

La télémédecine : la médecine pour le plus grand nombre

PARTIE A - Différents capteurs pour le diagnostic

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

A.1.1 Grandeur physique d'entrée et de sortie du capteur

D'après le document A2, la grandeur d'entrée est la température (grandeur sur l'axe des abscisses) et la grandeur de sortie est la résistance (grandeur sur l'axe des ordonnées).

A.1.2 Lors d'un examen, le capteur mesure une résistance $R = 115,0 \Omega$.

D'après le document A2, pour la valeur d'une résistance $R = 115,0 \Omega$, la température est de 39°C .

D'après le document A1, le patient est en bonne santé si sa température est située entre $31,6$ et $37,8^\circ\text{C}$. Or, dans ce cas, la température n'appartient pas à cet intervalle. Donc le patient n'est pas en bonne santé.

A.2.

A.2.1. Indiquer si la valeur de la saturation pulsée en oxygène (SpO_2) est normale.

D'après l'énoncé, $\text{CHbO}_2 = 130 \text{ g.L}^{-1}$ et $\text{CHb} = 20 \text{ g.L}^{-1}$

D'après le document A3, on a la relation :

$$\text{SpO}_2 = \frac{\text{CHbO}_2}{\text{CHbt}} = \frac{\text{CHbO}_2}{\text{CHbO}_2 + \text{CHb}} = \frac{130}{130 + 20} = \frac{130}{150} = 0,87$$

On a alors un pourcentage de $86,7 \%$

D'après le document A1, la valeur de la saturation pulsée en oxygène (SpO_2) est normale si la valeur est comprise entre 95 et 100% . Donc, dans ce cas, la valeur n'est pas normale.

A.2.2. L'émetteur du capteur présenté dans le document A3 possède deux diodes électroluminescentes (DEL) différentes car 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. Le signal sera donc différent lorsqu'il s'agit d'hémoglobine chargée en oxygène ou non.

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 Par rapport à la radiographie classique, le scanner permet de reconstituer des images en trois dimensions du patient et de voir l'intérieur de certaines parties du corps.

A.3.2 Montrer que le rayonnement émis est dans le domaine des rayons X.

D'après l'énoncé, l'énergie du rayonnement E est de 70 keV .

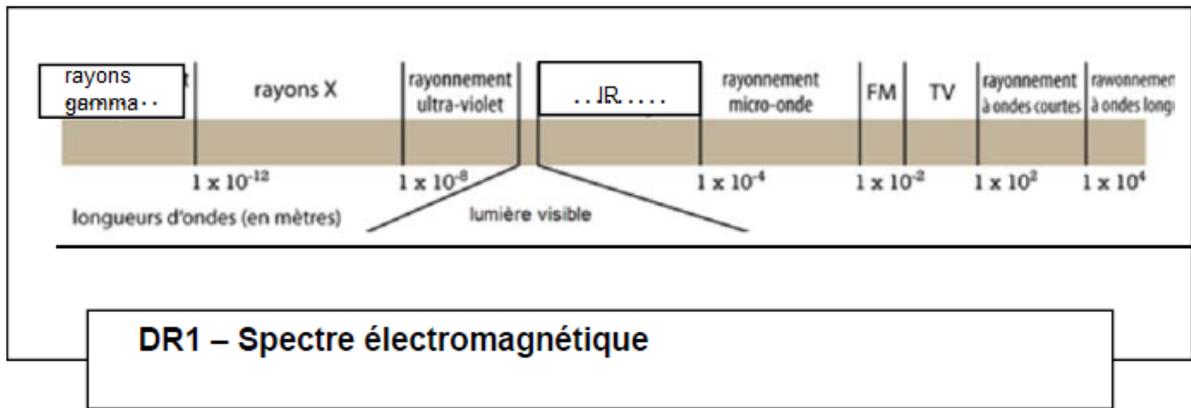
$$E = 70 \times 10^3 \times 1,6 \times 10^{-19} = 1,12 \times 10^{-14} \text{ J}$$

De plus, on a la relation :

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad \text{donc} \quad \lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6,62 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{1,12 \times 10^{-14}} = 1,77 \times 10^{-11} \text{ m}$$

D'après le document A6, la longueur est située dans l'intervalle $1 \times 10^{-8} \text{ m}$ à $1 \times 10^{-12} \text{ m}$ donc il appartient au domaine des rayons X.

