



Chapitre 1 : les interactions fondamentales

Introduction :

En classe de seconde, vous avez vu que l'on pouvait réaliser une échelle des longueurs qui allait du **domaine du nucléaire, jusqu'au domaine astronomique** en passant par les échelles atomique, microscopique, humaine.

Pour que la matière existe à toutes ces échelles, il faut qu'il y ait la cohésion de celle-ci : cette **cohésion est assurée par trois grandes interactions fondamentales** que nous allons décrire dans ce chapitre.

I Rappel sur les particules élémentaires :

1) Leurs caractéristiques :

Questions élèves :

a. *Citer moi les trois particules élémentaires.*

Protons, neutrons et électrons. Toute la matière est constituée par ces particules, à toute échelle.

b. *Peut-on rassembler deux d'entre elles ?*

Oui protons et neutrons forment les **nucléons**.

c. *Quelle est leur caractéristique de masse ? faites un tableau.*

$m_p = m_n = 1.67 \cdot 10^{-27}$ kg et $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31}$ kg (valeur exacte dans le *livre p 11*)

d. *Quelle est leur caractéristique de charge ?*

$q_p = -q_e = e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ C (Coulomb). On l'appelle la **charge élémentaire**. Et $q_n = 0$

2) L'atome et le noyau :

Questions élèves :

a. *Comment sont rangées ces particules à l'intérieur d'un atome ?*

Protons et neutrons sont localisés dans le **noyau**.

Les **électrons** sont répartis **tout autour du noyau** (cortège électronique).

Z, nombre de charge ou numéro atomique, est le **nombre de protons** mais aussi le **nombre d'électrons**.

Donc l'atome est **électriquement neutre**.

b. *Avez vous une idée des ordres de grandeur des dimensions dans un atome ?*

Diamètre atome = 10^{-10} m ; diamètre noyau = 10^{-15} m

Rq : Si une tête d'épingle représente le noyau, situé au centre d'un stade de football, l'atome s'étendrait jusqu'à la périphérie du terrain.

c. *D'après les masses vues précédemment, où se situe principalement la masse d'un atome ?*

Dans le **noyau**.



Application numérique :

Evaluez l'ordre de grandeur de la masse volumique du noyau de l'atome d'hydrogène.

L'atome d'hydrogène possède un unique proton donc :

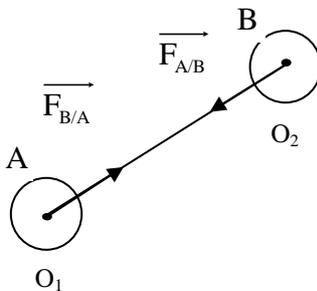
$$\rho_{\text{noyau}} = \frac{m_p}{\frac{4}{3} * \pi * r^3} \text{ avec } r = 0.5 * 10^{-15} \text{ m} \implies \rho_{\text{noyau}} = 3 * 10^{18} \text{ kg/m}^3$$

Activité documentaire n°1

II L'interaction gravitationnelle :

Cette interaction est régit par la loi de Newton (XVII^{ème} siècle) :

Deux corps sphériques et homogènes A (masse m_1) et B (masse m_2) dont les centres O_1 et O_2 sont distants de d , exercent l'un sur l'autre des **forces attractives** $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ de **même droite support** (O_1O_2) et de **même valeur**.



$$F = \frac{G * m_1 * m_2}{d^2} \quad \left\{ \begin{array}{l} F : \text{valeur commune des forces (N : newton)} \\ d : \text{distance } O_1O_2 \text{ (m)} \\ m_1 \text{ et } m_2 : \text{masse des corps (kg)} \end{array} \right.$$

G est appelée la **constante de gravitation** :
 $G = 6.67 * 10^{-11} \text{ N.kg}^{-2} . \text{m}^2$

Exercices n°6 p 23 et application numérique suivante

Application numérique :

Quelle est la valeur de la force de gravitation qui s'exerce entre la terre et la lune ?
On donne : $M_T = 5.97 * 10^{24} \text{ kg}$; $M_L = 7.53 * 10^{22} \text{ kg}$ et $d = 3.84 * 10^8 \text{ m}$.

On trouve $F = 2.03 * 10^{20} \text{ N}$

III L'interaction électromagnétique :

On ne s'intéressera ici qu'au **côté électrique** de cette interaction. Nous allons résumer ce qui a été vu dans le TP N°1 :

1) Expliquons les phénomènes d'électrisation :

➤ Que se passe t-il lorsque l'on frotte une tige avec un tissu ?

Par exemple, si on **frotte une tige de verre** avec un morceau de laine, on **arrache des électrons** de la tige qui passent sur la laine.

Le verre qui était neutre avant l'expérience possède moins de charges négatives, il est donc **chargé positivement**. (Avec l'ébonite c'est l'inverse, le bâton sera chargé négativement)

➤ Conclusion du TP N°1 :



Si un objet porte une **charge négative**, il possède un **excès d'électrons**. Si un objet porte une **charge positive**, il possède un **défaut d'électrons**.

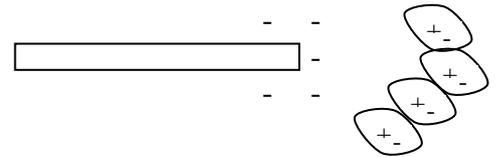
On a vu grâce au TP N°1 que deux charges de **même signe se repoussent** alors que deux charges de **signes contraires s'attirent**.

➤ Conséquence : phénomène de polarisation :

*Manipulation prof : règle frottée attire morceaux de papier.
Observations des élèves. Proposition d'explications.*

La **règle frottée** va se charger **négativement**.
Bien qu'ils soient **électriquement neutres**, les **morceaux de papier** sont **attirés** par la règle.

