

Les « petites Curie » : des voitures radiologiques

PARTIE A - Des rayons X pour examiner les blessés

A.1. Des rayons X pour examiner les blessés

A.1.1 Les rayons X font partie des ondes électromagnétiques.

A.1.1.1. Calcul de la fréquence maximale ν des rayons X produits dans le tube.

D'après le document A1, l'énergie des photons X est comprise entre 120 eV et 120 keV.

La fréquence maximale sera pour une énergie de 120 keV.

$$\text{Donc } E_{\max} = 120 \times 10^3 \times 1,60 \times 10^{-19} = 1,92 \times 10^{-14} \text{ J}$$

On a la relation :

$$E_{\max} = h\nu_{\max} \quad \text{donc} \quad \nu_{\max} = \frac{E_{\max}}{h} = \frac{1,92 \times 10^{-14}}{6,63 \times 10^{-34}} = 2,90 \times 10^{19} \text{ Hz}$$

Cette fréquence est bien de l'ordre de 3×10^{19} Hz

A.1.1.2. Calcul de la longueur d'onde λ correspondant à ces rayons X.

On a la relation :

$$\lambda = \frac{c}{\nu_{\max}} = \frac{3,00 \times 10^8}{3 \times 10^{19}} = 1 \times 10^{-11} \text{ m}$$

A.1.1.3. Calcul de l'énergie d'un photon UVA.

On a la relation :

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{380 \times 10^{-9}} = 5,23 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$E = \frac{5,23 \times 10^{-19}}{1,6 \times 10^{-19}} = 3,27 \text{ eV}$$

L'énergie d'un photon X est de 120 keV = 120000 eV donc le rapport entre l'énergie d'un photon X et d'un photon UVA est de :

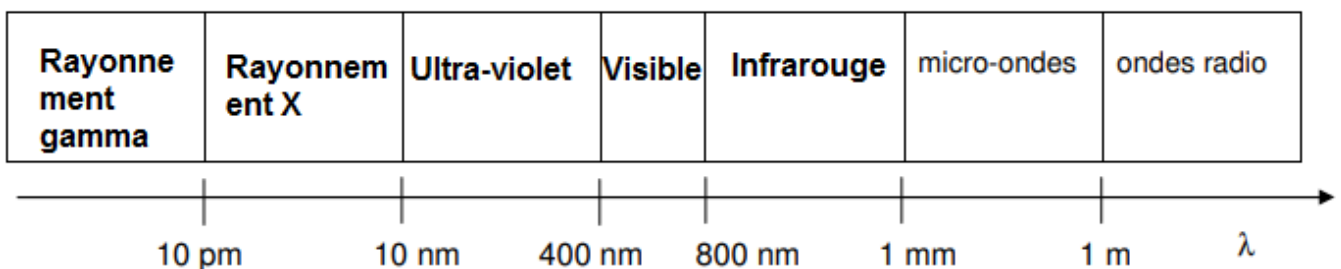
$$E = \frac{120000}{3,27} = 36697$$

L'énergie des photons X est bien environ 37000 fois plus grande que celle des UVA.

A.1.1.4. Nécessité pour les manipulateurs radio de l'époque d'utiliser des gants de radioprotection.

Les rayons X sont bien plus énergétiques que les UVA donc ils seront plus dangereux pour la santé d'où la nécessité de se protéger et en particulier avec des gants de radioprotection.

A.1.2 Document des différents types de rayonnement.



$$1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$$

A.1.3. Calcul de l'énergie cinétique d'un électron soumis à une tension accélératrice $U = 100 \text{ kV}$.
D'après le document A1, on a la relation :

$$E_c = e \times U = 1,6 \times 10^{-19} \times 100 \times 10^3 = 1,6 \times 10^{-14} \text{ J}$$

A.1.4. Photon émis appartenant au domaine des rayons X.

Toute l'énergie cinétique de l'électron est absorbée par un atome de tungstène et est réémise sous forme de photon donc : $E_c = E_{\text{photon}}$

$$E_{\text{photon}} = \frac{1,6 \times 10^{-14}}{1,6 \times 10^{-19}} = 1 \times 10^5 \text{ eV} = 100 \text{ keV}$$

D'après le document A1, l'énergie d'un photon X est comprise entre 120 eV et 120 keV. E_{photon} est comprise dans cet intervalle donc ce dernier correspond bien à un photon X

A.2. Atténuation des rayons X

D'après le cliché du document A2, les éclats d'obus apparaissent avec des nuances de gris plus intense ce qui signifie qu'ils ont absorbés plus de rayons X que les os ou les tissus mous du corps humain. Les éléments chimiques qui constituent les éclats sont donc des éléments ayant un numéro atomique élevé, plus élevé que celui des éléments chimiques qui constituent les os ou les tissus mous.

A.3. Élévation de température dans le tube à rayons X

A.3.1.1 Calcul de la puissance du tube.

La puissance du tube correspond à la puissance électrique donc on a la relation :

$$P = U \times I = 100 \times 10^3 \times 0,3 = 3 \times 10^4 \text{ W}$$

A.3.1.2. Calcul de l'énergie transférée à l'anode lors de ce cliché.

