

NFI/GE2, Option « Energies Renouvelables ».
Technologie des réacteurs nucléaires, Examen.

F. Ravelet^a

^a *Laboratoire d'Ingénierie des Fluides et Systèmes Energétiques,*
Arts et Metiers Institute of Technology,
151 boulevard de l'Hôpital, 75013 Paris, France.
contact: florent.ravelet@ensam.eu

18 mars 2020

1 Radioactivité du Brome 83

Le Brome 83 (${}^{83}_{35}\text{Br}$) est un émetteur β^- de période 2.4h. La masse de ce noyau est de 82.915175 u. Le noyau fils (stable) a une masse de 82.914126 u. L'unité de masse atomique u vaut $1 \text{ u} = 931.5 \text{ MeV} \cdot \text{c}^{-2}$.

On mesure l'activité d'un échantillon de ${}^{83}_{35}\text{Br}$. Le nombre de désintégrations enregistrées entre 11h00 et 12h00 est de 1 254 000.

1. *Ecrire la réaction de désintégration, identifier le noyau formé.*
2. *Calculer, en MeV, l'énergie de la réaction de désintégration.*
3. *Quelle était l'activité de l'échantillon en Bq à 10h00 ?*

2 Atténuation de rayons gamma par du cuivre

Un faisceau de N_0 photons est constitué pour moitié de N_{01} photons d'énergie E_1 de 100 keV et pour l'autre moitié de N_{02} photons d'énergie E_2 , de 50 keV. Ce faisceau traverse une plaque de cuivre dont les sections efficaces macroscopiques d'absorption sont :

- $\Sigma_1 = 0,357 \text{ mm}^{-1}$ pour les photons d'énergie E_1
- $\Sigma_2 = 2,30 \text{ mm}^{-1}$ pour les photons d'énergie E_2

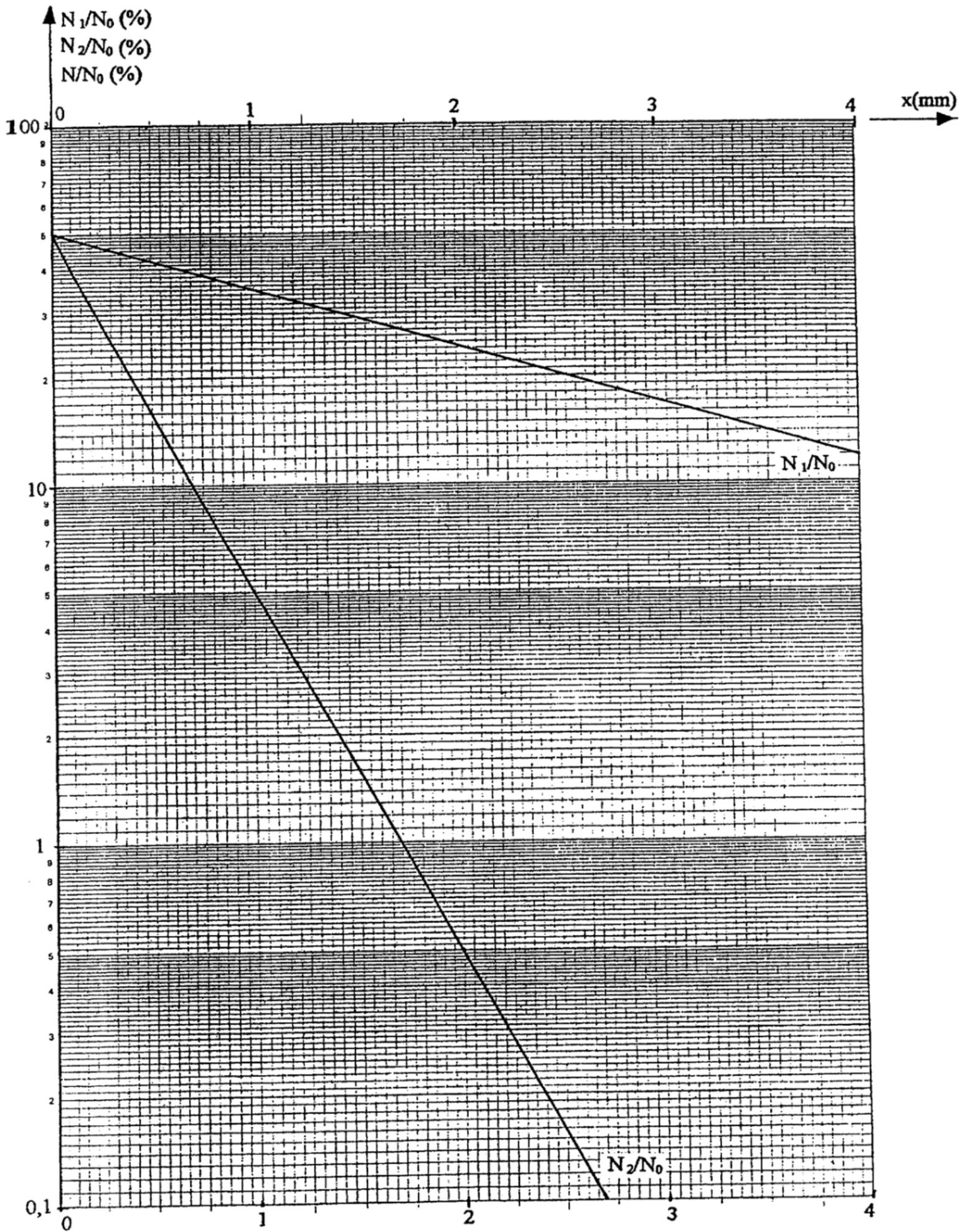
Après la traversée d'une épaisseur x de cuivre, il reste N_1 et N_2 photons d'énergie E_1 et E_2 . On appelle N le nombre total de photons.