A.3.3 Positionnement du rayonnement gamma et l'infrarouge dans le spectre électromagnétique



A.3.4 D'après le document A5, l'absorption des rayons X dépend du nombre de protons dans le noyau donc du numéro atomique de l'élément qui constitue le matériau et de l'épaisseur du matériau.

A.3.5 Il y a des contrastes sur l'image du document A4, car le corps humain est constitué d'os principalement composé de calcium dont le numéro atomique est élevé d'où une absorption importante des rayons X et le reste du corps humain est constitué d'eau (atomes d'oxygène et d'hydrogène) de carbone de numéro atomique faible d'où une absorption peu importante des rayons X. L'absorption, des rayons X, dans le corps humain n'étant pas uniforme, il existe des zones de contrastes (zones claires et sombres).

A.3.6 L'unité de la dose absorbée est le sievert (Sv).

A.3.7 La dose reçue par un scanner du crâne est de 0,1 mSv alors que la dose reçue naturellement en une année est de 0,37 mSv. La dose reçue naturellement en une année est plus grande que celle reçue lors d'un scanner de la tête. Elle est presque 4 fois plus grande.

A.3.8 Les médecins préconisent de ne pas passer plus de trois scanners par an pour ne pas dépasser la dose reçue par an qui est limitée à 1 mSv.

A.3.9 Il est nécessaire de protéger les manipulateurs radiologistes car ils sont également soumis également aux rayons X. Sans protection ils dépasseraient la dose reçue de 1mSv par an. La protection est donc nécessaire. On utilise des protections en plomb car le plomb possède un grand numéro atomique et peut absorber une grande quantité de rayons X.

PARTIE B - Transmission et exploitation des données

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 Les champs électrique et magnétique modélisent une onde électromagnétique.

B.1.2 Avantages et l'inconvénient de la technologie (GSM).

La technologie GSM a l'avantage de présenter un coût matériel moyen mais aussi de posséder deux bandes de fréquence autour de 900 MHz et 1800 MHz. L'inconvénient est que le signal n'est pas disponible partout et que l'on doit se trouver près d'une antenne relais.

B.1.3 Vérification que la législation concernant la santé des utilisateurs est respectée.

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

$$E = \frac{\sqrt{\alpha \times P}}{d} = \frac{\sqrt{1280 \times 20}}{250} = 0,64 \text{ V.m}^{-1}$$

D'après le document B2, pour une antenne GSM 1800, on ne doit pas dépasser la valeur de 58 V.m⁻¹. Ce qui est le cas avec cette antenne donc la législation concernant la santé est respectée.

B.1.4. Calcul de la distance maximum de l'antenne la station de télémédecine où elle peut se trouver
 D'après la relation précédente, on a :

$$E = \frac{\sqrt{\alpha \times P}}{d} \quad \text{donc} \quad d = \frac{\sqrt{\alpha \times P}}{E} = \frac{\sqrt{1280 \times 20}}{2 \times 10^{-3}} = 80000 \text{ m} = 80 \text{ km}$$

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 est analogique car il y a une infinité de valeur possible en sortie sur un intervalle donné.

B.2.2. Un signal analogique possède une infinité de valeurs en sortie sur un intervalle donné alors qu'un signal numérique ne possède qu'un nombre fini de valeurs en sortie sur un intervalle donné.

B.2.3. Détermination du spectre correspondant à l'ECG.

La période du signal est de 5 carreaux. Sachant que la sensibilité horizontale est de 1 carreau pour 150 ms, on a :

$$T = 5 \times 150 = 750 \text{ ms} = 0,75 \text{ s}$$

La fréquence du signal est de :

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,75} = 1,33 \text{ Hz}$$

Cette correspond à la fréquence fondamentale de ce signal. Il ne peut donc pas s'agir du spectre 1 donc la valeur de la fondamentale est de 1,5 Hz. Le spectre 3 a une fondamentale qui a une valeur de 1,33 Hz mais il n'y a pas d'harmonique. Ce qui signifie que le spectre 3 correspond à un signal sinusoïdal. Cela n'est pas le cas pour le signal de l'électrocardiogramme. Il s'agit donc du spectre 2 qui correspond à l'ECG.