On a la relation :

$$E_{\text{cliché}} = P \times t = 3,00 \times 10^4 \times 2,00 = 6,00 \times 10^4 \text{ J}$$

L'énergie de ce cliché s'élève bien à $6,00 \times 10^4 \text{ J}$

A.3.1.3 Calcul de l'élévation de température, ΔT , de la cible lors du fonctionnement du tube.

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

$$\Delta E = m \times C_m \times \Delta T \quad \text{donc} \quad \Delta T = \frac{\Delta E}{m \times C_m} = \frac{6,00 \times 10^4}{1,00 \times 133} = 4,51 \times 10^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

PARTIE B - De l'électricité pour alimenter le tube à rayons X

B.1. Alimentation du tube

B.1.1 Avantages qu'apportait la « dynamo » par rapport à un groupe électrogène de l'époque.

D'après le document B1, les deux avantages de la dynamo sont :

- Elle est moins lourde et moins encombrante,
- Elle est moins chère

B.1.2 Principaux inconvénients de l'utilisation de la « dynamo »

D'après le document B1, les deux principaux inconvénients de la dynamo sont :

- La dépense en essence est relativement élevée,
- L'obligation de faire fonctionner le moteur de la voiture lorsqu'elle est à l'arrêt pour

l'utiliser.

B.2 Bilan de puissance de la « dynamo »

B.2.1 Valeur de l'intensité du courant continu délivré par la « dynamo » utilisée dans les « petites Curie » ainsi que la valeur de la tension correspondante.

D'après le document B2, la valeur de l'intensité la dynamo est de 15 A et la valeur de la tension est de 110 V.

B.2.2. Calcul de la valeur de la puissance électrique P_{elec} fournie par la « dynamo » .

On a la relation :

$$P_{\text{elec}} = U \times I = 110 \times 15 = 1650 \text{ W}$$

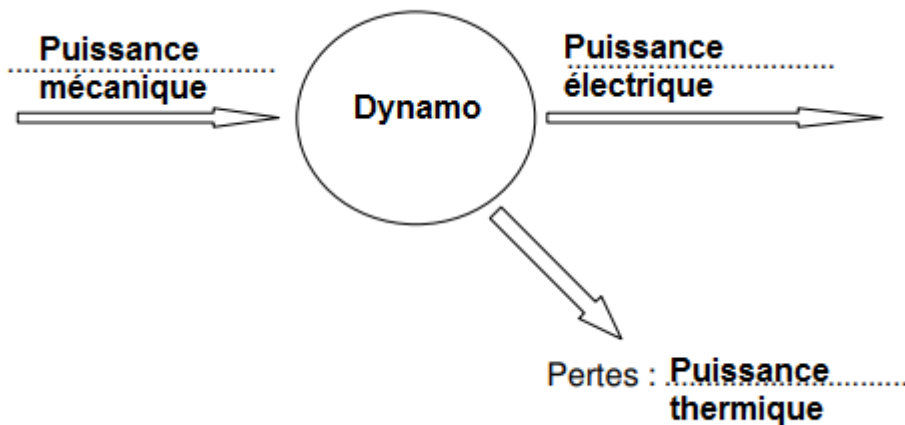
B.2.3. Calcul de la de la puissance mécanique fournie à la « dynamo »

On a la relation :

$$\eta = \frac{P_{\text{elec}}}{P_{\text{méca}}} \quad \text{donc} \quad P_{\text{méca}} = \frac{P_{\text{elec}}}{\eta} = \frac{1650}{0,8} = 2063 \text{ W} = 2,1 \text{ kW}$$

La puissance mécanique $P_{\text{méca}}$ est bien de 2,1 kW

B.2.4. Schéma simplifié de la conversion de puissance qui a lieu dans la « dynamo ».



B.2.5. Calcul de la valeur de la puissance totale dissipée P_{diss} .

On a la relation :

$$P_{\text{méca}} = P_{\text{elec}} + P_{\text{diss}} \quad \text{donc} \quad P_{\text{diss}} = P_{\text{méca}} - P_{\text{elec}} = 2063 - 1650 = 413 \text{ kW}$$

B.2.6. Autre cause possible de la dissipation de puissance dans la « dynamo ».

Une autre cause possible de la dissipation de puissance dans la « dynamo » est la présence de frottement dans la dynamo entre les différents éléments qui constituent cette dynamo.

B.2.7. La vitesse de rotation du moteur qui entraîne la « dynamo » vaut $\omega = 1800$ tours par minute.

B.2.7.1. Valeur de la vitesse de rotation ω du moteur en rad.s^{-1} .

$$\omega = 1800 \text{ tr. min}^{-1} = \frac{1800 \times 2\pi}{60} = 188,4 \text{ rad.s}^{-1}$$

B.2.7.2. Calcul de la valeur du moment du couple C de la « dynamo ».

On a la relation :

$$P_{\text{méca}} = C \times \omega \quad \text{donc} \quad C = \frac{P_{\text{méca}}}{\omega} = \frac{2,1 \times 10^3}{188,4} = 11,1 \text{ N.m}^{-1}$$

B.2.7.3. Le conducteur pouvait régler la vitesse de rotation du moteur de la voiture radiologique grâce un voltmètre lui permettant de régler la valeur de la tension.

