

LE DIAGNOSTIC MEDICAL

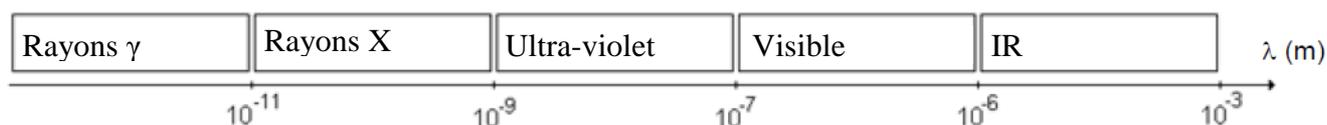
PARTIE A : La radiographie par rayons X

1. Les ondes électromagnétiques

1.1. La longueur d'onde λ s'exprime en mètres (m) dans le système international.

1.2.

Document 1 : question **A.1.2.** (Nota bene : l'échelle n'est pas respectée et les limites indiquées sont approximatives).



2. Production de rayons X

2.1. Le noyau de rhodium est constitué de 103 nucléons, 45 protons et 58 (103 - 45 = 58) neutrons.

2.2. $E_{K\beta} = 22,81 \text{ keV} = 2,281 \times 10^4 \text{ eV}$
 $E_{K\beta} = 2,281 \times 10^4 \times 1,60 \times 10^{-19} = 3,65 \times 10^{-15} \text{ J}$

2.3

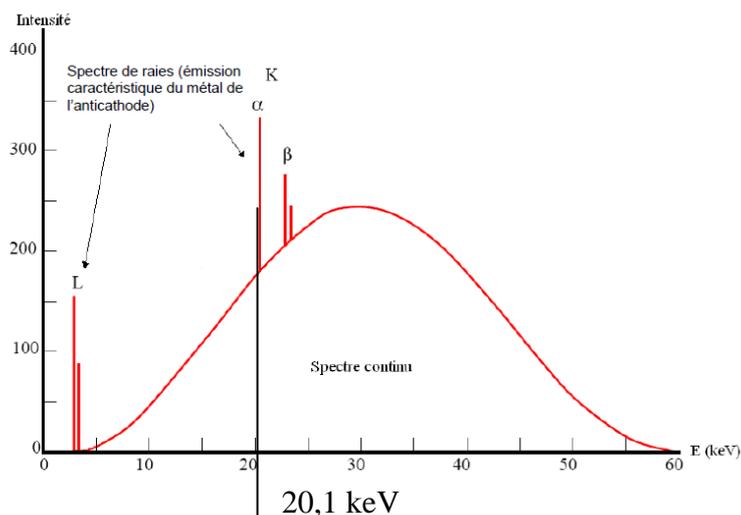
$$E_{K\beta} = \frac{hc}{\lambda_{K\beta}} \quad \text{donc} \quad \lambda_{K\beta} = \frac{hc}{E_{K\beta}} = \frac{6,62 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{3,65 \times 10^{-15}} = 5,44 \times 10^{-11} \text{ m}$$

2.4 On calcule la différence d'énergie entre la couche M et la couche K.

$$E_{M \rightarrow K} = E_M - E_K = -0,41 - (-23,22) = 22,81 \text{ keV}$$

Cette différence d'énergie correspond à $E_{K\beta}$ donc il s'agit bien de la transition électronique de la couche M vers la couche K.

2.5



D'après le document A4, la valeur de l'énergie de la raie K_{α} est de 20,1 keV.

2.6 La longueur d'onde $\lambda_{K\alpha}$ de cette raie est supérieure à la longueur d'onde $\lambda_{K\beta}$ car l'énergie de la raie $K\alpha$ est inférieure à l'énergie de la raie $K\beta$. D'après la relation donnée, la longueur d'onde et l'énergie sont inversement proportionnelles c'est-à-dire lorsque l'énergie augmente, la longueur d'onde diminue.

3. Absorption des rayons X par les tissus organiques - qualité de l'image

3.1. Les zones claires et sombres matérialisent respectivement les zones où les rayons X sont absorbés et les zones où les rayons X sont transmis. D'après la radiographie du talon, il s'agit des os qui absorbent le plus les rayons X. Les tissus « mous » apparaissent de couleur claire.

