

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE
SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE
Spécialité Biotechnologies
SESSION 2017

PHYSIQUE - CHIMIE

Durée : 3 heures

Coefficient : 4

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 13 pages numérotées de 1/13 à 13/13.

Les documents réponse, pages 12 et 13/13 sont 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.*

PRODUCTION DE SERINGUES DANS UNE ENTREPRISE DE PLASTURGIE

Une entreprise de plasturgie vient de décrocher un marché dans le domaine médical. Il s'agit de produire des seringues pour l'injection de produits radioactifs à des patients qui s'apprêtent à passer une scintigraphie osseuse.

Le cahier des charges est le suivant :

Production annuelle	Nombre de pièces	8 000 000
Volume des seringues	mL	20,0
Diamètre intérieur du corps de la seringue	mm	19,7
Diamètre extérieur du corps de la seringue	mm	21,3
Tolérance sur les diamètres	mm	$\pm 0,1$

Ce marché va obliger l'entreprise à agrandir la chaîne de production et à investir dans de nouveaux équipements. Le responsable du projet va ainsi tout mettre en œuvre pour réussir sa mission qui se décompose en trois parties :

PARTIE A : étude du besoin et choix de la matière plastique

PARTIE B : création de l'outil de travail

PARTIE C : suivi de la fabrication

PARTIE A : étude du besoin et choix de la matière plastique

Dans l'entreprise, chaque nouveau marché s'accompagne de recherches sur le domaine d'application du produit afin d'être le plus performant lors de la conception de celui-ci.

Le responsable du projet veut ainsi comprendre le fonctionnement de la scintigraphie osseuse. En effet, il ne connaît pas précisément la différence entre toutes les sortes d'imageries médicales (la radiologie qui utilise les rayons X, la scintigraphie qui utilise les rayons gamma etc.) et il veut savoir quel produit va contenir la seringue.

Les recherches effectuées par le responsable sont regroupées dans l'**annexe A**.

A.1 Qu'est-ce qu'une scintigraphie ?

Données utiles pour cette partie :

constante de Planck $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s ; célérité de la lumière dans le vide $c = 3,00 \cdot 10^8$ m.s⁻¹

A.1.1 Placer les domaines du visible, des rayons X, des infrarouges et des rayons gamma ainsi que les longueurs d'ondes manquantes sur le **document réponse 1 à rendre avec la copie**.

A.1.2 Calculer les énergies correspondantes aux graduations extrêmes (10 pm et 1 m) et les écrire, sous forme scientifique, sur l'axe du **document réponse 1 à rendre avec la copie**.

A.1.3 Orienter cet axe (**document réponse 1 à rendre avec la copie**) dans le sens des énergies croissantes.

A.1.4 Expliquer alors pourquoi les patients ne doivent pas être exposés trop longtemps aux rayonnements gamma.

A.1.5 À l'aide des **documents A1, A2 et A3**, donner deux arguments qui justifient que le technétium 99m est le marqueur le plus utilisé en scintigraphie.

A.2 Le radioélément

Pour la scintigraphie osseuse, on utilise souvent le "technétium 99m" qui est un produit radioactif issu de la désintégration du "molybdène 99". On s'intéresse dans cette partie à l'obtention du "technétium 99" par désintégration radioactive.

Pour information : le "technétium 99m" est un état excité du "technétium 99".

- A.2.1** Citer les deux types de radioactivité autres que celles indiquées sur le document A4. Vous préciserez la nature des particules émises lors de ces rayonnements.
- A.2.2** Dans la nature, on trouve différents types de molybdène autres que le "molybdène 99" notés ${}_{42}^{92}\text{Mo}$, ${}_{42}^{94}\text{Mo}$, ${}_{42}^{95}\text{Mo}$. Comment nomme-t-on ces différents types d'atomes de molybdène ?
- A.2.3** Écrire l'équation de la désintégration du "molybdène 99" (${}_{42}^{99}\text{Mo}$) en "technétium 99m" (${}_{43}^{99m}\text{Tc}$)
- A.2.4** Compléter l'équation de désexcitation par radioactivité gamma du technétium 99m sur le **document réponse 2 à rendre avec la copie** (l'étoile * sur le symbole du technétium correspond à l'état excité).
- A.2.5** Expliquer ce qu'est une durée de demi-vie $t_{1/2}$ et placer la sur le graphique d'activité radioactive du **document réponse 3 à rendre avec la copie** en expliquant votre démarche.
- A.2.6** Expliquer pourquoi il est possible d'éliminer le "technétium 99m" en local (dans le centre de scintigraphie) au bout de 2,5 jours.