B.2.4. La fréquence du patient est de 1,33 Hz c'est-à-dire 1,33 battement par seconde donc pour une minute la valeur sera 60 fois plus grande.

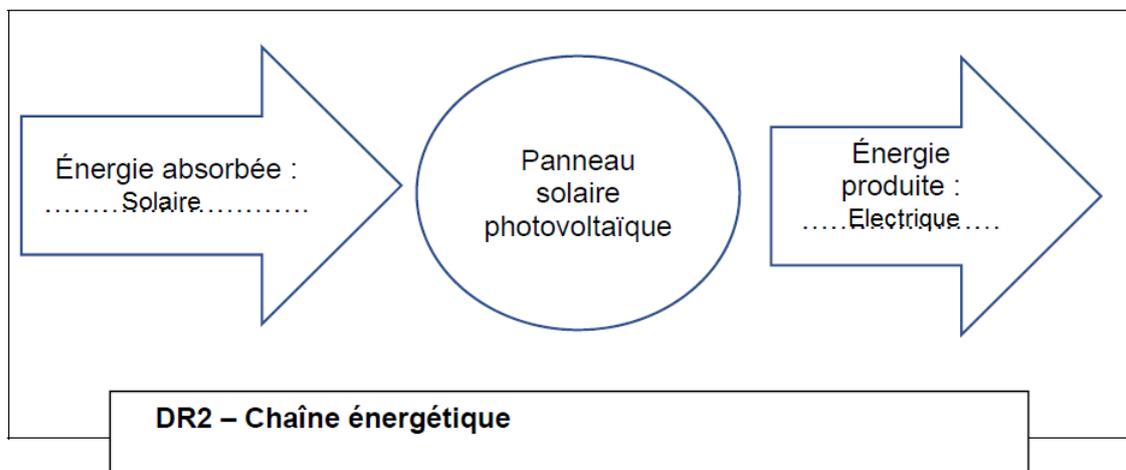
$$f = 1,33 \times 60 = 80 \text{ battements par seconde}$$

Cette valeur n'est pas au dessus de 110 battements par minute et n'est pas en dessous de 60 battements par minute donc le patient ne présente pas de trouble cardiaque.

PARTIE C - Alimentation et autonomie du dispositif

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

C.1.1 Chaîne énergétique mise en jeu dans le panneau photovoltaïque



C.1.2 Le faible rendement d'un panneau solaire est un inconvénient. On peut également citer la nécessité de la présence de lumière pour le fonctionnement du panneau solaire. La nuit le panneau solaire ne produit pas d'électricité.

C.1.3 Les caractéristiques techniques du panneau solaire sont données pour une puissance lumineuse de $1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. En effet, le courant à puissance max est de 7,94 A. Cela ne peut concerner que la courbe pour une puissance lumineuse de $1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Les autres courbes ont des valeurs d'intensité inférieures à 6,5 A.

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

D'après le document C1, la longueur L du panneau est de 1655 mm et la largeur l est de 990 mm. Donc la valeur de la surface est de :

$$S = L \times l = 1,655 \times 0,99 = 1,64 \text{ m}^2$$

On a la relation :

$$P_r = E \times S = 650 \times 1,64 = 1066 \text{ W}$$

Pour le calcul de la puissance qu'il sera en mesure de fournir, on utilise l'expression du rendement. D'après le document C1, le rendement du panneau solaire est de 15%. On a la relation :

$$\eta = \frac{P_u}{P_r} \quad \text{donc} \quad P_u = \eta \times P_r = 0,15 \times 1066 = 160 \text{ W}$$

C.1.5 L'énergie solaire peut être également convertie en énergie thermique. C'est cette conversion qui est utilisée dans le chauffe-eau solaire.

C.1.6 Les batteries (AGM) ou (GEL) permettent d'empêcher les fuites et sont étanches par rapport aux batteries classiques.

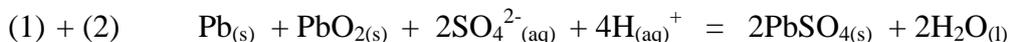
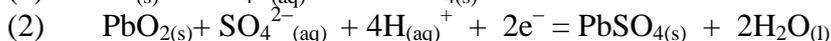
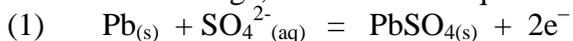
C.1.7 Calcul de la durée de fonctionnement de l'appareil branché sur la batterie.