3.2. Les os contiennent principalement des atomes de phosphore et de calcium dont le numéro atomique Z est élevé. Cela entraîne une absorption plus grande des rayons X par ces noyaux que pour des noyaux dont le numéro atomique est petit. Ce qui est le cas des tissus « mous » qui sont constitués d'atome de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote.

3.3. Il s'agit des muscles qui absorbent le plus les rayons X car la valeur de la CDA est plus petite que celle des graisses quel que soit la valeur de l'énergie des rayons X. En effet, pour des rayons X d'énergie 60 keV, il faut une épaisseur de 5,1 cm de graisse pour que la moitié des rayons X soit absorbé alors que cette épaisseur est de 3,3 cm pour les muscles.

3.4 D'après le document A4, pour une énergie de 40 keV :

$$CDA_{\text{graisse}} = 3,7 \text{ cm et } CDA_{\text{muscle}} = 2,4 \text{ cm.}$$

$$\mu_{\text{graisse}} = \frac{\ln 2}{CDA} = \frac{\ln 2}{3,7} = 0,19 \text{ cm}^{-1}$$

$$\mu_{\text{muscle}} = \frac{\ln 2}{CDA} = \frac{\ln 2}{2,4} = 0,29 \text{ cm}^{-1}$$

3.5 D'après la relation donnée :

$$\Phi_G = \Phi_0 e^{(-\mu d)} = 0,5 e^{(-0,19 \times 4)} = 0,23 \text{ W.m}^{-2}$$

$$\Phi_M = \Phi_0 e^{(-\mu d)} = 0,5 e^{(-0,29 \times 4)} = 0,16 \text{ W.m}^{-2}$$

Tissus biologiques		unités	Valeurs à 40 keV
Graisse	μ_G	cm^{-1}	0,19
	ϕ_G	W.m^{-2}	0,23
Muscle	μ_M	cm^{-1}	0,29
	ϕ_M	W.m^{-2}	0,16

3.6 D'après la relation donnée :

$$C_{20 \text{ keV}} = \frac{\Phi_G - \Phi_M}{\Phi_G + \Phi_M} = \frac{0,079 - 0,023}{0,079 + 0,023} = 0,55$$

$$C_{60 \text{ keV}} = \frac{\Phi_G - \Phi_M}{\Phi_G + \Phi_M} = \frac{0,26 - 0,22}{0,26 + 0,22} = 0,083$$

3.7 Il faut utiliser des rayons de faible énergie (20 keV) pour différencier, au cours d'une radiographie X, le muscle de la graisse car c'est pour cette valeur que le contraste C est le plus grand.

PARTIE B : l'examen par résonance magnétique nucléaire

1. Principe de l'IRM

- 1.1 Avantages :
- économe en énergie
 - visualisation d'une grande précision
 - sans danger
 - sans injection de traceur radioactif

- Inconvénients :
- prix élevé
 - bruyant
 - examen long
 - contre-indiqué pour les personnes claustrophobes et en cas de présence d'un corps métalliques étranger à l'intérieur du corps.

1.2 Les trois sources différentes de champ magnétiques sont :

- les aimants
- les circuits parcourus par un courant
- la Terre

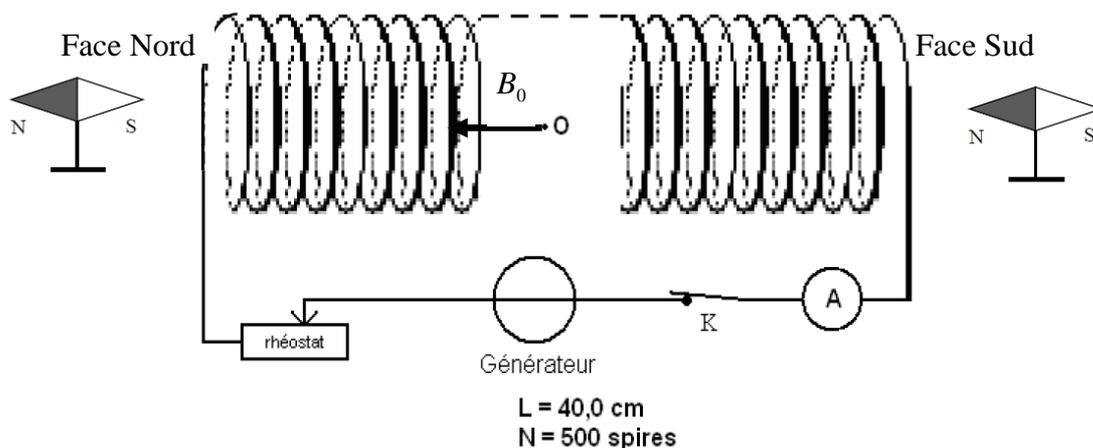
1.3 La source utilisée pour l'IRM est un aimant et plus particulièrement un électroaimant supraconducteur.

