

Attention à la présentation, à la rédaction et aux chiffres significatifs...Vous pouvez commencer par l'exercice de votre choix, donc pensez à lire d'abord tous les exercices avant de commencer !**Exercice n°1 :** questions de cours. (6 points)

Cet exercice comporte quatre affirmations indépendantes et un tableau à compléter. À chaque affirmation, vous répondrez par VRAI ou FAUX, en justifiant votre choix à l'aide de définitions ou de commentaires.

1. AFFIRMATION : on ne peut seulement électriser un corps par frottement.
2. AFFIRMATION : un corps chargé possède toujours un défaut ou un excès de protons.
3. AFFIRMATION : le noyau atomique est constitué de neutrons, de protons, eux-mêmes constitués de quarks.
4. AFFIRMATION : l'interaction gravitationnelle domine à l'échelle astronomique car à cette échelle la matière est chargée.
5. Compléter le tableau de l'annexe de l'exercice n°1.

Exercice n°2 : expériences d'électrostatiques. (7 points)

On réalise trois expériences d'électrostatiques selon les schémas de l'annexe de l'exercice n°2. Ces trois expériences sont réalisées dans l'ordre. Le pendule est constitué d'une boule d'aluminium, initialement neutre, relié à un fil de nylon isolant. T est un tube en verre frotté qui porte des charges positives. A est une règle en aluminium. Dans les expériences n°1 et n°3 le tube en verre ne touche jamais la boule d'aluminium, alors que dans l'expérience n°2 le tube entre en contact avec la règle A.

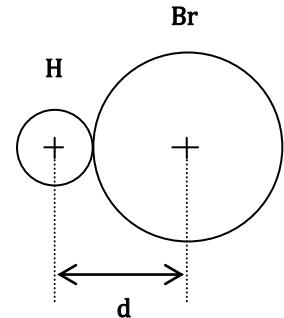
1. Que montre l'expérience n°1 ? Compléter sur les schémas de l'expérience n°1 la répartition des charges dans la boule d'aluminium. Comment évolue la charge de la boule au cours de cette expérience ? Pourquoi ?
2. Dans l'expérience n°2 le pendule est repoussé. Expliquer pourquoi et compléter le schéma de l'expérience n°2 en précisant le déplacement des charges.
3. Interpréter l'expérience n°3.

Exercice n°3 : étude de la molécule de bromure d'hydrogène. (17 points)

La molécule de bromure d'hydrogène, de formule HBr, est polarisée. En effet l'atome de brome attirant plus fortement les électrons du doublet liant que l'atome d'hydrogène, tout se passe comme si l'atome de brome possédait une charge $-\delta$ centrée sur son noyau et l'atome d'hydrogène une charge $+\delta$ centrée sur son noyau. On appelle d la distance entre les deux centres des noyaux des atomes constituants la molécule (voir le schéma ci-dessous de la molécule).

Données :

- $|\delta| = 2,39 \times 10^{-20}$ C.
- Masse de l'atome d'hydrogène : $m_H = 1,67 \times 10^{-27}$ kg.
- Masse de l'atome de brome : $m_{Br} = 1,34 \times 10^{-26}$ kg.
- Constante de la gravitation : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ N.kg⁻².m².
- Constante de la loi de Coulomb : $k = 8,99 \times 10^9$ N.C⁻².m².
- Charge élémentaire : $e = 1,60 \times 10^{-19}$ C.
- Distance entre les deux centres des noyaux des atomes d'hydrogène et de brome : $d = 110$ pm (1 pm = 10^{-12} m).
- Rayon de l'atome de brome : $r = 5,7$ fm (1 fm = 10^{-15} m).