A.3 Choix du matériau

L'entreprise ayant déjà produit des seringues quelques années auparavant, les techniciens savent quel type de plastique on peut utiliser : le polyéthylène (PE) ou le polypropylène (PP). Le fait que le produit à injecter soit radioactif n'a aucune incidence sur le choix du plastique. Par contre, il faudra que cette seringue soit entourée d'un blindage, qui est une barrière aux rayons gamma.

- A.3.1** Le PE et le PP sont qualifiés de « thermoplastiques ». Que signifie ce terme ?
- A.3.2** Ces thermoplastiques étant inflammables, quelles sont les précautions à prendre lors de la production de ces seringues ?
- A.3.3** Pourquoi le plomb est-il très utilisé pour le blindage et pourquoi essaie-t-on de le remplacer par le tungstène ?

ANNEXE A

A1- La scintigraphie osseuse (www.hopital-foch.org/La-scintigraphie-osseuse.html)

Qu'est-ce que c'est ?

C'est un examen qui permet d'étudier le squelette et de rechercher très précocement des anomalies osseuses, parfois non encore visibles sur les radiographies.

Pour cela, on injecte une faible quantité d'un produit radioactif (diphosphonates marqués au Technétium99m) qui se fixe sur l'os. Le rayonnement émis est détecté par une gamma-caméra qui permet de faire une image de votre squelette.

Déroulement de l'examen

On vous injecte le produit dans une veine du bras puis un délai d'attente de 2 à 4 heures est ensuite nécessaire pour que le produit se fixe dans l'os.

Entre le moment de l'injection et la fin des images, il s'écoulera donc de 3 à 5 heures.

A2- La gamma caméra (Donnée : $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$)

Les détecteurs actuels, comme les gamma-caméras, fournissent un signal électrique en fonction du nombre de photons reçus. Elles sont sensibles à des photons dont l'énergie est comprise entre 70 keV et 500 keV avec un pic de sensibilité autour de 150 keV.

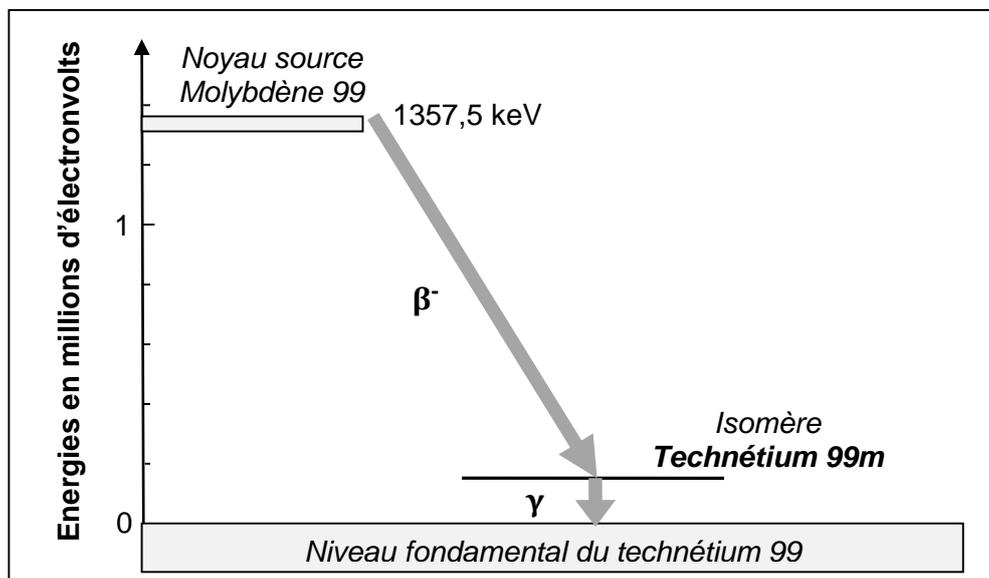
Les deux critères qui permettent le choix des produits radioactifs sont :

- émission d'énergie proche du pic de sensibilité des caméras ;
- durée de demi-vie suffisamment courte pour ne pas irradier trop longtemps le patient (mais assez longue pour effectuer l'examen).

