

Concours L2-Deug 2006

Physique I : partie D

Partie D

Diffusion de matière

Des neutrons (${}_0^1\text{n}$) lents sont produits par une source (S), de forme sphérique, de centre O et de rayon R . À la surface extérieure (Σ) de la source, sont émis N_o neutrons par unité de surface et unité de temps (figure 10).

À l'extérieur de la source, au temps t et en tout point M du milieu (\mathbf{M}) , les particules sont soumises au phénomène de diffusion régi par la loi de Fick, d'équation générale :

$$\vec{j}(M, t) = -D \overrightarrow{\text{grad}} N^*(M, t) ,$$

avec $\vec{j}(M, t)$ vecteur densité de courant particulaire, D coefficient (constante positive) de diffusion des neutrons et $N^*(M, t)$ nombre de neutrons par unité de volume.

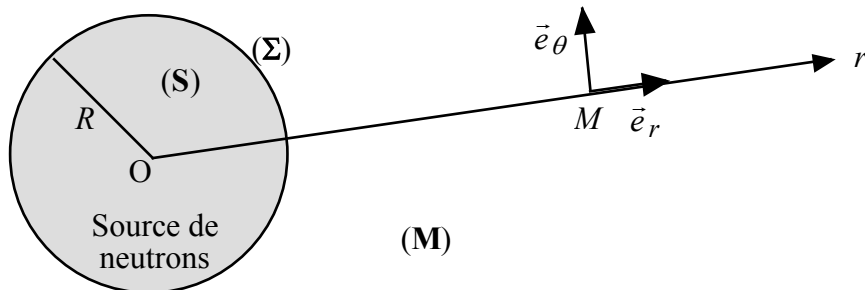


Figure 10

I. Généralités sur la diffusion

La diffusion est à symétrie radiale (diffusion unidimensionnelle). On rappelle, en coordonnées polaires [base $(\vec{e}_r, \vec{e}_\theta)$], les composantes du vecteur gradient :

$$\overrightarrow{\text{grad}} N^*(M, t) = \begin{pmatrix} \frac{\partial N^*(M, t)}{\partial r} \\ \frac{1}{r} \frac{\partial N^*(M, t)}{\partial \theta} \end{pmatrix}$$

On admet qu'en tout point M , tel que $OM = r \geq R$, la densité particulaire de neutrons $N^*(M, t)$ ne dépend que du rayon r et du temps t .

- 1) En déduire l'équation vectorielle qui relie $\vec{j}(r, t)$ et $\frac{\partial N^*(r, t)}{\partial r}$.
- 2) Exprimer, en fonction des grandeurs r , D , et $\frac{\partial N^*(r, t)}{\partial r}$, le flux $\Phi(r, t)$ du vecteur $\vec{j}(r, t)$ à travers la surface sphérique, de centre O , de rayon $r \geq R$ et d'aire $S = 4\pi r^2$.
- 3) Rappeler l'unité du coefficient de diffusion D .

II. Diffusion des neutrons dans un milieu non absorbant

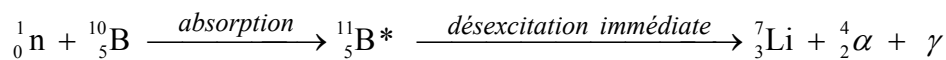
On suppose que le milieu (\mathbf{M}) n'absorbe pas les neutrons et que le régime de diffusion de ces particules est stationnaire.

- 1) Quelle est la principale propriété du flux $\Phi(r, t)$ en régime stationnaire ?
- 2) Donner, en fonction de R et N_o , l'expression de ce flux.

- 3) On suppose que lorsque r tend vers l'infini, $N^*(r \rightarrow \infty) = 0$. Déterminer la loi de distribution $N^*(r)$.
- 4) Dessiner l'allure de la courbe représentative de la fonction $N^*(r)$.

III. Absorption des neutrons par réaction nucléaire

Le milieu (**M**), riche en noyaux $^{10}_5\text{B}$ (isotope de l'élément bore), absorbe les neutrons à raison de C captures par unité de volume et unité de temps, selon la réaction nucléaire suivante (donnée à titre de simple information) :



On considère un volume élémentaire dV du milieu (**M**), compris entre les deux sphères concentriques, de centre O et de rayons respectifs r et $r + dr$.

Soient, pendant la durée infinitésimale dt , δN_e le nombre de neutrons qui pénètrent dans le volume élémentaire dV , δN_s le nombre de neutrons qui quittent ce volume par diffusion et δN_c le nombre de neutrons qui disparaissent de ce volume par capture.

On suppose un régime stationnaire interdisant toute accumulation de particules en un point donné de (**M**).

- 1) Exprimer, en fonction de la variable r , le volume élémentaire dV .
- 2) Traduire le bilan des flux de particules ^1_0n , dans cet élément de volume, par une relation entre les nombres positifs δN_e , δN_s et δN_c .
- 3) En déduire une équation différentielle reliant $N^*(r)$ et r .
- 4) Déterminer le flux de diffusion $\Phi(r)$.
- 5) Montrer qu'il existe une valeur R_o de r qui annule le flux de diffusion.
- 6) Quelle est l'influence du coefficient de diffusion D sur la valeur R_o ?

Fin de l'énoncé