1. Etablir l'équation différentielle qui gouverne $N_i(x)$.
2. Exprimer les nombres de photons $N_1(x)$ et $N_2(x)$ en fonction de N_0 , x et des coefficients d'atténuation (Σ_1 et Σ_2).
3. On appelle couche de demi-atténuation (C.D.A.) _{i} pour les photons d'énergie E_i l'épaisseur de matériau traversée correspondant à une diminution d'un facteur 2 du nombre de photons d'énergie E_i . Donner son expression en fonction de Σ_i .
4. Calculer les couches de demi-atténuation du cuivre pour les photons d'énergie E_1 et E_2 .
5. Compléter le tableau (cf. fig. 1) après avoir donné un exemple de calcul pour chaque ligne.

6. Sur le papier semi-logarithmique joint à la fin du sujet, compléter en représentant $\frac{N}{N_0}$ (%) en fonction de x .
7. Déterminer graphiquement les couches de demi-atténuation successives pour *l'ensemble du faisceau* jusqu'à la troisième couche. On appelle :
- première C.D.A., l'épaisseur de matière qui diminue le pourcentage total de photons de 100 à 50 ;
 - deuxième C.D.A., l'épaisseur de matière qui diminue le pourcentage total de photons de 50 à 25 ;
 - etc.
- Que remarque-t-on ?
8. On considère un faisceau monocinétique d'énergie $E_1 = 100keV$, calculer l'épaisseur de la plaque de cuivre qui arrête 30% du rayonnement.

X (mm)	0.0	0.4	1.0	2.0	3.0	4.0
N₁/N₀ (%)	50.0	43.3		24.5		12.0
N₂/N₀ (%)	50.0	19.9	5.0	0.5	0.1	0.0
N/N₀ (%)			40.0	25.0	17.2	12.0

FIGURE 1 – Tableau à remplir ($N = N_1 + N_2$)



3 Technologie des réacteurs

Question 1 :

Quels sont les quatre composants se trouvant dans un cœur de centrale nucléaire ? Pour chacun, citer un exemple d'élément ou de matériau possible.

Question 2 :

A quoi sert un modérateur (entourer la bonne réponse) :

1. A modérer, c'est-à-dire à abaisser le taux de réaction en capturant des neutrons ;
2. A modérer, c'est-à-dire à favoriser les réactions en ralentissant les neutrons ;
3. A modérer, c'est-à-dire à absorber les rayonnements nocifs.

Question 3 :

Que signifie qu'un réacteur fonctionne en régime *critique* ? Quelle est la signification de la relation $k = 1$ (k est le facteur mesurant la criticité) ?

Question 4 :

Citer trois filières de réacteurs, donner leurs caractéristiques.

Question 5 :

Pourquoi doit-on avoir recours à un combustible enrichi pour la plupart des filières ?

Question 6 :

Quelle est la filière de réacteurs présente en France ? Faire un schéma (avec une légende) des éléments d'une centrale de ce type (ne pas tenir compte des circuits annexes et de sécurité). Décrire le rôle des principaux éléments.