A3- Les radioéléments ($t_{1/2}$ est la demi-vie ; donnée : $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$)

- Technétium 99m :	$t_{1/2} = 6\text{h}$	pic à 140 keV
- Iode 123 :	$t_{1/2} = 13\text{h}$	pic à 160 keV
- Thallium 201:	$t_{1/2} = 72\text{h}$	pic à 77 keV
- Gallium 67:	$t_{1/2} = 78\text{h}$	pic à 97, 180, 390 keV

A4- Désintégration d'un noyau radioactif de molybdène 99 (www.laradioactivite.com)



A5- Recyclage du technétium 99m (source IRSN)

La période radioactive du technétium 99m étant inférieure à 100 jours, les déchets et les effluents produits peuvent faire l'objet d'une gestion et d'une élimination locale sans qu'il n'y ait de prise en charge obligatoire par l'ANDRA.

Déchets solides

Les déchets sont déposés dans des poubelles spécifiques plombées dont l'ouverture doit pouvoir se faire à l'aide du pied. Ils sont ensuite stockés dans un local réservé pendant au moins 10 périodes radioactives, soit pour le technétium 99m, près de 60 heures (2,5 jours).

A6- Alliage de tungstène (d'après www.plansee.com)

L'alliage de tungstène DENSIMET® ne se dégrade pas en présence de rayons X et gamma. Avec un nouveau procédé de production et une grande expertise dans le domaine des matériaux, PLANSEE produit de façon économique des composants de blindage en DENSIMET®

Que ce soit dans le monde médical ou industriel, il est vital de protéger les personnes contre les rayonnements à haute énergie.

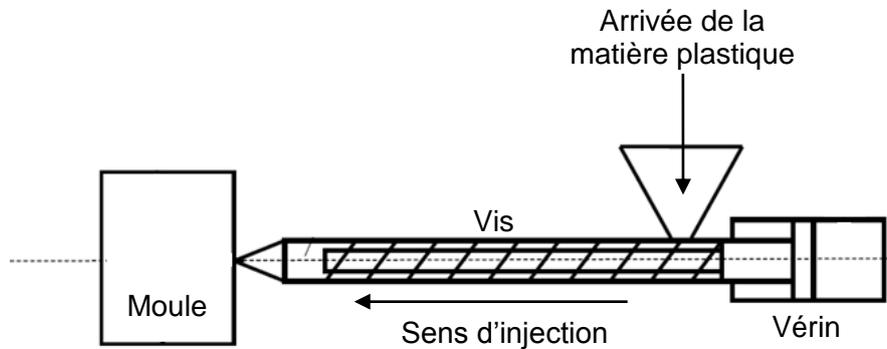
La protection contre les radiations est d'autant plus efficace que la densité du matériau protecteur est plus élevée. Le plomb reste le matériau le plus fréquemment utilisé en tant que blindage. De par sa malléabilité, il est principalement mis en œuvre en association avec une structure de support en acier.

Le plomb est un matériau toxique qui est nocif pour la santé de l'homme et pour l'environnement. Le procédé de recyclage du plomb est coûteux malgré des coûts initiaux d'achat faibles.

PARTIE B : création de l'outil de travail

L'entreprise dispose d'une presse à injecter qu'il faut régler afin que la matière remplisse convenablement le moule à seringues. Afin de contrôler la force à appliquer sur le vérin d'injection, on mesure la pression dans le moule.

Le responsable du projet envisage alors d'investir dans un capteur de pression, mais aussi dans un bras de robot qui permettra de déplacer une série de 24 seringues d'un point à un autre et ce, le plus rapidement possible.



B.1 Mesure de la pression par un capteur piézoélectrique

La piézoélectricité est la propriété que possèdent certains corps de se polariser électriquement sous l'action d'une contrainte mécanique. On se propose de vérifier si le capteur choisi est bien adapté aux mesures à effectuer. Le **document B.1** fournit des données utiles sur le capteur.

- B.1.1 Compléter le **document réponse 4 à rendre avec la copie** en indiquant les grandeurs d'entrée et de sortie de capteur.
- B.1.2 Expliquer la différence entre les valeurs absolue et relative de pression indiquées dans les caractéristiques du capteur.
- B.1.3 Le capteur relève une pression $P = 305,6$ bar dans le moule. Écrire un encadrement de cette valeur en tenant compte de la précision du capteur.