**1. Étude de la molécule.**

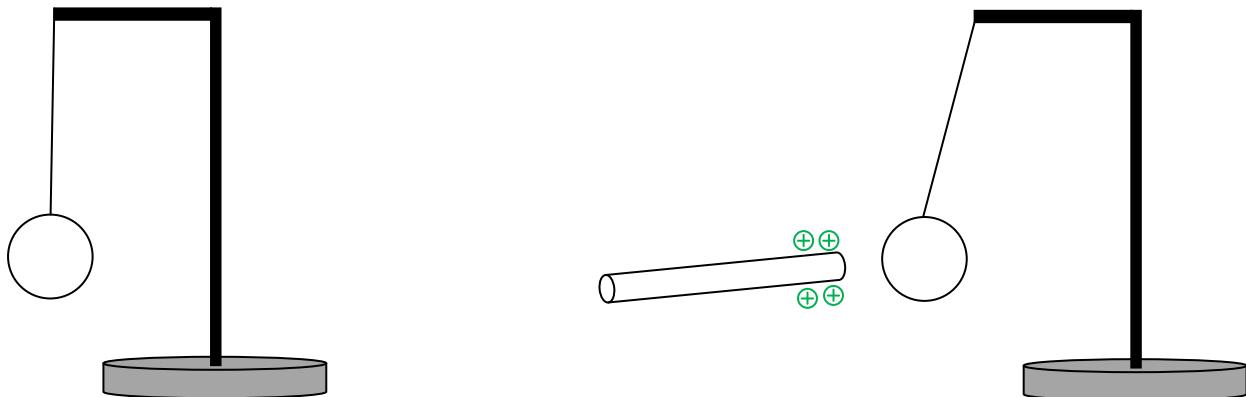
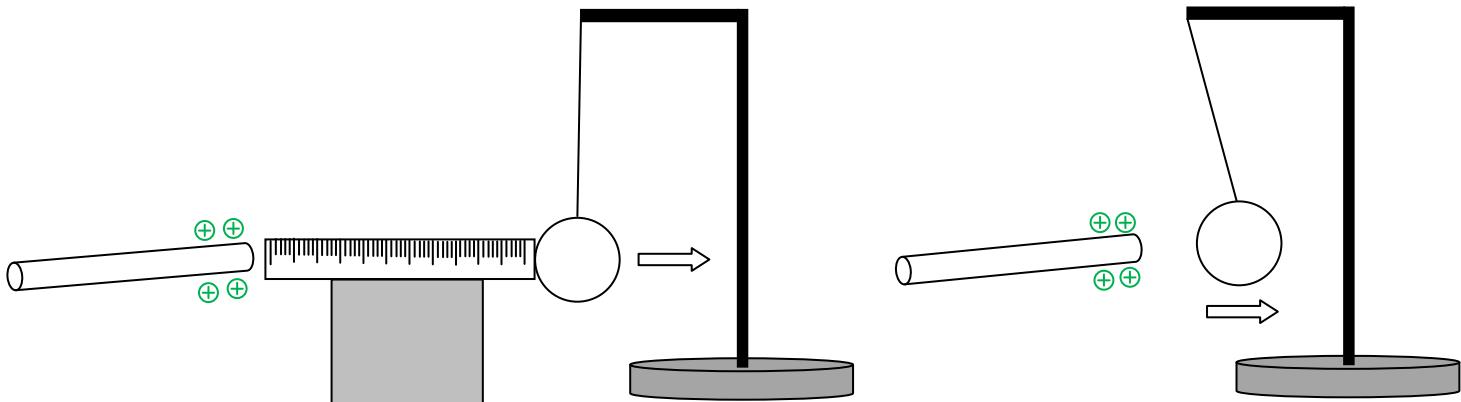
- 1.1. Cocher la bonne réponse donnant l'expression littérale de la valeur de la force d'interaction électrique F_E exercée entre les deux charges, en fonction de k , δ et d . Préciser l'unité du système international de F_E ; δ et d .
- 1.2. Comment est modifiée la valeur de la force électrique si : (justifier vos réponses sans calcul)
 - 1.2.1. Les valeurs des charges $+\delta$ et $-\delta$ sont doublées ?
 - 1.2.2. La distance d est multipliée par quatre ?
- 1.3. Donner l'expression numérique de la valeur de la force d'interaction électrique F_E et la calculer. Donner le résultat en écriture scientifique. Quel est l'ordre de grandeur de cette valeur ?
- 1.4. Donner l'expression littérale de la valeur de la force d'interaction gravitationnelle F_G exercée entre les deux atomes de la molécule, en fonction de G , m_H , m_{Br} et d . Préciser l'unité du système international de F_G ; m_H ; m_{Br} et d .
- 1.5. Montrer que la valeur de l'interaction gravitationnelle s'exerçant entre les deux noyaux des atomes de cette molécule est de $1,23 \times 10^{-43}$ N.
- 1.6. Comparer les valeurs des interactions électrique et gravitationnelle s'exerçant entre les deux atomes de la molécule en calculant leur rapport. En déduire la nature de la force qui maintient la cohésion de la molécule.

