

5.3.2 Dipôle magnétique-Exercice 4

Le magnétisme terrestre est assimilé à celui d'un aimant géant situé au centre de la Terre (le noyau terrestre interne solide).

a-On note M le moment magnétique de l'aimant terrestre. Par analyse dimensionnelle trouver l'ordre de grandeur du champ magnétique B_T créé par ce dipôle à la surface de la Terre en fonction de M , du rayon de la Terre R_T de la perméabilité du vide μ_0 .

A.N : Estimer M sachant que $R_T = 6400$ km, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H.m⁻¹ et $B_T = 4 \cdot 10^{-5}$ T

b-En déduire le nombre N d'atomes de la matière « aimantée » constituant le noyau terrestre sachant que chaque atome concerné porte un moment magnétique de l'ordre du magnéton de Bohr $\mu_B \approx 10^{-23}$ A.m².

c-En prenant des valeurs moyennes pour la masse molaire (mélange de fer et de nickel) $M \approx 57$ g.mol⁻¹ et la masse volumique $\rho \approx 8$ kg.L⁻³, estimer le volume V concerné par la matière aimantée.

d-En déduire le rayon R du noyau terrestre interne supposé sphérique. Commenter le résultat et discuter le modèle.

a-La formule du champ magnétique créé par un solénoïde $B = \mu_0 n I$ donne : $[B] = [\mu_0] \cdot [I] \cdot [L]^{-1}$

On a : $[M] = [I] \cdot [L]^2$ donc $[M / R_T^3] = [I] \cdot [L]^{-1}$

On peut donc proposer $B_T \approx \mu_0 M / R_T^3$ ou mieux :
$$B_T \approx \mu_0 M / 4\pi R_T^3$$

A.N : $M \approx 10^{23}$ A.m²

b-On a : $M = N \mu_B$ d'où : $N \approx 10^{46}$ atomes

c-Masse d'un atome : $m = M / N_A = 9,5 \cdot 10^{-26}$ kg

Masse du noyau : $m_{\text{noy}} = N m = 9,5 \cdot 10^{20}$ kg

Volume du noyau : $V = m_{\text{noy}} / \rho \approx 1,2 \cdot 10^{17}$ m³

d-Avec $V = 4\pi R^3 / 3$ on calcule : $R \approx 300$ km. C'est supérieur à la valeur admise de 1200 km.

La relation $M = N \mu_B$ de la question b suppose que tous les moments magnétiques μ_B des N atomes sont alignés. Ce n'est pas le cas à cause de l'agitation thermique. Il faut donc plus d'atomes pour obtenir la même aimantation, donc un plus grand volume, donc un plus grand rayon.