B.2 Choix entre les robots *Ultrarapide 5* et *Ultrarapide 10*

Le bras a pour rôle de saisir une série de 24 seringues et de les placer sur les supports d'emballage. Après avoir saisi ces seringues, le bras du robot effectue un mouvement horizontal en ligne droite d'un point A vers un point B. A et B sont distants de 1,60 m.

Pour respecter les cadences de fabrication, il faut que le bras du robot parcoure la distance AB en moins de 0,50 s. On se propose de vérifier si le robot retenu permet de respecter cette contrainte.

Le nouveau modèle de bras *Ultrarapide 10* est plus performant que l'*Ultrarapide 5* pour un même prix. Le responsable du projet estime qu'il peut gagner du temps avec ce bras mais que la consommation d'énergie risque d'augmenter.

Il va donc étudier les deux paramètres suivants :

- le gain de temps sur l'année que peut apporter le robot *Ultrarapide 10* ;
- le gain financier que permet la plus faible consommation d'énergie du robot *Ultrarapide 5*.

B.2.1 Compléter le schéma du **document réponse 5 à rendre avec la copie** présentant un bilan énergétique du robot.

B.2.2 Estimation de la consommation d'énergie lors d'un déplacement AB.

Hypothèses :

- seules les variations d'énergie cinétique sont prises en compte,
- lors de la phase de ralentissement, le freinage est assuré par dissipation d'énergie,
- seule l'énergie consommée pendant la phase d'accélération est prise en compte.

Estimer la consommation d'énergie électrique lors d'un déplacement du bras de A vers B pour chaque robot.

B.3.3 Le gain de temps que permet le robot *Ultrarapide 10* par rapport au *Ultrarapide 5* lors d'un déplacement de A vers B est de 39 ms. Ces robots effectuent par ailleurs 7,3 millions de mouvements par an.

En vous appuyant sur les critères retenus par le responsable, vous écrirez un argumentaire permettant de choisir entre les deux robots. Pour cela vous estimerez le gain financier et le gain de temps entre les deux robots.

Données : 1 kWh = $3,6 \cdot 10^6$ J

Le kWh est facturé 0,12 €

B1- Capteur de pression piézoélectrique

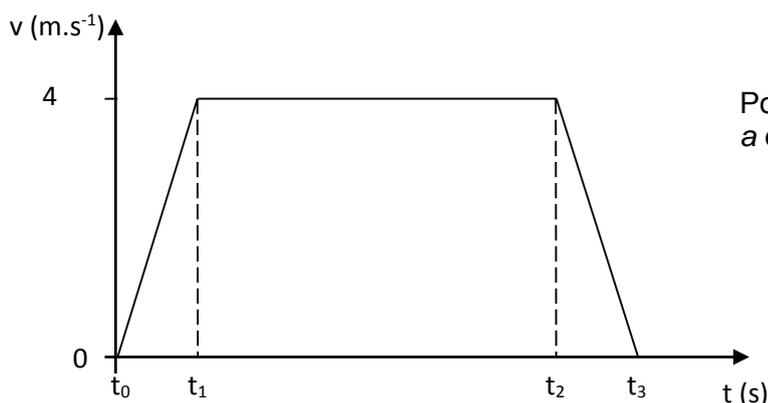
Capteur de pression

Caractéristiques :

Gammes de pression	bar	Pression relative	0,1 ... 1000
		Pression absolue	1 ... 1000
Précision	% de la mesure		± 0,1
Température d'utilisation	°C		-40 ... + 150

Injection de matière

B2- Profil de vitesse du bras



Pour un mouvement dont l'accélération a est une constante :

- La vitesse v s'écrit : $v = a \cdot t + v_0$
- La distance d parcourue s'écrit : $d = \frac{1}{2} a \cdot t^2 + v_0 \cdot t$

B3- Bras de robot *Ultrarapide 5g et 10g*



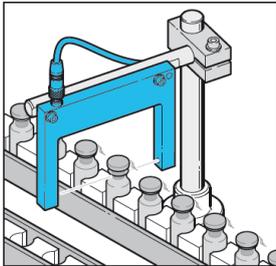
Modèle	<i>Ultrarapide 5</i>	<i>Ultrarapide 10</i>
Motorisation	Electrique	Electrique
Course verticale (mm)	500 - 2000	500 - 2000
Vitesse verticale maximale (m.s ⁻¹)	5	5
Accélération verticale (m.s ⁻²)	49	95
Course horizontale	700 - 4000	700 - 4000
Vitesse horizontale maximale (m.s ⁻¹)	4	4
Accélération horizontale (m.s ⁻²)	49	95
Masse du bras (kg)	5	5
Rendement énergétique	51 %	43 %

PARTIE C : suivi de la fabrication

Le suivi qualité du procédé de fabrication passe par un contrôle régulier des dimensions des seringues : une pièce sur 1000 est envoyée au centre de métrologie de l'entreprise.