1.4 La supraconduction permet d'obtenir une très faible résistance des bobines et d'avoir un effet Joule minimum (perte par dégagement de chaleur)

2. Champ magnétique créé par un solénoïde

2.1 Un teslamètre permet de mesurer la valeur du champ magnétique.

2.2.



a. A gauche, se situe la face Nord du solénoïde car la face sud de l'aiguille aimantée est attirée. A droite se situe la face Sud du solénoïde car la face nord de l'aiguille aimantée est attirée.

b. Le champ magnétique \vec{B}_0 est orienté de la droite vers la gauche, du pôle sud du solénoïde vers le pôle nord.

2.3 N est le nombre de spires du solénoïde, L est la valeur de l'inductance du solénoïde (elle s'exprime en henry H) et I est l'intensité qui circule dans le solénoïde (elle s'exprime en ampère A).

2.4 D'après la relation donnée en 2.3, le champ magnétique B_0 est proportionnel à l'intensité I. Donc la représentation graphique de B en fonction de I est une droite passant par l'origine du repère. Ceci est en accord avec la régression linéaire réalisé avec la calculatrice.

$$2.5 \quad \mu_{0(\text{moyen})} = 1,25 \times 10^{-6} \text{ T.m.A}^{-1}$$

2.6 L'incertitude $\Delta\mu_0$ à pour expression :

$$\Delta\mu_0 = t_n \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

D'après le document B4, le coefficient de Student t_n pour un niveau de confiance de 95 % et pour une série de 9 mesures est de 2,5.

$$\Delta\mu_0 = t_n \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}} = 2,5 \times \frac{3,22 \times 10^{-8}}{\sqrt{9}} = 3 \times 10^{-8} \text{ T.m.A}^{-1} = 0,03 \times 10^{-6} \text{ T.m.A}^{-1}$$

2.7 On peut écrire $\mu_0 = \mu_{0(\text{moyen})} \pm \Delta\mu_0 = 1,25 \times 10^{-6} \pm 0,03 \times 10^{-6} \text{ T.m.A}^{-1}$

μ_0 est donc compris entre $1,28 \times 10^{-6} \text{ T.m.A}^{-1}$ et $1,22 \times 10^{-6} \text{ T.m.A}^{-1}$

La valeur théorique de μ_0 est de $4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m.A}^{-1}$ soit $1,26 \times 10^{-6} \text{ T.m.A}^{-1}$. La mesure effectuée est donc satisfaisante car la valeur théorique se situe dans l'intervalle de μ_0

PARTIE C : l'étude virologique par la technique « Western Blot »

1. Préparation de la solution tampon

1.1 Une espèce acide est une espèce capable de céder un ou plusieurs protons H^+

1.2 a) La relation est la suivante :

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$$

b) D'après le document C3, la concentration de la solution d'acide chlorhydrique est de $0,4 \text{ mol.L}^{-1}$. Donc la concentration en ions H_3O^+ est de $0,4 \text{ mol.L}^{-1}$.

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 0,4 = 0,4$$

1.3 D'après le document C3, la formule brute de la molécule de « Tris » est $\text{C}_6\text{H}_{15}\text{NO}_3$

$$M_{\text{Tris}} = 6 \times 12 + 15 \times 1 + 14 + 3 \times 16 = 149 \text{ g.mol}^{-1}$$

1.4 On calcule les quantités de matières initiales de « Tris » et de H_3O^+ . D'après le document C3, on introduit une quantité de 37,25 g de Tris et on utilise un volume de 418 mL d'acide chlorhydrique pour préparer la solution tampon.

$$n_{\text{Tris ini}} = \frac{m}{M} = \frac{37,25}{149} = 0,25 \text{ mol}$$

$$n_{\text{H}_3\text{O}^+ \text{ ini}} = C \times V = 0,40 \times 0,418 = 0,17 \text{ mol}$$