2. Étude de la cohésion du noyau de l'atome de brome.

- 2.1. Le noyau de l'atome de brome a pour notation : $^{79}_{35}Br$. Que signifie cette notation ?
- 2.2. La valeur de la force d'interaction électrique F_{PP} entre deux protons séparés d'une distance r , correspondant au rayon de l'atome de brome, est de 7,1 N. Compléter le schéma donné en annexe en représentant les forces d'interaction électrique F_{PP} entre deux protons séparés d'une distance r . Préciser l'échelle utilisée sur votre schéma.
- 2.3. Comparer la valeur de la force d'interaction électrique F_{PP} entre deux protons séparés d'une distance r avec celle de la force F_E qui s'exerce entre les charges des deux atomes de la molécule en calculant leur rapport.
- 2.4. Quelle est l'interaction qui permet d'expliquer la cohésion du noyau ?

Annexe de l'exercice n°1 – Question 5.

Interaction	Intensité relative	Portée	Particules sensibles	Exemple dans la vie quotidienne
Forte	1	10^{-15} m	<input type="checkbox"/> Protons <input type="checkbox"/> Neutrons <input type="checkbox"/> Électrons	
Faible	10^{-7}	10^{-20} m	<input type="checkbox"/> Protons <input type="checkbox"/> Neutrons <input type="checkbox"/> Électrons	
Électromagnétique	10^{-2}		<input type="checkbox"/> Protons <input type="checkbox"/> Neutrons <input type="checkbox"/> Électrons	
Gravitationnelle	10^{-38}		<input type="checkbox"/> Protons <input type="checkbox"/> Neutrons <input type="checkbox"/> Électrons	

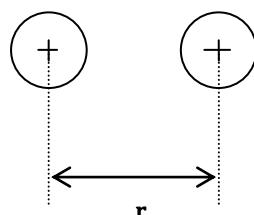
Annexe de l'exercice n°2Expérience n°1Expérience n°2Expérience n°3Annexe de l'exercice n°3

Proton 1 Proton 2

Cochez la bonne réponse :

$$\square F_E = k \times \frac{(-\delta) \times \delta}{d^2} \quad \square F_E = k \times \frac{\delta^2}{d^2}$$

$$\square F_E = k \times \frac{d^2}{(-\delta) \times \delta} \quad \square F_E = k \times \frac{d^2}{\delta^2}$$

Unité de F_E :Unité de δ :Unité de d :Question 2.2.

Exercice n°1 : [6]

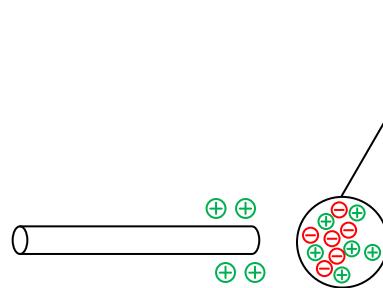
- FAUX : on peut électriser un corps **par frottement, par contact ou par influence**. [1,5]
- FAUX : un corps chargé possède toujours un défaut ou un excès **d'électrons**. En effet les protons font partie du noyau de l'atome et sont en nombre fixe ; on ne peut donc pas dire qu'ils sont en excès ou en défaut. [1]
- VRAI : les électrons font partie du nuage électronique et pas du noyau. [1]
- FAUX : l'interaction gravitationnelle domine à l'échelle astronomique car à cette échelle la matière **électriquement neutre**. En effet seules les interactions gravitationnelle et électromagnétique s'appliquent à l'échelle astronomique (ou cosmique) ; or à cette échelle la matière est électriquement neutre, donc l'interaction électromagnétique n'intervient pas. [1]
- [1,5]

Interaction	Intensité relative	Portée	Particules sensibles	Exemple dans la vie quotidienne
Forte	1	10^{-15} m	■ Protons ■ Neutrons □ Électrons	Cohésion du noyau de l'atome
Faible	10^{-7}	10^{-20} m	■ Protons ■ Neutrons ■ Électrons	Certaines réactions nucléaires
Électromagnétique	10^{-2}	infini	■ Protons □ Neutrons ■ Électrons	Cohésion des molécules, des atomes, transformations chimiques, phénomènes optique, courant électrique, phénomènes magnétiques.
Gravitationnelle	10^{-38}	infini	■ Protons ■ Neutrons ■ Électrons	Poids des objets, cohésion du système solaire.