Pour cela, les seringues sont comptées lorsqu'elles se trouvent sur le tapis qui les conduit à vitesse constante vers le conditionnement. L'information sur le nombre de seringues est envoyée au centre de métrologie par ondes électromagnétiques selon un protocole "wifi".

C.1 Compteur de pièces

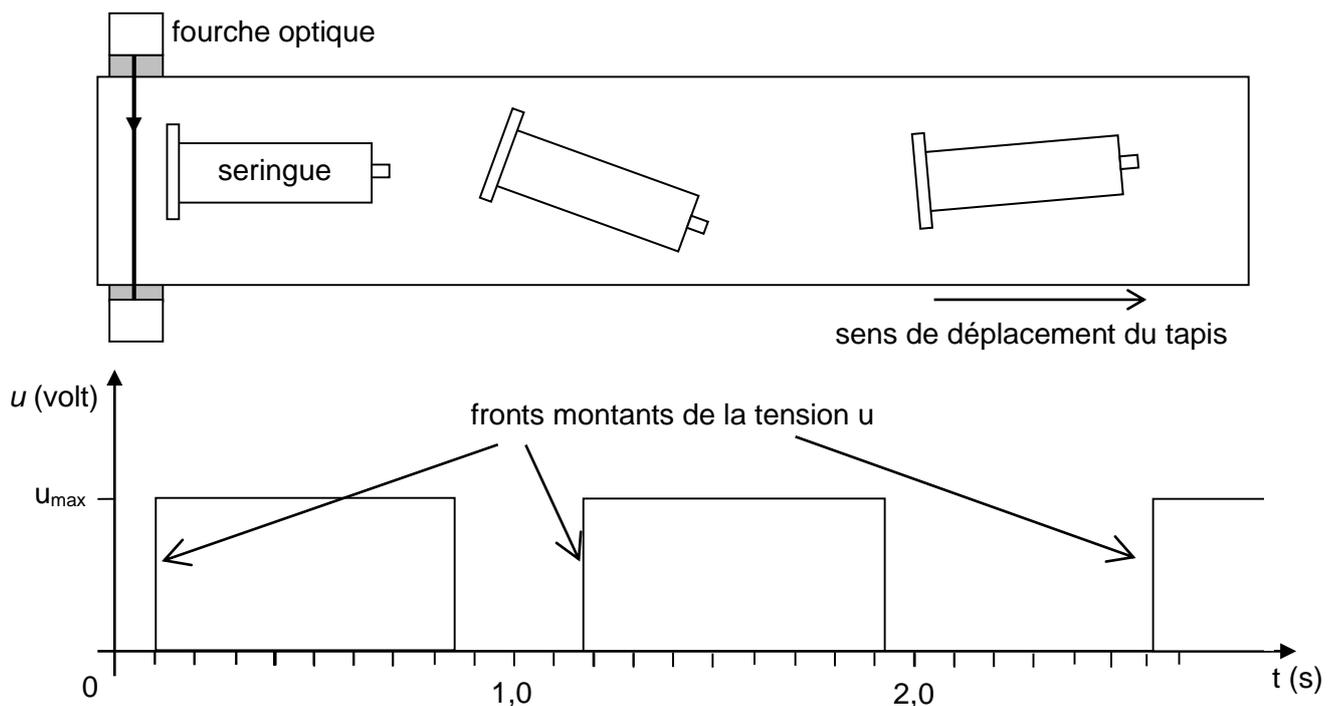


Le comptage se fait automatiquement avec une fourche optique dont le rayonnement lumineux est interrompu lors du passage d'une seringue. Le capteur délivre une tension u :

- ✓ en présence de rayonnement lumineux, la tension aux bornes du capteur est nulle,
- ✓ en l'absence de rayonnement, la tension vaut u_{\max} (voir figures ci-dessous).

Image : www.di-soric.com

Un compteur vient ensuite dénombrer les fronts montants de la tension u délivrée par le capteur.



