

Exercice 1: Etude de la réaction de fission nucléaire

A) Questions de cours

- 1) Rappeler l'expression du champ électrique $\vec{E}(r)$ et du potentiel $V(r)$ à la distance r d'une charge ponctuelle q située dans le vide.
- 2) Rappeler l'expression générale reliant le champ électrostatique $\vec{E}(r)$ à son potentiel $V(r)$
Soit une charge ponctuelle q déplacée d'un point A à un point B dans un champ électrostatique \vec{E} quelconque.
- 3) Exprimer le travail W_q mis en jeu par la force électrique agissant sur la charge q au cours du déplacement AB .
- 4) On note la variation de potentiel $V_B - V_A$ entre les points B et A , montrer que $W_q = -q(V_B - V_A)$

B) Travail électrique

Pour évaluer l'énergie nécessaire pour former un noyau d'uranium de charge Q , et de rayon a , on envisage sa construction à partir d'adjonction successives de couches sphériques de même densité volumique de charge ρ . A la surface du noyau de rayon r en cours de construction, où règne le potentiel $V^*(r)$, est appliquée une couche d'épaisseur dr , supposée prise à l'infini, à potentiel nul.

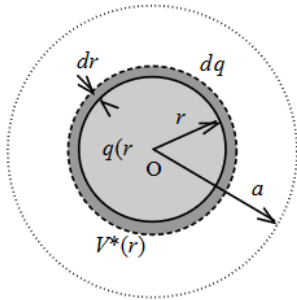


Figure 1 : Noyau en cours de construction

On montre que le champ et le potentiel observés à l'extérieur d'une boule portant une charge Q uniformément distribuée, sont identiques à ceux produits par une charge ponctuelle rassemblant toute la charge Q au centre de ladite boule.

- 5) Exprimer la charge $q(r)$ du noyau de rayon r en cours de construction en fonction de Q, r et a .
- 6) Exprimer $V^*(r)$, le potentiel à la surface du noyau de rayon r en cours de construction, en fonction de Q, r et a .
- 7) Exprimer $dq(r)$, la charge élémentaire contenue dans la couche sphérique $[r, r + dr]$, en fonction de Q, r, a et dr .
- 8) Exprimer dW , le travail des forces électriques s'exerçant sur la couche $[r, r + dr]$ durant son déplacement entre sa position initiale à l'infini (où $V = 0$) et la surface du noyau en cours de construction (rayon r).
- 9) Analyser le signe de dW .
- 10) Exprimer le travail W exercé par les forces électriques à l'occasion de la construction du noyau dans sa totalité-on exprimera W en fonction des seuls paramètres Q et a .
- 11) En déduire l'expression de l'énergie potentielle électrique U_e .

Exercice 2 : Sondage par gravimétrie

Les phénomènes électrostatiques et gravitationnelles vérifient le principe de superposition et présentent également d'autres d'analogies. On donne le tableau de correspondance suivant :

Effet électrique	Effet gravitationnel
Champ électrique $\vec{E}(M)$ d'une charge ponctuelle q_p : $\vec{E}(M) = \frac{q_p}{4\pi\epsilon_0 r^2} \vec{u}_r$	Champ gravitationnel $\vec{g}(M)$ d'une masse ponctuelle : $\vec{g}(M) = -G \frac{m_p}{r^2} \vec{u}_r$ Donc : $\begin{cases} q_p \rightarrow m_p \\ \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \rightarrow -G \end{cases}$
Force électrique s'exerçant sur une charge d'essai q_M : $\vec{f} = q_M \vec{E}(M)$	Force gravitationnelle s'exerçant sur une masse d'essai m_M : $\vec{f} = m_M \vec{g}(M)$
Théorème de Gauss : $\oiint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{Q_{int}}{\epsilon_0}$	Théorème de « Gauss » de la gravitation : $\oiint \vec{g} \cdot d\vec{S} = -4\pi G m_{int}$
Equation locale : $\text{div} \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$ Avec $[\rho] = C \cdot m^{-3}$	Equation locale : $\text{div} \vec{g} = -4\pi G \rho$ Avec $[\rho] = kg \cdot m^{-3}$

La gravimétrie est l'étude et la mesure très fine des variations du champ gravitationnel de la Terre. Cette analyse permet d'apprécier la présence de cavités dans le sol. Cette information est en effet nécessaire lors de la construction de grandes structures (ponts, immeubles, ...). On note $\Delta\vec{g}$ la variation du champ gravitationnel entre la situation sans cavité et la situation avec cavité. Le gravimètre CG-5 en photo ci-dessous détecte la variation $\|\Delta\vec{g}\| = \Delta g$ du champ gravitationnel terrestre suivant sa verticale. Sa sensibilité est de $10\mu\text{Gal}$ ($1\text{Gal} = 1\text{cm} \cdot \text{s}^{-2}$)



Prévoir si ce gravimètre est capable de détecter la présence d'une cavité sphérique de 10m de diamètre et dont le centre est situé à 10 m de profondeur dans une roche calcaire de masse volumique $\rho = 2500\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$. On donne $G \approx 10^{-10} \text{m}^3 \text{s}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1}$ et $\pi \approx 3$
RQ : une rédaction soignée de la démarche scientifique utilisées est attendue (schéma, identification et nommage des grandeurs physiques attendues, développement à l'aide de grandeurs littérales puis AN)