	Tris	+	H_3O^+	\rightarrow	TrisH^+	+	H_2O
EI	0,25 mol		0,17 mol		0		0
Etat inter	$0,25 - x$		$0,17 - x$		x		x
EF	$0,25 - x_{\text{max}}$		$0,17 - x_{\text{max}}$		x_{max}		x_{max}

Le réactif limitant est H_3O^+ car il a le plus petit x_{max} (0,17 mol pour H_3O^+ et 0,25 mol pour Tris)

$$n_{\text{Tris final}} = 0,25 - x_{\text{max}} = 0,25 - 0,17 = 0,08 \text{ mol}$$

$$n_{\text{TrisH}^+ \text{ final}} = x_{\text{max}} = 0,17 \text{ mol}$$

1.5 D'après le document C3, la solution tampon a un volume de 500 mL.

$$[Tris] = \frac{n_{Tris}}{V} = \frac{0,08}{0,5} = 0,16 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[TrisH^+] = \frac{n_{TrisH^+}}{V} = \frac{0,17}{0,5} = 0,34 \text{ mol.L}^{-1}$$

1.6 D'après la relation donnée :

$$pH = pKa + \log \frac{[Tris]}{[TrisH^+]} = 8,1 + \log \frac{0,16}{0,34} = 7,8$$

2. Electrophorèse

2.1 Dans les métaux les porteurs de charge sont les électrons et dans le gel d'agarose, il s'agit des ions.

2.2 La borne B sera reliée à la borne positive + du générateur. Il y aura un départ d'électrons à cette borne (les électrons rentrent par la borne + du générateur) et donc une migration des charges négatives (les protéines dénaturées chargées négativement) vers cette borne dans le sens indiqué sur le document C4.

2.3 D'après le document C5, la tension affichée est de 184 V et l'intensité est de 272 mA. On calcule la puissance :

$$P = U \times I = 184 \times 0,272 = 50 \text{ W}$$

2.4 On calcule l'énergie à l'aide de la relation :

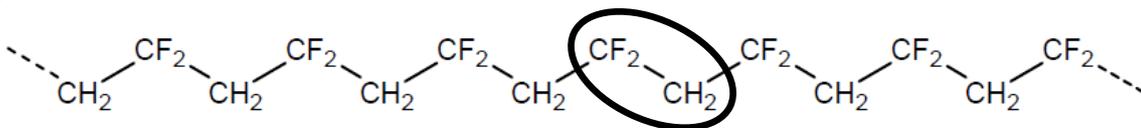
$$E = P \times t = 50 \times 56 \times 60 = 1,68 \times 10^5 \text{ J}$$

3. Transfert sur une matrice polymère

3.1 Les polymères sont des grandes molécules constituées d'unités qui se répètent et qui dérivent de monomères. On définit le nombre moyen de motifs par chaîne qu'on appelle degré de polymérisation : soit M_p la masse molaire du polymère et M_0 la masse molaire du monomère, alors le degré de polymérisation est :

$$n = \frac{M_p}{M_0}$$

3.2



3.3 La masse molaire de ce motif $\text{---CF}_2\text{---CH}_2\text{---}$ est de :

$$M_0 = 2 \times 12 + 19 \times 2 + 2 \times 1 = 64$$

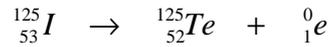
$$n = \frac{M_p}{M_0} = \frac{17200}{64} = 269$$

4. Identification des protéines par des anticorps

4.1 Le noyau d'iode 125 est constitué de 53 protons, 125 nucléons et de 72 neutrons ($125 - 53 = 72$).

4.2 La particule β^+ est un positron de symbole 0_1e

4.3 On utilise les lois de conservation du nombre de masse et de charge :



4.4 Le temps de demi-vie est le temps au bout duquel la moitié de noyaux initialement présent dans un échantillon se sont désintégrés.

4.5 Les rayons γ sont des ondes électromagnétiques constituées de photons. Les rayons γ apparaissent lorsque le noyau fils formé au cours d'une réaction de désintégration nucléaire se trouve dans un état excité. Lorsque ce noyau revient à son état fondamental, stable, il y a émission de photons donc d'un rayonnement γ .

4.6 Le temps de demi-vie de l'iode 125 est plus petit que celui du tritium. Donc la formation d'un rayonnement γ est plus rapide dans le cas de l'iode 125. Et la révélation de la plaque photographique peut se faire plus rapidement.