

TD03 : Radiobiologie

TD Radiobiologie Radioprotection

Dr. Lezzar

Table des matières



I - Exercice : Cible létale	3
II - Exercice : Cible sublétale	4
III - Exercice : Survie cellulaire	5
Solutions des exercices	6

Exercice : Cible létale


I

Lors d'une irradiation par un faisceau de RX obtenu sous une tension de 200 kV, une population cellulaire a absorbé une dose de 5 Gy. A la suite de cette irradiation, seuls 37% des cellule irradiées n'ont pas montré d'effets biologique significatif.

Sachant que lorsqu'on trace le logarithme du nombre de cellule survivantes en fonction de la dose, on obtient une droite.

Question

[solution n°1 p.6]

1. Donner l'équation de cette droite, préciser les valeurs numériques des paramètres.
2. Calculer la dose létale.
3. Que peut-on dire de l'effet radiobiologique obtenu ? y a t-il un seul ? Expliquer.
4. Si on souhaitait obtenir la même dose létale à partir du rayonnement γ du cobalt (1.25 MeV) dont l'efficacité biologique relative (EBR) est de 0.85, quelle serait la dose nécessaire ?

Exercice : Cible sublétale



II

On considère une tumeur constituée de deux type de cellule C1 et C2 telles que :

C1 : 80% de cellules oxygénées, $D_{0,1} = 1$ Gy, $n_1 = 2$ (2 cible).

C2 : 20% de cellules anoxiques, $D_{0,2} = 5$ Gy, $n_2 = 1$ (cible unique).

Question

[solution n°2 p.6]

1. Établir l'équation de la courbe de survie cellulaire de chaque type de cellules. En déduire l'équation globale pour l'ensemble de la tumeur.
2. Calculer le taux de survie pour une dose administrée de 1 Gy, puis pour une dose de 5 Gy.
3. Établir, sans tenter de la résoudre, l'équation permettant le calcul de la dose létale moyenne. Proposer une méthode simple pour l'évaluer.
4. On veut irradier cette tumeur par une dose de 40 Gy. Déterminer le taux de survie cellulaire dans le cas ou cette dose délivrée en une seule fois et dans le cas ou elle est délivrée en 20 séances équivalentes.

Exercice : Survie cellulaire

III

On veut procéder à la destruction d'une tumeur de 5 g par irradiation à l'aide d'un faisceau de RX. On considère qu'un gramme de cette tumeur contient 10^9 cellules et qu'une dose absorbée de 1 Gy correspond à la destruction d'une cellule sur 2.

Question

[solution n°3 p.6]

1. Quelle est la dose absorbée nécessaire pour réaliser la destruction complète de la tumeur. c'est à dire pour que la proportion de cellule survivantes ne soit plus que de 10^{-9} .
2. Dans certains cas la récurrence ne peut pas se reproduire si le nombre de cellules restantes est inférieur à une valeur seuil de l'ordre de 10^4 . Déterminer la dose absorbée nécessaire pour atteindre ce seuil.

Solutions des exercices



> Solution n°1

Exercice p. 3

1. Si la courbe logarithmique des cellule survivantes en fonction de la dose est linéaire, c'est qu'on a affaire à une courbe de survie cellulaire de type cible létale. son équation est donc $\ln(N/N_0) = -D / D_0 = -1 / 5 = -20$.
2. la dose létale ou D_{50} est égale, par définition, à :
 $\ln(1/2) = -D_{50} / 5 \rightarrow D_{50} = 5 * \ln 2 = 3.47 \text{ Gy}$
3. La variation de N étant exponentiel avec la dose, il n'existe pas se de seuil, ce qui signifie q'une faible dose engendre déjà des effets radiobiologique.
4. Par définition, la dose de rayonnement γ nécessaire serait de :
 $D_\gamma = D_x / \text{EBR} = 3.47 / 0.85 = 4.08 \text{ Gy}$.

> Solution n°2

Exercice p. 4

1. Pour les cellules C1 : $S_1 = 1 - (1 - e^{-D/D_{0.1}})^2$
 Pour les cellules C2 : $S_2 = e^{-D/D_{0.2}}$
 Pour l'ensemble des tumeur, on a donc une loi de survie telle que :
 $S = 0.8 * \{1 - (1 - e^{-D})^2\} + 0.2 * e^{-D/5}$
2. Faisons l'application numérique pour une dose de 1 Gy.
 $S_{1 \text{ Gy}} = 0.8 * \{1 - (1 - e^{-1})^2\} + 0.2 * e^{-1/5} = 0.644$ soit 64.4 %
 même calcul pour une dose de 5 Gy
 $S_{5 \text{ Gy}} = 0.8 * \{1 - (1 - e^{-5})^2\} + 0.2 * e^{-1} = 0.084$ soit 8.4 %
3. Le taux de survie a la dose létale moyenne a pour expression :
 $S_{50} = 0.5 = 0.8 * \{1 - (1 - e^{-D_{50}})^2\} + 0.2 * e^{-D_{50}/5}$.
 La résolution de l'équation est délicate, aussi est-il judicieux de déterminer la dose létale moyenne graphiquement, en traçant l'évolution du taux de survie total en fonction de la dose. Ceci permet de déterminer une dose létale moyenne $D_{50} = 1.4 \text{ Gy}$.
4. Si la dose est délivrée en 1 seul séance , le taux de survie globale est :
 $S_{1 \text{ séance}} = 0.8 * \{1 - (1 - e^{-40})^2\} + 0.2 * e^{-40/5} = 6.7 * 10^{-5}$
 Si la dose est délivrée en 20 seul séance de 2 Gy, le taux de survie globale est :
 $S_{20 \text{ séance}} = [0.8 * \{1 - (1 - e^{-2})^2\} + 0.2 * e^{-2/5}]^{20} = 0.336^{20} = 3.35 * 10^{-10}$

> **Solution n°3**

Exercice p. 5

1. Dans ce premier cas, on veut que :

$$\frac{N}{N_0} = 10^{-9} = \exp\left(-\frac{D}{D_0}\right) = \exp\left(-\frac{\ln 2 * D}{D_{50}}\right)$$

On en déduit alors que : $D_{totale} = - D_{50} * \frac{\ln 10^{-9}}{\ln 2} = - 1 * \frac{- 20,72}{0,693} = 29,90 \text{ Gy}$

2. Dans le second cas, on veut que ; $\frac{N}{N_0} = \frac{10^4}{(5 * 10^9)} = \exp\left(-\frac{\ln 2 * D}{D_{50}}\right)$, d'ou :

$$D_{antirecursive} = - D_{50} * \frac{\ln\left(\frac{10^{-5}}{5}\right)}{\ln 2} = - 1 * \frac{- 13,122}{0,693} = 18,93 \text{ Gy}$$