

TD 01 : Production des RI électromagnétique

TD Radiobiologie Radioprotection

Dr. Lezzar

Table des matières



I - Exercice : Tube à rayon X	3
II - Exercice : Tube à RX	4
III - Exercice : Flux des RX	5
IV - Exercice : Longueur d'onde des RX	6
V - Exercice : Longueur d'onde minimale	7
Solutions des exercices	8

Exercice : Tube à rayon X

I

Un tube à RX sous une tension de 100 kV présente un rendement de 0.5 % :

Question

[solution n°1 p.8]

1. Calculer le rendement obtenu avec une tension de 0.5 MV.
2. Même question pour une tension de 10 MV
3. Commenter les valeur obtenues

Exercice : Tube à RX



Sachant que le rendement d'un tube à rayon X à anode de tungstène ($Z=74$) alimenté par une tension de 80 kV présente un rendement de 0.8 %

Question

[solution n°2 p.8]

1. Que devient l'énergie non émise sous forme de RX ?
2. Si on substitue l'anode de tungstène par une anode de plomb ($Z=82$) sous quelle tension doit-on alimenter le tube pour obtenir le même rendement ?

Exercice : Flux des RX



On considère un tube à RX alimenté par une tension de 90 kV et un courant de 1 mA et dont le rendement est de 0.008.

Question

[solution n°3 p.8]

1. Calculer le flux de ce faisceau ?
2. Que devient le flux si la tension passe à 50 kV et le courant à 3.24 mA ?

Exercice : Longueur d'onde des RX



IV

Un tube à RX présente un courant de saturation de 40 mA pour une tension d'alimentation de 60 kV.

Question

[solution n°4 p.8]

1. Calculer la longueur d'onde λ_0 des photons émis les plus énergétiques. Que vaut λ_M ?
2. Le rendement mesurer est de 0.6 %. Que devient-il si on porte la tension à 75 kV ?
3. Le tube fonctionne pendant 0.6 s à cette dernière tension. Calculer l'énergie reçue par l'anode sous forme d'énergie cinétique, l'énergie émise en RX dans le spectre continu et l'énergie transformée en chaleur dans l'anode.
4. Le système de refroidissement de l'anode ne permet que d'évacuer une quantité de chaleur limitée. Sachant que le foyer thermique, d'une surface de 30mm^2 , ne supporte qu'environ 120 J/mm^2 , déterminer la tension maximale de fonctionnement du tube.
5. Quelle est alors la longueur d'onde minimale du rayonnement que peut produire le tube ?

Exercice : Longueur d'onde minimale



Deux tube à RX A et B identique sont alimentée par des tension différentes mais sont parcourus par la même intensité. le tube A émet un rayonnement X de flux 4 fois supérieur à celui du tube B.

Question

[solution n°5 p.9]

Quel est le rapport des longueurs d'onde minimales des spectres continue des deux tube ?

Solutions des exercices



> Solution n°1

Exercice p. 3

1. $R = K * U * Z$ soit :
 $U = 100 \text{ kV} \rightarrow R = 0.5 \%$
 $U' = 500 \text{ kV} \rightarrow R' = ?$
 $R' = R * U' / U = 0.5 * 5 = 2.5 \%$
2. Pour $U = 10 \text{ MV} = 10000 \text{ kV}$, on opère de même et on obtiens $R'' = 50 \%$.
3. On sait que le rendement d'un tube à RX ne dépasse pas quelques %, donc la dernière valeur calculée est impossible, ce qui montre bien que la relation utilisée pour le calcul du rendement n'est valable que pour des tensions inférieures au MV.

> Solution n°2

Exercice p. 4

1. L'énergie qui n'a pas été convertie en rayonnement X est dissipée sous forme de chaleur, qui peut devenir très intense dans le tube, ce qui explique qu'il est très souvent équipé d'un système de refroidissement.
2. On a : pour le tungstène, $R = K * 74 * 80 = 0.8 \%$.
 pour le plomb, $R = K * 82 * U' = 0.8 \%$
 Il faut donc appliquer une tension de $U' = 80 * (74 / 82) = 72.2 \text{ kV}$

> Solution n°3

Exercice p. 5

1. On sait que : $R = \Phi / P = \Phi / (U * I)$
 d'où $\Phi = R * U * I = 0.008 * 90 * 10^3 * 10^{-3} = 0.72 \text{ W}$
2. Sachant que $\Phi = K * Z * I * U^2$, on a : $\Phi' / \Phi = (I' * U'^2) / (I * U^2) = (3.25 * 5^2) / (1 * 9^2) = 1$, le flux reste le même.

> Solution n°4

Exercice p. 6

1. $\lambda_0 = 1240 / 60000 = 0.206 \text{ nm}$ on a alors : $\lambda_M = (3 / 2) * \lambda_0 = 0.31 \text{ nm}$.
2. $R = K * Z * U = K * Z * 60 = 0.6 \%$ et $R' = K * Z * 75$, soit $R' = 0.6 * (75 / 60) = 0.75 \%$
3. l'énergie reçue vaut : $E = U * I * t = 75 * 10^3 * 40 * 10^{-3} * 0.6 = 1800 \text{ J}$
 L'énergie rayonnée vaut : $\Phi = R * E = 0.0075 * 1800 = 13.5 \text{ J}$
 L'énergie thermique est alors : $E_T = E - \Phi = 1800 - 13.5 = 1786.5 \text{ J}$
4. En supposant que toute l'énergie thermique est concentrée dans l'anode, la quantité de chaleur maximale qui peut être supportée vaut : $E_{\text{max}} = 120 * 30 = 3600 \text{ J}$

$$\text{Or, } E = U * I * t \text{ donc } U = E / (I * t) = 150 \text{ kV}$$

$$5. \lambda_0 = 1240 / 150\,000 = 0.00827 \text{ nm}$$

> **Solution n°5**

Exercice p. 7

$$\Phi_A / \Phi_B = (K * Z * I * U_A^2) / (K * Z * I * U_B^2) = U_A^2 / U_B^2 = 4$$

$$\Phi_A / \Phi_B = U_A^2 / U_B^2 = (12400 / \lambda_A)^2 / (12400 / \lambda_B)^2 = \lambda_B / \lambda_A = 2$$