

Exercices 2 Interactions fondamentales et champs

Application : électroscope, atome et noyau, altitude, jet d'encre, carte de champ

5 exercices · niveau ●●○ · durée conseillée : 2 h · calculatrice autorisée

★ À RETENIR — Ce qu'il faut savoir faire à la fin de la feuille

- Interpréter une électrisation ; comparer les interactions électrostatique et gravitationnelle, de l'atome au noyau.
- Exploiter les expressions des champs (gravitation et altitude, condensateur plan) ; lire une carte de lignes de champ.

Exercice 1 L'électroscope à feuilles d'or

●●○

Un électroscope (figure 1) est formé d'une tige métallique, terminée par une boule et portant deux fines feuilles d'or mobiles. Au départ, il est neutre et ses feuilles pendent verticalement.

■ **DONNÉES** $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

- 1.1 On touche la boule avec une règle en PVC frottée, chargée négativement. Les feuilles s'écartent et restent écartées lorsqu'on éloigne la règle. Nommer ce mode d'électrisation et expliquer l'écartement des feuilles. Quel est le signe de leur charge ?
- 1.2 L'électroscope a reçu la charge $q = -3,2 \times 10^{-10} \text{ C}$. Combien d'électrons a-t-il gagnés ?
- 1.3 L'électroscope étant de nouveau neutre, on approche de la boule, sans la toucher, une baguette de verre chargée positivement. Les feuilles s'écartent, puis retombent quand on éloigne la baguette. Interpréter ces observations à l'aide de schémas représentant la répartition des charges sur l'électroscope.

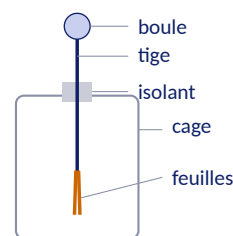


Figure 1 — L'électroscope neutre

Exercice 2 Lire une carte de champ

●●○

Des grains de semoule dans de l'huile s'alignent le long des lignes de champ : c'est le « spectre électrostatique » de deux sphères chargées A et B, modélisé figure 2.

- 2.1 Déterminer le signe des charges q_A et q_B , puis comparer $|q_A|$ et $|q_B|$. Justifier.
- 2.2 En lequel des points M et N le champ est-il le plus intense ? Justifier.
- 2.3 Reproduire l'allure de la figure et représenter, sans souci d'échelle, le champ électrostatique en M, N et P, puis la force subie par un électron placé en M.

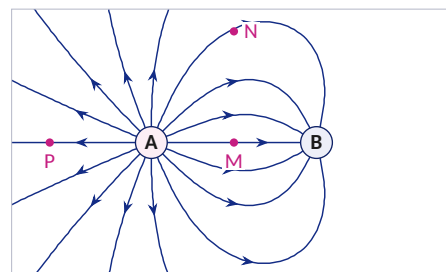


Figure 2 — Lignes de champ créées par A et B

Exercice 3 De l'atome d'hydrogène au noyau d'hélium

●●○

Dans le modèle simplifié de l'atome d'hydrogène, l'électron se trouve à la distance $r = 5,3 \times 10^{-11} \text{ m}$ du proton.

■ **DONNÉES** $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ • $k = 9,0 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{C}^{-2}$ • $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$ • $g = 9,8 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$ • $m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ • $m_p = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$

- 3.1** Calculer la valeur F_e de la force électrostatique et la valeur F_g de la force gravitationnelle exercées par le proton sur l'électron. Montrer que le rapport F_e/F_g est de l'ordre de 10^{39} . Quelle interaction assure la cohésion de l'atome ?
- 3.2** Le noyau d'hélium 4 contient deux protons et deux neutrons ; la distance entre les deux protons est d'environ $2,0 \times 10^{-15} \text{ m}$. Calculer la valeur de la force de répulsion électrostatique entre les deux protons et celle de leur attraction gravitationnelle. Comparer la première au poids d'un objet usuel.
- 3.3** Pourquoi ces résultats imposent-ils une troisième interaction, appelée interaction forte ? Est-elle attractive ou répulsive ? Dans le noyau, comparer sa valeur à celle de la répulsion entre deux protons.

Exercice 4 Le champ de gravitation terrestre et l'altitude



Le programme ci-dessous calcule la valeur du champ de gravitation terrestre $\mathcal{G}$ (Terre à répartition sphérique de masse) à différentes altitudes h : au sol, à l'altitude de la Station spatiale internationale (ISS), à 2 000 km, à celles des satellites GPS et des satellites géostationnaires.

```

1  G = 6.67e-11
2  M = 5.97e24      # masse de la Terre (kg)
3  R = 6.371e6      # rayon de la Terre (m)
4  def champ(h):    # altitude h en km
5      d = ...
6      return G * M / d**2
7  for h in [0, 400, 2000, 20200, 35786]:
8      print(h, round(champ(h), 3))
9  h = 0
10 while champ(h) > champ(0) / 2:
11     h = h + 10
12 print(h)

```

- 4.1** Compléter la ligne 5.
- 4.2** Donner les cinq lignes affichées par la boucle des lignes 7 et 8.
- 4.3** Que représente la valeur affichée à la ligne 12 ? Montrer par le calcul qu'elle vaut environ 2 640 km.
- 4.4** Calculer la force d'attraction exercée par la Terre sur un astronaute de 75 kg à bord de l'ISS. Commenter l'expression « dans l'ISS, on n'est plus attiré par la Terre ».

Exercice 5 L'imprimante à jet d'encre continu

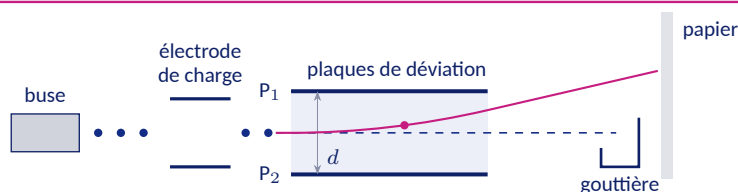


Figure 3 — Principe de l'impression par jet d'encre continu (sans souci d'échelle)

Une buse émet des gouttes d'encre de diamètre $D = 40 \mu\text{m}$ (volume $V = \pi D^3/6$) et de masse volumique $\rho = 1,0 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Une électrode donne aux seules gouttes destinées au papier une charge négative, par exemple $q = -2,0 \times 10^{-13} \text{ C}$; les autres restent neutres. Les gouttes passent ensuite entre deux plaques parallèles distantes de $d = 1,6 \text{ mm}$, soumises à la tension $U = 2,0 \text{ kV}$.

■ **DONNÉES** $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ • $g = 9,8 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$

- 5.1** Combien d'électrons en excès une goutte chargée porte-t-elle ?
- 5.2** Calculer la valeur du champ électrostatique entre les plaques. Quelle plaque doit être reliée à la borne + du générateur pour que les gouttes chargées soient déviées vers le haut ? Justifier et représenter le champ entre les plaques.
- 5.3** Calculer la masse d'une goutte, puis comparer son poids à la force électrostatique qu'elle subit entre les plaques. Conclure.
- 5.4** Justifier que les gouttes neutres aboutissent dans la gouttière. Comment l'imprimante peut-elle placer des gouttes à des hauteurs différentes sur le papier ?