C.1.1 La représentation de la tension u au cours du temps a une allure rectangulaire. En vous aidant des schémas ci-dessus, expliquer pourquoi les "créneaux" formés ne sont pas exactement de durées égales et pourquoi ils sont séparés d'intervalles de temps différents.

C.1.2 Les données transmises par la fourche peuvent servir à estimer les dimensions des seringues. Évaluer la longueur d'une seringue grâce au chronogramme de la tension u .

Donnée : le tapis avance à une vitesse $v = 0,10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

C.1.3 Pourquoi ne peut-on pas faire confiance à ce résultat malgré la très faible dimension du diamètre de faisceau lumineux de la fourche optique ($< 0,5 \text{ mm}$) ?

C.2 Contrôle des pièces

La salle de métrologie permet de contrôler les pièces et de savoir si elles sont conformes au cahier des charges donné en page 2.

La fiche de contrôle d'une seringue éditée par le laboratoire de métrologie contient les indications suivantes :

- ✓ diamètre extérieur : $21,28 \text{ mm} \pm 0,03 \text{ mm}$;
- ✓ diamètre intérieur : $19,74 \text{ mm} \pm 0,03 \text{ mm}$.

Cette seringue est-elle conforme au cahier des charges (une réponse justifiée est attendue) ?

C.3 Chaîne de communication wifi

L'atelier s'agrandit pour recevoir la nouvelle chaîne de production et le responsable du projet remarque que la communication entre l'ordinateur qui traite les informations du capteur optique et le réseau se fait avec un débit insuffisant. Il décide d'investir dans un nouvel émetteur "wifi".

L'actuel émetteur "wifi" respecte la **norme 802.11b** et fournit une puissance de 100 mW.

On se reportera aux **documents de la partie C** pour répondre aux questions suivantes.

C.3.1 En vente sur internet on trouve des antennes de norme 802.11b bien plus puissantes que celle de l'actuel émetteur. Pourquoi le chef de projet ne fait-il pas un tel choix ?

C.3.2 Proposer une solution qui respecte la législation et offre un meilleur débit.

ANNEXE C

C1- Relation entre le champ électrique et la puissance fournis par une antenne

$$E = \frac{\sqrt{\alpha P_0}}{d}, \text{ avec } \alpha = 30 \Omega.$$

d est la distance en mètre entre l'antenne et le lieu où on détermine le champ électrique.

C2- Puissances maximales autorisées pour les antennes dans le bande 2,4 GHz

Dans tous les départements métropolitains et dans les départements ou collectivités territoriales d'outremer :

Fréquences en MHz	En intérieur	En extérieur
De 2400 à 2483,5	100 mW	100 mW

Des normes imposent de ne pas exposer, sur une durée importante, les individus à un champ électrique supérieur à 61 V.m⁻¹. Cependant, la norme européenne du 27 mai 2011 prévoit d'abaisser le seuil à 0,6 V.m⁻¹.

Source : www.acerp.fr

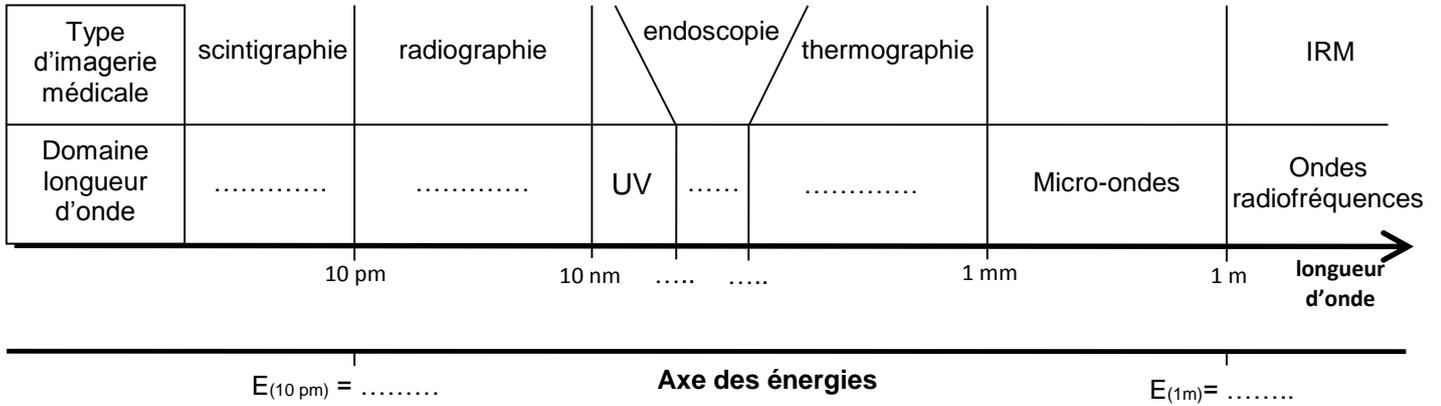
C3- Normes Wifi (<http://www.commentcamarche.net>)