Il se passe un phénomène de **polarisation** : au sein des molécules de papier, il y a **déplacement de charges**. Les charges négatives sont repoussées, les positives attirées. Vu que les charges positives sont plus proches de la règle que les charges négatives, l'attraction est plus forte que la répulsion.



2) Charge électrique d'un objet :

Nous avons vu que la charge électrique d'un objet (initialement neutre) dépend de si il possède un excès ou un défaut d'électrons.

La valeur absolue de la charge de cet objet est alors nécessairement un multiple de la charge élémentaire e.

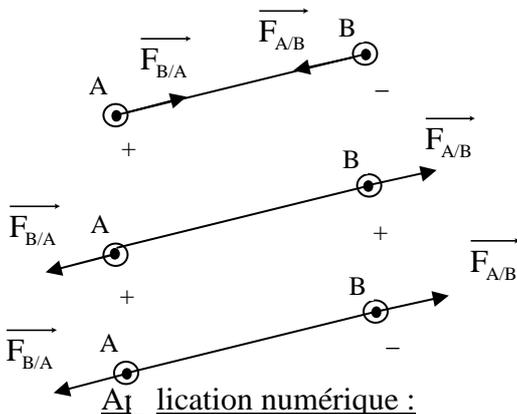
3) Loi de Coulomb :

Cette loi est celle qui régit tous les phénomènes électrostatiques :

Question élève : cette loi ressemble beaucoup à la loi de la gravitation, essayer de trouver la loi de Coulomb par analogie.

Deux objets quasi-ponctuels A (portant la charge électrique q_1) et B (de charge q_2) distants de d , exercent l'un sur l'autre des **forces $F_{A/B}$ et $F_{B/A}$ de même droite de support (AB) et de même valeur F**.

Si q_1 et q_2 sont de **même signe**, les forces sont **répulsives**, si q_1 et q_2 sont de **signes contraires**, les forces sont **attractives**.



$$F = \frac{k * |q_1| * |q_2|}{d^2} \left\{ \begin{array}{l} F : \text{valeur commune des forces (N : newton)} \\ D : \text{distance AB (m)} \\ q_1 \text{ et } q_2 : \text{Charges de A et B (C)} \end{array} \right.$$

La valeur de la constante est $k = 9.0 * 10^9 \text{ N.C}^{-2}.\text{m}^2$

Application numérique :



Comparons la valeur de la force de gravitation et de la force de Coulomb dans le cas d'un atome d'hydrogène.

Données : $d = 5.3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$

On trouve $F_g = 3.6 \cdot 10^{-47} \text{ N}$ et $F_e = 8.2 \cdot 10^{-8} \text{ N}$

Cl : Dans le domaine microscopique, la force électrique est largement prédominante.

Exercices n° 8 et 10 p 24

4) Mécanisme de la conduction de l'électricité :

➤ Conducteurs et isolants : différences :

Nous avons répondu à cette question pendant le TP.

Dans un **conducteur** (métallique), des **électrons peu liés** au noyau (électrons de **conduction**) peuvent être **animés d'un mouvement d'ensemble**.

Dans un **isolant**, cela ne peut pas être le cas puisque les **électrons sont plus fortement liés** au noyau des atomes.

Remarque :

Ce sont ces électrons de conduction qui permettent le passage d'un courant électrique dans un conducteur lorsque celui-ci est soumis à une tension.

D'après vous, se déplacent-ils vite ?

Non, quelques centimètres par seconde.

➤ Le courant peut-il passer dans un liquide ?

Certaines solutions sont **capables de conduire le courant** électrique, on les appelle des **électrolytes** (voir chapitre 2).

Ce sont alors les ions, présents dans la solution, qui sont porteurs de charge : les cations se dirigent vers la cathode (reliée à la borne négative du générateur) ; les anions se dirigent vers l'anode (reliée à la borne positive du générateur).

IV l'interaction forte :

1) Justifions son existence :

Regardons ce qu'il se passe au niveau du noyau atomique, en considérant deux protons :
Ils s'exercent entre eux :

- Une **interaction gravitationnelle, négligeable** au niveau microscopique.
- Une **force électrique répulsive** d'un ordre de grandeur de $2 \cdot 10^2 \text{ N}$ (*question élève : $d = 10^{-15} \text{ m}$*)

Si on compare cette force, à la force qui lie un électron d'un proton dans l'atome d'hydrogène, on remarque que cette force répulsive est dix milliards de fois plus intense.

En toute logique, le noyau d'un atome devrait donc exploser. **D'où l'interaction forte !**



2) Ces caractéristiques :

C'est une **force attractive** d'une valeur **mille fois plus grande** que la force répulsive ci-dessus. Elle s'exerce **indifféremment entre nucléons** mais pas entre électron et nucléon. Sa portée n'excède pas la taille du noyau.

V La cohésion de la matière à différentes échelles :

1) A l'échelle atomique et humaine :

L'interaction électromagnétique est à la base de :

- La liaison entre les électrons d'un atome et le noyau.
- La cohésion entre les anions et les cations d'un solide ionique (exemple du sel).
- a liaison chimique entre les atomes d'une même molécule.
- L'attraction entre les molécules d'un solide (explique la tension d'un fil, d'une ressort).

La **matière vivante** est cohérente aussi grâce à cette interaction.

Mais pour comprendre entièrement ces phénomènes de cohésion, il faut faire appel au domaine de la **mécanique quantique**.

2) A l'échelle astronomique :

C'est grâce au **caractère toujours attractif de l'interaction gravitationnelle**, que la cohésion des astres et des systèmes planétaires est assurée.

3) A l'échelle nucléaire :

C'est l' **interaction forte** qui intervient.