B.3 Évaluation du volume d'essence nécessaire à une heure consécutive de prise de cliché.

B.3.1. Calcul du volume d'essence nécessaire lors d'une durée de fonctionnement de l'appareillage radiographique de 1h.

On commence par calculer l'énergie mécanique nécessaire pour le fonctionnement de l'appareillage pendant une 1 h soit 3600 s.

$$E_{méca} = P_{méca} \times \Delta t = 2,1 \times 10^3 \times 1 \times 3600 = 7,56 \times 10^6 \text{ J}$$

On sait que seulement 10% de l'énergie libérée lors de la combustion sert à entraîner la dynamo donc on peut calculer l'énergie nécessaire au fonctionnement de la dynamo.

$$E_{dynamo} = E_{lib} \times \frac{10}{100} = 4,79 \times 10^7 \times \frac{10}{100} = 4,79 \times 10^6 \text{ J}$$

On calcule ensuite la masse de carburant nécessaire

$$m = \frac{E_{méca}}{E_{dynamo}} = \frac{7,56 \times 10^6}{4,79 \times 10^6} = 1,58 \text{ kg}$$

Puis on calcule le volume avec la relation :

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{donc} \quad V = \frac{m}{\rho} = \frac{1,58}{0,703} = 2,25 \text{ L}$$

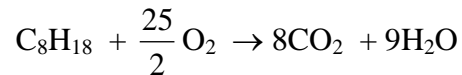
B.3.2. Justification de l'affirmation en gras soulignée dans le DOCUMENT B1.

Pendant une heure, la consommation d'essence est de 2,25 L. Le fonctionnement de l'appareillage de radiologie ne se limite pas à une durée de fonctionnement de 1 h mais beaucoup plus long donc la dépense d'essence est relativement élevée.

PARTIE C - Un moteur à essence comme source d'énergie

C.1. Réaction de combustion de l'octane

C.1.1 Equation de combustion complète de l'octane



C.1.2 Signification de deux des pictogrammes de sécurité fournis pour l'octane.

Pictogramme 2 : nocif / irritant

Pictogramme 4 : Dangereux pour l'environnement

Pictogramme 3 : Danger pour la santé

Pictogramme 1 : Inflammable

C.2. Masse de dioxyde de carbone rejeté

C.2.1 Calcul de la quantité de matière d'octane n_{octane} contenue dans 1,00 L d'essence.

On a la relation :

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{donc} \quad m = \rho \times V = 0,703 \times 1 = 0,703 \text{ kg} = 703 \text{ g}$$

On calcule la quantité de matière d'octane contenue dans 1,00 L :

$$n_{\text{C}_8\text{H}_{18}} = \frac{m_{\text{C}_8\text{H}_{18}}}{M_{\text{C}_8\text{H}_{18}}} = \frac{703}{114} = 6,17 \text{ mol}$$

C.2.2 Calcul de la quantité de matière $n(\text{CO}_2)$ de dioxyde de carbone, rejetée lors de la combustion d'un litre d'essence

D'après l'équation de la question 1.1, on a la relation :

$$n_{\text{C}_8\text{H}_{18}} = \frac{n_{\text{CO}_2}}{8} \quad \text{donc} \quad n_{\text{CO}_2} = 8 \times n_{\text{C}_8\text{H}_{18}} = 8 \times 6,17 = 49,4 \text{ mol}$$

C.2.3 Calcul de la masse $m(\text{CO}_2)$ de dioxyde de carbone rejetée pour 1,00 L d'essence.

On peut déterminer la masse de dioxyde de carbone :

$$n_{\text{CO}_2} = \frac{m_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CO}_2}} \quad \text{donc} \quad m_{\text{CO}_2} = n_{\text{CO}_2} \times M_{\text{CO}_2} = 49,4 \times 44 = 2174 \text{ g} = 2,174 \text{ kg}$$

C.2.4 Le réservoir du moteur des « petites Curie » peut contenir 35,0 L d'essence et l'autonomie de ces voitures est de 270 km.

C.2.4.1. Calcul de la masse totale m_{tot} de dioxyde de carbone libérée par la combustion de la totalité de l'essence contenue dans le réservoir.

Le réservoir peut contenir 35,5 L d'essence donc la masse totale de dioxyde de carbone libérée sera de :

$$m_{\text{tot}} = 35 \times 2,17 = 76 \text{ kg}$$

C.2.4.2. Calcul de la masse m de dioxyde de carbone libérée par kilomètre parcouru.

L'autonomie de ces véhicules est de 270 km avec un réservoir de 35 L donc la masse de dioxyde de carbone libéré par kilomètre parcouru sera de :

$$m = \frac{76}{270} = 0,28 \text{ kg} = 280 \text{ g}$$

C.2.4.3. Malus écologique d'une « petite Curie » compte tenu des normes établies en 2017.

D'après le document C2, le malus écologique serait de 10 000 euros.