Exercice n°2 : [7]

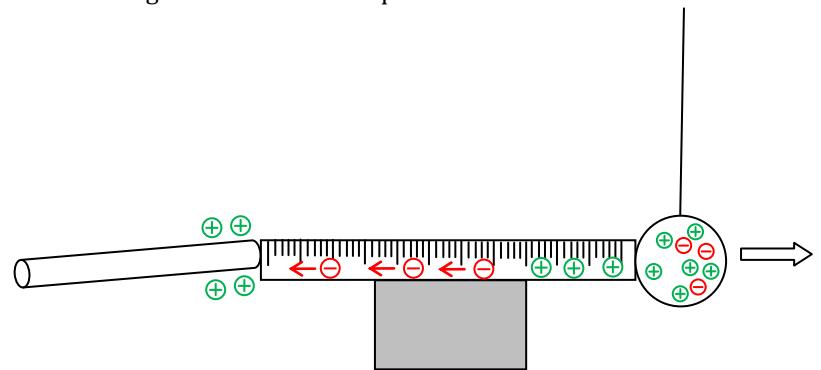
- La tige attire la boule d'aluminium.** En effet, **la tige charge la boule par influence** (phénomène de polarisation), c'est-à-dire qu'il apparaît sur la boule d'aluminium du côté de la tige des charges négatives et de l'autre côté des charges positives. Cependant **au cours de l'expérience la boule reste globalement neutre**, car **il n'y a jamais contact entre la tige et la boule**. [3]

La boule est électriquement neutre et la répartition de charge est uniforme.



La boule est polarisée à l'approche de la tige mais reste électriquement neutre.

- La boule et la règle se chargent positivement par contact.** Au bout d'un certain temps la règle et la boule portent suffisamment de charges positives pour se repousser. Lors de la charge par contact **les électrons se déplacent de la boule d'aluminium vers la règle, puis vers la tige**, car **seuls les électrons libres peuvent se déplacer dans les conducteurs**. [2,5]
- La boule portant des charges positives** (acquises lors de l'expérience n°2) **comme la tige, est donc repoussée**. [1,5]



Exercice n°3 : [17]

1. Étude de la molécule.

1.1. D'après la loi de Coulomb on a : $F_E = k \times \frac{|q_1 \times q_2|}{d^2}$, avec k : constante de la loi de Coulomb en $N \cdot C^{-2} \cdot m^2$; q_1 et q_2 : charges portées respectivement par les atomes d'hydrogène et de brome en C et d : distance entre les centres des deux des noyaux en m. Comme ici : $q_1 = +\delta$ et : $q_2 = -\delta$, on a : $F_E = k \times \frac{\delta^2}{d^2}$. [1,5]

1.2. Sens physique de l'expression littérale précédente.

1.2.1. Si les valeurs des charges $+\delta$ et $-\delta$ sont doublées, alors **la valeur de la force électrique est multipliée par 4**, car cette valeur est **proportionnelle** à la charge portée par chaque atome. [1,5]

1.2.2. Si la distance d est multipliée par quatre, alors la valeur de la force électrique est divisée par 16, car cette valeur est **inversement proportionnelle au carré** de la distance entre les deux atomes. [1,5]

1.3. $F_E = 8,99 \times 10^9 \times \frac{(2,39 \times 10^{-20})^2}{(110 \times 10^{-12})^2} \sim 4,24 \times 10^{-10} \text{ N}$.