Nom de la norme	Nom	Description
802.11a	Wifi5	La norme 802.11a permet d'obtenir un haut débit (54 Mbit/s théoriques) sur une distance de 10 m. Cette norme fonctionne dans la bande de fréquence des 5 GHz.
802.11b	Wifi	La norme 802.11b est la norme la plus répandue actuellement. Elle propose un débit théorique de 11 Mbit/s sur une distance de 100 m. La plage de fréquence utilisée est la bande des 2,4 GHz.
802.11g	Wifi	La norme 802.11g offre un haut débit (54 Mbits/s théoriques) sur une distance de 100 m et ce, sur la bande de fréquence des 2,4 GHz. La norme 802.11g a une compatibilité ascendante avec la norme 802.11b, ce qui signifie que des matériels conformes à la norme 802.11g peuvent fonctionner en 802.11b.

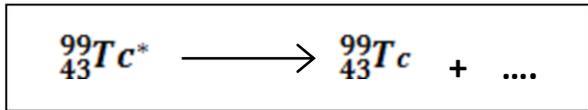
DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE

(même non complété)

Document réponse 1

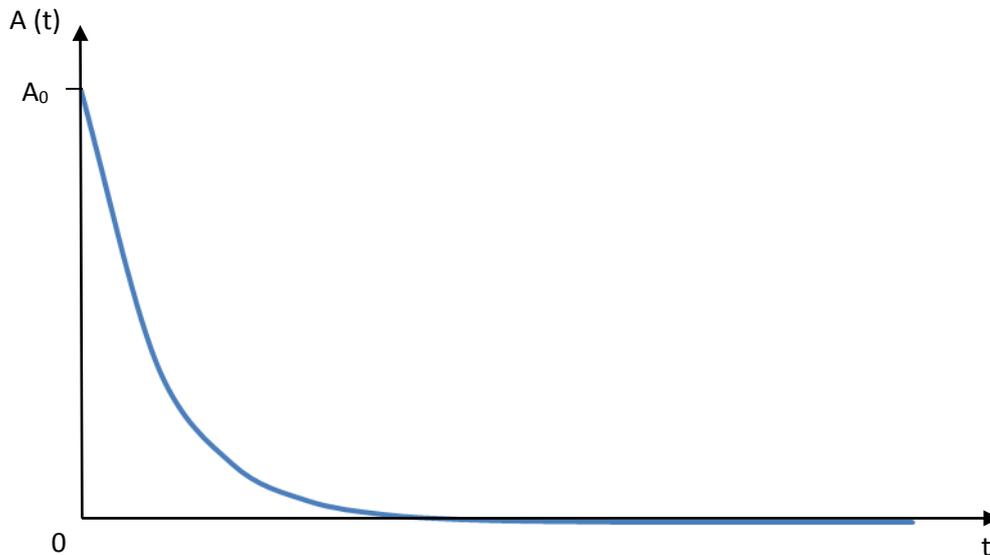


Document réponse 2



Document réponse 3

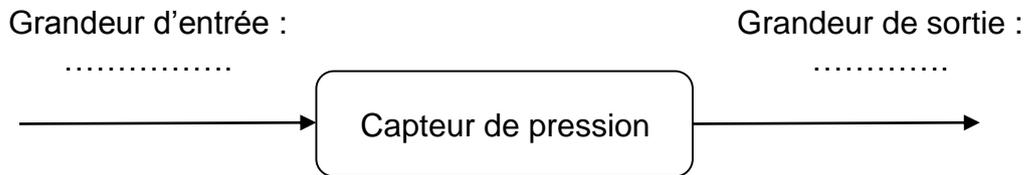
Diagramme de l'activité radioactive $A(t)$ en fonction du temps. A_0 est l'activité initiale



DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE

(même non complété)

Document réponse 4



Document réponse 5

