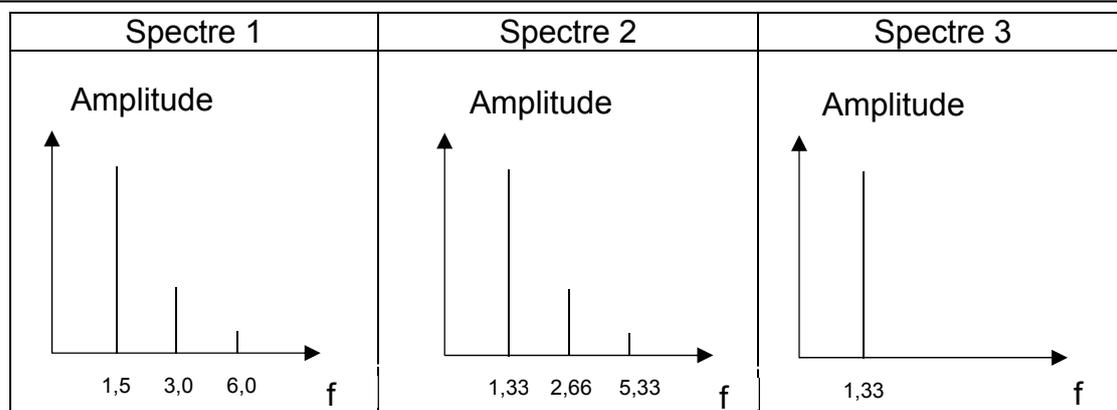


Sensibilité verticale : 1 carreau pour 50 μV .

Sensibilité horizontale : 1 carreau pour 150 ms.

(D'après : <http://campus.cerimes.fr/semiologie-cardiologique/enseignement/electrocardiogramme/site/html/cas1.html>)

Annexe B4 – Electrocardiogramme et santé



Annexe B5 – Différents spectres : amplitude en fonction de la fréquence f (Hz).

Partie C : alimentation et autonomie du dispositif (8 points)

Dans le cas d'un appareil fixe, celui-ci peut être branché sur le secteur. Si l'on veut réaliser un dispositif portable, ou au moins transportable dans un camion, il faut une source d'énergie pour alimenter tout le dispositif.

Des données numériques nécessaires aux calculs sont regroupées dans l'**annexe C4**.

C.1 Nous étudions la possibilité d'alimenter le dispositif à l'aide d'un panneau solaire

C.1.1 Compléter la chaîne énergétique **sur le document réponse DR2 à rendre avec la copie** avec le nom des différentes énergies mises en jeu dans le panneau solaire photovoltaïque.

C.1.2 Citer un inconvénient à l'utilisation de panneaux solaires.

L'**annexe C1** présente les caractéristiques d'un panneau solaire.

C.1.3 Pour quelle puissance lumineuse reçue (exprimée en $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$) les caractéristiques techniques du panneau solaire sont-elles données ?

On se place dans une région où la puissance lumineuse reçue est $P_0 = 650 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$.

C.1.4 Calculer la puissance reçue par le panneau solaire, puis calculer la puissance qu'il sera en mesure de fournir.

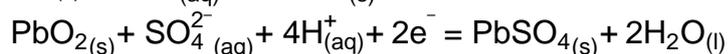
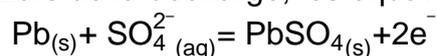
C.1.5 Citer une autre utilisation possible de l'énergie solaire (ne faisant pas intervenir l'électricité)

Nous complétons le dispositif d'alimentation précédent avec un accumulateur au plomb.

C.1.6 D'après l'**annexe C2**, quel est l'avantage des batteries (AGM) ou (GEL) par rapport aux batteries classiques ?

C.1.7 Calculer la durée de fonctionnement de l'appareil branché sur la batterie de l'**annexe C2** sachant qu'elle doit débiter un courant $I_0 = 500 \text{ mA}$ pour alimenter le dispositif.

Lors de la décharge, les équations modélisant le fonctionnement sont :

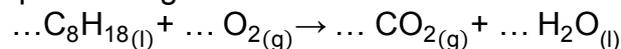


C.1.8 Écrire l'équation bilan de la réaction lors de la décharge.

C.1.9 Calculer la masse de plomb transformée lors de la décharge de la batterie de l'**annexe C2**.

C.2 Nous allons étudier la possibilité d'alimenter le dispositif à l'aide d'un groupe électrogène décrit dans l'**annexe C3**.

C.2.1 Recopier et équilibrer l'équation suivante modélisant la combustion du carburant du groupe électrogène :



C.2.2 D'après l'**annexe C3**, quelle est la conversion d'énergie réalisée par le groupe électrogène ?

C.2.3 Montrer que la quantité d'énergie contenue dans le réservoir vaut $4,7 \times 10^2$ MJ.

C.2.4 En déduire l'énergie électrique produite.

C.2.5 Pendant combien de temps le dispositif pourrait-il fonctionner si on considère que la puissance nécessaire à l'installation est de $P_1 = 150$ W ?

C.2.6 Calculer la masse de CO_2 produite lors de l'utilisation complète du réservoir.

C.2.7 Conclure sur l'intérêt et les limites de ce dispositif.

ANNEXE DE LA PARTIE C – Alimentation et autonomie du dispositif

Dimensions (mm) (longueur × largeur × profondeur)	Poids (kg)	Puissance nominale (W)	Tension à puissance max (V)	Courant à puissance max (A)	Rendement (%)
1655 × 990 × 42	20	250	31,5	7,94	15

(D'après : http://www.solar-power-company.com/fiche_technique_photovoltaique/modul250_datenblatt_frnz.pdf)

Annexe C1 – Extrait de fiche technique d'un panneau solaire

Il existe plusieurs variantes de batteries au plomb. On peut les améliorer dans le but d'empêcher les fuites et de rendre la batterie étanche. Il est possible d'ajouter du gel de silice dans la solution de la batterie pour la gélifier. Ces batteries sont appelées GEL. Il existe également des batteries appelées AGM qui contiennent un assemblage de buvards en fibre de verre qui sont comprimés entre électrodes et imprégnés par l'électrolyte.

Pour l'installation de télé-médecine, nous utiliserons des batteries GEL de tension nominale $U = 12 \text{ V}$ et de capacité $Q = 90 \text{ A.h}$

Annexe C2 – Présentation des batteries

Un groupe électrogène est un dispositif autonome qui permet de produire de l'électricité à partir de la combustion de carburant. Il est composé d'un moteur thermique et d'un alternateur.



Pour l'installation de télémédecine nous utiliserons le groupe électrogène suivant :

Puissance	Capacité du réservoir	Carburant	Rendement
2500 W	15 L	Essence (C ₈ H ₁₈)	16%

Annexe C3 – Groupe électrogène

Masse molaire du plomb : $M_{Pb} = 207,2 \text{ g.mol}^{-1}$

1 A.h = 3600 C

Constante de Faraday : $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C.mol}^{-1}$

Pouvoir calorifique de l'octane : $PC_{\text{Octane}} = 44,4 \text{ MJ.kg}^{-1}$

Masse volumique de l'octane : $\rho_{\text{Octane}} = 700 \text{ kg.m}^{-3}$

Volume molaire de l'octane à 20 °C et 101 325 Pa : $V_{m_{\text{Octane}}} = 24 \text{ L.mol}^{-1}$

Masse molaire du CO₂ : $M_{CO_2} = 44,01 \text{ g.mol}^{-1}$

Annexe C4 – Données numériques

DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE

