

**NOM** : .....

**Prénom** : .....

**Classe** : .....

**NOM** : .....

**Prénom** : .....

**Classe** : .....

**1<sup>ère</sup> Spé**  
**Physique**

Thème : Mouvements et interactions	
Le interactions fondamentales	

**TP02**

**Chap.10**

	I-1 et 2 et III-1	II et III	III	I – II et III	
Compétences	S'approprier	Analyser	Réaliser	Communiquer	NOTE
Critère	A-B-C-D	A-B-C-D	A-B-C-D	A-B-C-D	...../20
Coefficient	4	4	3	4	

Critère A = 2 (aucune aide ou légère aide) ; Critère B = 1 (aide partielle)

Critère C = -1 (plusieurs aides partielles) ; Critère D = -2 (aide totale ou question non traitée)

**NOTE** =  $\text{ENT}\left(\frac{20}{4 \times \text{SCF}} \times (\text{SOMMEPROD}((\text{critère});(\text{coefficient}))+ 2 \times \text{SCF})\right)$  où ENT est la partie entière du nombre et SOMMEPROD la somme des produits entre la valeur du critère et le coefficient et SCF la somme des coefficients

➤ **But du TP** : Réaliser et interpréter des expériences mettant en jeu l'interaction électrostatique. Comparer la loi de Coulomb et la loi d'interaction gravitationnelle.

## I. Introduction

- La cohésion des différents édifices organisés de toute taille (du noyau de l'atome à la galaxie) présents dans l'Univers est due à l'existence de plusieurs interactions, appelées « **interactions fondamentales** ».

*Pour rendre compte de tous les phénomènes auxquels ils ont accès, les physiciens ont besoin de faire intervenir quatre interactions qu'ils jugent fondamentales. [...]*

*La gravitation gouverne notre vie quotidienne, de la chute des corps au mouvement des planètes. Pourtant, son intensité est incomparablement plus faible que celle des autres interactions, si bien qu'on peut la négliger à l'échelle des particules. L'interaction gravitationnelle est attractive et de portée infinie. [...]*

*L'interaction électromagnétique assure la cohésion des atomes et gouverne aussi bien les réactions chimiques que l'optique. À l'instar de l'interaction gravitationnelle, elle a une portée infinie, mais, étant tantôt attractive, tantôt répulsive (selon le signe relatif des charges en présence), ses effets cumulatifs sont annulés à grande distance du fait de la neutralité globale de la matière. [...]*

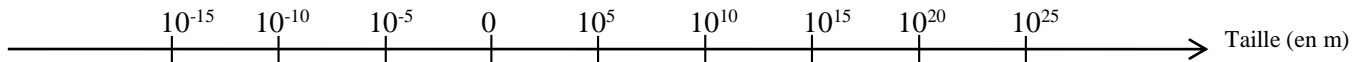
*Par quoi est combattue la répulsion électrique des protons présents au sein du noyau, qui se repoussent puisqu'ils ont des charges électriques de même signe ? Aucune force classique, ni la force électromagnétique ni la force gravitationnelle, ne peut expliquer cette cohésion nucléaire. On a donc la preuve qu'il y a ici une troisième force, qu'on a appelé l'interaction forte. Elle est très intense et de courte portée, par opposition aux forces classiques qui sont de faible intensité à l'échelle nucléaire, et de portée infinie. [...] Quant à la portée de l'interaction forte, elle est d'environ un fermi, soit un millionième de milliardième de mètre ( $10^{-15}$  m) [...]*

*De très faible portée, l'interaction nucléaire faible [...] est responsable en particulier de la radioactivité  $\beta$  [...], elle régit les réactions thermonucléaires qui permettent à notre soleil (et à toutes les étoiles) de produire l'énergie qui nous fait vivre. Sa portée est très courte, environ un millième de fermi, soit  $10^{-18}$  m. C'est donc quasiment une interaction de contact.*

D'après *Le Trésor. Dictionnaire des Sciences*, Michel Serres et Nayla Farouki, Éditions Flammarion

## Questions (S'approprier)

- 1) Surligner les différentes interactions fondamentales présentes dans le texte, puis indiquer à quelle échelle elles prédominent.



- 2) Compléter ce tableau avec les valeurs suivantes :  $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$  ;  $1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$  ;  $9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$

	électron	proton	neutron
Charge électrique (en C)			
Masse (en kg)			

## II. Interaction électrostatique

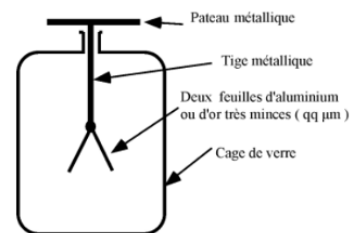
- Les phénomènes d'électrisation par frottement sont connus depuis l'antiquité : Une résine fossilisée appelée l'ambre jaune (en grec "*elektron*") acquiert par frottement la propriété d'attirer les corps légers : c'est l'électrisation. En 1733, le physicien français **Charles François DuFay** découvre que l'électricité peut être, selon l'objet frotté, de deux sortes : l'électricité résineuse et l'électricité vitreuse.
- Une décennie plus tard, l'américain **Benjamin Franklin** propose la nomenclature moderne en associant à chaque électricité le nom de charges négatives et de charges positives respectivement.

« On frotte un tube de verre pour le rendre électrique, et, le tenant dans une situation bien horizontale, on laisse tomber dessus une parcelle de feuille d'or... Sitôt qu'elle a touché le tube, elle est repoussée vers le haut, à la distance de 8 à 10 pouces et elle demeure presque immobile en cet endroit... Il demeure donc constant que les corps devenus électriques sont chassés par ceux qui les ont rendus électriques. »

Quatrième mémoire sur l'électricité, C.F. DuFay, 1733

## Expériences qualitatives (Analyser - Communiquer)

- Reproduire l'expérience de *DuFay* en remplaçant la feuille d'or par une boule d'aluminium suspendue à un fil.
- ① Frotter énergiquement un tube en PVC avec un tissu en laine (ou une *peau de chat*) et l'approcher de la boule d'aluminium.
- ② Toucher la boule avec la baguette électrisée. Eloigner la baguette puis l'approcher de nouveau de la boule.
- 1) D'où viennent les charges négatives portées par le tube en PVC lors du frottement ?
- 2) Expliquer les interactions entre le tube et la boule en aluminium (schémas).
- ③ Réaliser la même expérience avec l'**électroscope** : observer le mouvement des feuilles d'or.
- 3) Expliquer la répulsion/attraction des feuilles d'or.
- 4) En déduire le comportement de la feuille d'or dans l'expérience de *DuFay*.



## La machine de Wimshurst et le carillon électrostatique

- Au XVIII<sup>ème</sup> siècle, le savant anglais *Wimshurst* invente une machine qui permet de séparer l'électricité positive de l'électricité négative. L'accumulation des charges électriques sur chaque boule peut entraîner une tension supérieure à 250 000 V !
  - Chaque boule de la machine de *Wimshurst* est branchée à une plaque d'un carillon électrostatique, entre lesquelles est placé un pendule constitué d'une bille de bois. On actionne la machine...
  - Vidéo tournée au Lycée Zola de Rennes : Le carillon électrostatique : <https://www.youtube.com/watch?v=d8dYADCHSRI> (CNRS)
- 5) Expliquer l'apparition d'un éclair entre les 2 boules, puis le mouvement de la boule du carillon.



Machine de Wimshurst présente dans la salle Hébert au lycée Emile Zola de Rennes

### III. Comparaison entre les interactions gravitationnelle et électrostatique

- Isaac Newton est l'un des plus éminents savants ayant jalonné 2 500 ans d'astronomie (invention du télescope, découverte de la loi de la gravitation universelle...). Cette loi explique le mouvement des planètes autour du Soleil, ou la chute d'une pomme.
- Mais, pourquoi cette interaction gravitationnelle domine-t-elle l'interaction électromagnétique à l'échelle astronomique ? Étudions le texte ci-dessous pour le comprendre...

« Pourquoi les forces nucléaires sont-elles condamnées à n'opérer qu'au niveau microscopique, alors que les forces électromagnétique et gravitationnelle ont une portée illimitée ? Et pourquoi observe-t-on tant de différences entre les intensités intrinsèques de ces quatre forces ?

Pour vous faire une idée de cette différence, imaginez que vous teniez un électron dans chaque main et que vous essayiez de les rapprocher. Ces deux particules, identiques, sont chargées : elles s'attirent sous l'effet de la gravitation, mais se repoussent sous l'effet de la force électromagnétique. Laquelle des deux forces l'emporte ? Les électrons vont-ils se rapprocher ou s'éloigner ? Eh bien, c'est la répulsion qui l'emporte, et de très loin : la force électromagnétique ( $F_E$ ) est un million de milliards de milliards de milliards de fois plus forte que l'attraction gravitationnelle ( $F_G$ ).

Comment se fait-il alors que la force électromagnétique ne submerge pas la gravitation partout dans le monde qui nous entoure ? C'est que la matière est globalement neutre, composée d'autant de charges positives que de charges négatives, de sorte que les interactions électromagnétiques s'y compensent. Rien de tel pour la gravitation, puisqu'elle est toujours attractive : ajoutez de la matière, la force gravitationnelle n'en sera que plus intense. Et pourtant, la gravitation est, intrinsèquement, une force faible. ».

L'Univers élégant, Brian Greene, 2000

#### Comprendre le texte (S'approprier)

- 1) Pourquoi l'interaction électromagnétique n'intervient-elle pas à l'échelle astronomique ?

#### Interprétation (Analyser-Réaliser)

- L'ordre de grandeur d'un nombre est la puissance de 10 la plus proche du nombre.
  - La force gravitationnelle a pour expression :  $F_G = G \times \frac{m \times M}{d^2}$  avec  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$ .
- 2) Traduire la phrase soulignée par une relation numérique entre les ordres de grandeur de  $F_G$  et  $F_E$ .
  - 3) Rappeler la loi de l'attraction gravitationnelle s'exerçant entre deux électrons de masse  $m$  situés à une distance  $d$ .
  - 4) Calculer la valeur de cette force  $F_G$  en prenant  $d = 10^{-10} \text{ m}$ , distance classique à l'échelle atomique.  
Donnée : Constante universelle de gravitation  $G = 6,67.10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$ .
  - La valeur de la force électrique  $F_E$  exercée par une particule A de charge  $q_A$  sur une particule B de charge  $q_B$ , situées à une distance  $d$ , est donnée par la loi de Coulomb :

$$F_E = k \times \frac{|q_A \times q_B|}{d^2} \text{ avec } k \approx 9,0 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2} \text{ et } q_A \text{ et } q_B \text{ en coulomb et } d \text{ en mètre.}$$

- 5) Calculer la valeur de cette force s'exerçant entre les deux électrons précédents.
- 6) Ce résultat est-il compatible avec la question 2) ?

#### Conclusion (Communiquer)

- 7) Compléter le tableau ci-dessous

	Portée	Interaction attractive ou répulsive	Grandeur physique sensible à cette force	Formule de la valeur des forces
Interaction gravitationnelle				
Interaction électromagnétique				

### **Problème (Réaliser) : Types de feuille d'or**

- On trouve de la feuille d'or de différentes épaisseurs, qualités et couleurs. Malgré nos efforts pour assurer une épaisseur égale il n'est pas possible de donner plus qu'une estimation de celle-ci, d'autant plus que les feuilles d'or ont tendance à s'affiner au centre. Le chiffre estimé se situe autour d' $1/7000\text{mm}$  soit  $0,1\mu$ . C'est pour cela qu'il est plus intéressant de prendre en compte le poids par 1000 feuilles plutôt que l'épaisseur lors de l'achat de feuilles d'or. Les plus fines pèsent environ  $12\text{g}/1000$  feuilles, tandis que les plus épaisses se situent autour de  $50\text{g}/1000$  feuilles. Les diverses feuilles d'or que nous vous proposons pèsent entre  $16\text{g}$  et  $18\text{g}$  par 1000 feuilles. La poudre d'or et les flocons d'or sont produites à partir de feuilles d'or. Leur épaisseur est donc du même ordre.



Site : <http://www.delafée-decor.com/Types+de+feuilles+d%27or/fr/>

- 8) Après avoir déterminé le poids d'une fine feuille d'or, schématiser la situation où cette feuille est immobile au-dessus d'un tube en verre électrisé (d'après l'expérience de *DuFay* susmentionnée). On représentera les deux forces  $\vec{F}_G$  et  $\vec{F}_E$  s'exerçant sur la feuille. Donnée : champ de pesanteur terrestre :  $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$ .

---

### **Matériel**

Élèves	Bureau
<input type="checkbox"/> Electroscope	<input type="checkbox"/> Machine Whimshurst
<input type="checkbox"/> Potence + fil + boule en alu	<input type="checkbox"/> Carillon électrostatique + fils
<input type="checkbox"/> Matériel d'électrostatique	<input type="checkbox"/> Electroscope pour le prof