La valeur de la force d'interaction électrique F_E est de $4,24 \times 10^{-10} \text{ N}$, soit 10^{-10} N en ordre de grandeur. [1,5]

1.4. D'après la loi de la gravitation on a : $F_G = G \times \frac{m_H \times m_{Br}}{d^2}$, avec : G : constante de la gravitation en $N \cdot kg^{-2} \cdot m^2$; m_H : masse de l'atome d'hydrogène en kg; m_{Br} : masse de l'atome de brome en kg et d : distance entre les centres des deux des noyaux en m. [2]

1.5. $F_G = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{1,67 \times 10^{-27} \times 1,34 \times 10^{-26}}{(110 \times 10^{-12})^2} \sim 1,23 \times 10^{-43} \text{ N}$. **La valeur de l'interaction gravitationnelle s'exerçant entre les deux noyaux des atomes de cette molécule est bien de $1,23 \times 10^{-43} \text{ N}$.** [1]

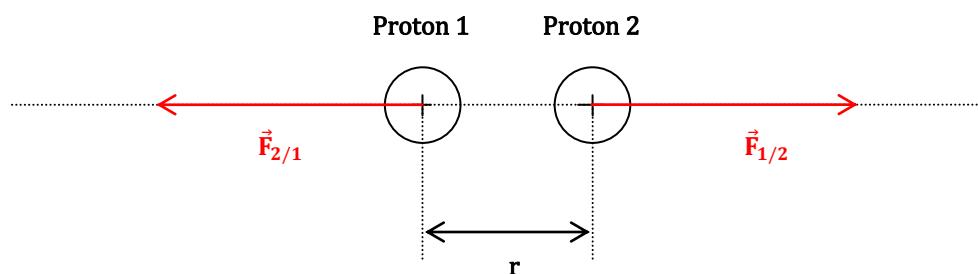
1.6. Calculons le rapport : $\frac{F_E}{F_G} = \frac{k \times \frac{\delta^2}{d^2}}{G \times \frac{m_H \times m_{Br}}{d^2}} = \frac{k \times \delta^2}{G \times m_H \times m_{Br}}$.

Application numérique : $\frac{F_E}{F_G} = \frac{8,99 \times 10^9 \times (2,39 \times 10^{-20})^2}{6,67 \times 10^{-11} \times 1,67 \times 10^{-27} \times 1,34 \times 10^{-26}} \sim 3,4 \times 10^{33} \sim 10^{33}$. On a donc : $F_E \gg F_G$; **les forces qui maintiennent la cohésion de la molécule sont les forces d'interaction électrique.** [2]

2. Étude de la cohésion du noyau de l'atome de brome.

2.1. Cette notion signifie que le **numéro atomique Z** de l'élément brome est **35**, c'est-à-dire que **le noyau** de l'atome de brome **contient 35 protons**, et que son **nombre de nucléons A** est **79**; il a donc **44 neutrons** ($A = Z + N$; $N = A - Z = 79 - 35 = 44$) [2]

2.2. On choisit comme échelle : 1 cm représente 2 N (les deux vecteurs ont donc une longueur de 3,5 cm). [1,5]



Remarque : d'après la loi de Coulomb on a : $F_{pp} = k \times \frac{e^2}{r^2}$, où e est la charge électrique portée par un proton.

$F_{pp} = 8,99 \times 10^9 \times \frac{(1,60 \times 10^{-19})^2}{(5,7 \times 10^{-15})^2} \sim 7,1 \text{ N}$. **La valeur de la force d'interaction électrique F_{pp} entre deux protons est bien de 7,1 N.**

2.3. Calculons le rapport : $\frac{F_{pp}}{F_E} = \frac{k \times \frac{e^2}{r^2}}{k \times \frac{\delta^2}{d^2}} = \frac{e^2}{\delta^2} = \frac{e^2 \times d^2}{\delta^2 \times r^2}$.

Application numérique : $\frac{F_{pp}}{F_E} = \frac{(1,60 \times 10^{-19})^2 \times (110 \times 10^{-12})^2}{(2,39 \times 10^{-20})^2 \times (5,7 \times 10^{-15})^2} \sim 1,7 \times 10^{10} \sim 10^{10}$. On a donc : $F_{pp} \gg F_E$; **les forces de répulsion électrique entre les protons des noyaux des atomes sont très supérieures aux forces d'attraction électrique entre les deux atomes de la molécule.** [1,5]

2.4. **L'interaction forte** est responsable de la cohésion des noyaux atomiques. [1]