D'après le document C2, la capacité Q de la batterie est de 90 Ah. On a la relation :

$$Q = I \times \Delta t \quad \text{donc} \quad \Delta t = \frac{Q}{I} = \frac{90}{0,5} = 180 \text{ h}$$

C.1.8 Equation bilan de la réaction lors de la décharge.

Lors de la décharge, on a les demi-équations bilans suivantes :



C.1.9 Calcul de la masse de plomb transformée lors de la décharge de la batterie.

On a la relation :

$$Q = n_{e^-} \times F \quad \text{donc} \quad n_{e^-} = \frac{Q}{F} = \frac{90 \times 3600}{9,65 \times 10^4} = 3,36 \text{ mol}$$

D'après la demi-équation (1) de la question précédente, on a la relation :

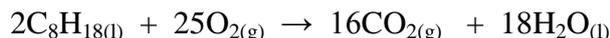
$$n_{\text{Pb}} = \frac{n_{e^-}}{2} = \frac{3,36}{2} = 1,68 \text{ mol}$$

On a la relation :

$$n_{\text{Pb}} = \frac{m_{\text{Pb}}}{M_{\text{Pb}}} \quad \text{donc} \quad m_{\text{Pb}} = n_{\text{Pb}} \times M_{\text{Pb}} = 1,68 \times 207,2 = 348,1 \text{ g}$$

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 Equation bilan modélisant la combustion du carburant du groupe électrogène.



C.2.2 D'après le document C3, le groupe électrogène convertit l'énergie chimique en énergie électrique.

C.2.3 Calcul de la quantité d'énergie contenue dans le réservoir.

D'après le document C3, le réservoir a un volume de 15 L. On a la relation :

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{donc} \quad m = \rho \times V = 700 \times 15 \times 10^{-3} = 10,5 \text{ kg}$$

On utilise ensuite la valeur du pouvoir calorifique de l'octane :

$$E = m \times PCI_{\text{octane}} = 10,5 \times 44,5 = 467,3 \text{ MJ} = 4,7 \times 10^2 \text{ MJ}$$

C.2.4 Calcul de l'énergie produite.

D'après le document C3, le rendement du groupe électrogène est de 16%. On a la relation :

$$\eta = \frac{E_u}{E_r} \quad \text{donc} \quad E_u = \eta \times E_r = 0,16 \times 4,7 \times 10^2 = 75,2 \text{ MJ}$$

C.2.5 Calcul du temps de fonctionnement de l'installation.

On a la relation :

$$E = P \times \Delta t \quad \text{donc} \quad \Delta t = \frac{E}{P_1} = \frac{75,2 \times 10^6}{150} = 5 \times 10^5 \text{ s} = 139 \text{ h}$$

C.2.6 Calcul de la masse de dioxyde de carbone produite

D'après le document C4, le volume molaire de l'octane est de 24 L.mol⁻¹. Le volume d'octane contenu dans le réservoir est de 15 L. Donc la quantité de matière d'octane est de :

$$n_{\text{octane}} = V_m \times V_{\text{réservoir}} = 24 \times 15 = 360 \text{ mol}$$

D'après l'équation bilan de la question 2.1, on a la relation :

$$\frac{n_{\text{octane}}}{2} = \frac{n_{CO_2}}{16} \quad \text{donc} \quad n_{CO_2} = \frac{16}{2} n_{\text{octane}} = 8 n_{\text{octane}} = 8 \times 360 = 2880 \text{ mol}$$

On a la relation :

$$n_{CO_2} = \frac{m_{CO_2}}{M_{CO_2}} \quad \text{donc} \quad m_{CO_2} = n_{CO_2} \times M_{CO_2} = 2880 \times 44,01 = 1,27 \times 10^5 \text{ g} = 127 \text{ kg}$$

C.2.7 Ce dispositif (panneau solaire + groupe électrogène) permet d'être d'assurer l'autonomie énergétique. Néanmoins, on rejette une quantité importante de dioxyde de carbone dans l'atmosphère et nécessite une source d'énergie extérieure pour fonctionner.