



Notions et contenus	Compétences exigibles
<p><b>Cohésion et transformations de la matière</b></p> <p>La matière à différentes échelles : du noyau à la galaxie</p> <p>Particules élémentaires : électrons, protons, neutrons</p> <p>Charge élémentaire e</p> <p>Interactions fondamentales : interactions forte et faible, électromagnétique, gravitationnelle</p>	<p>Connaître les ordres de grandeur des dimensions des différentes structures des édifices organisés</p> <p>Connaître l'ordre de grandeur des valeurs des masses d'un nucléon et de l'électron.</p> <p>Savoir que toute charge électrique peut s'exprimer en fonction de la charge élémentaire e</p> <p>Associer à chaque édifice organisé, la ou les interactions fondamentales prédominantes.</p>

## Introduction

La **matière**, que ce soit au **niveau du noyau comme de la galaxie, obéit aux mêmes lois**. L'une d'entre elles, énoncée par Newton, explique par exemple la rotation de la Lune autour de la Terre : c'est la force d'**interaction gravitationnelle**.

Mais cette interaction dite fondamentale ne suffit pas à expliquer l'organisation de la matière à différentes échelles...

Ex 3 p.174 (corrigé)

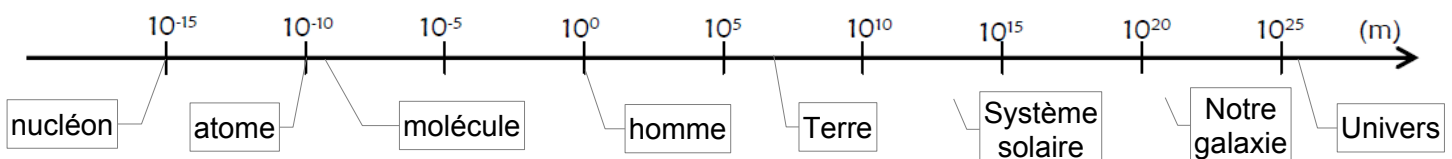
## I. La matière à différentes échelles

☞ Activité : les édifices de l'Univers

Compléter le tableau suivant : (ordre de grandeur : puissance de 10 la plus proche d'un nombre)

Structure	Système solaire	Homme	Atome	Univers (connu)	Molécule	Notre galaxie	Nucléon	Terre
Taille	12 milliards de km	1,8 m	100 pm	260 000 milliards de milliards de km	1 nm	946 millions de milliards de km	2,4 fm	12 800 km
Ordre de grandeur (m)	$10 \times 10^9 \times 10^3 = 10^{13}$	$10^0$	$10^2 \times 10^{-12} = 10^{-10}$	$10^5 \times 10^9 \times 10^9 \times 10^3 = 10^{26}$	$10^{-9}$	$10^3 \times 10^6 \times 10^9 \times 10^3 = 10^{21}$	$10^{-15}$	$10^4 \times 10^3 = 10^7$

Placer ces édifices sur la frise ci-dessous :



## II. Les constituants de la matière (rappels...)

### A. Les particules élémentaires

Dans l'univers, la matière se présente sous des **formes** et des **dimensions** bien **différentes**. Les **protons** et les **neutrons** forment avec les **électrons** les « **briques** » : ils sont présents dans tous les objets de l'univers.

Le proton, le neutron et l'électron forment, à notre niveau d'étude (quarks), les **particules élémentaires** de la matière.



☞ TP10 : Étude de phénomènes d'électrisation

à connaître : ordre de grandeur de la masse d'un nucléon :  $10^{-27}$  kg - d'un électron :  $10^{-30}$  kg

## B. Atomes, molécules et ions

Ex 5 p.175 (composition atomes), 7 p.175 (charge) ; 14 p.177 (internet)

La matière est constituée d'atomes, d'ions ou de molécules.

► Un **atome** est un édifice **électriquement neutre** constitué d'un **noyau** et d'un **nuage électronique**.

Le noyau de l'atome est symbolisé par :  ${}^A_ZX$ , A : nombre de masse (= nombre de nucléons) et Z : nombre de charge ou numéro atomique (= nombre de protons).

Exemple :  ${}^{35}_{17}\text{Cl}$  ce qui signifie que le noyau du chlore est constitué de :

- 17 protons – charge électrique :  $17 \times e$
- 35 nucléons, donc  $35 - 17 = 18$  neutrons – charge électrique : 0

L'atome de chlore étant électriquement neutre, il possède autant de protons que d'électrons, donc 17 électrons dans son nuage électronique – charge électrique :  $17 \times -e$ .

**\*\* Toute charge électrique peut s'exprimer en fonction de la charge électrique élémentaire \*\***

**Remarque :** Il existe deux principaux isotopes (même nombre de protons mais nombre de neutrons différents) stables du chlore :  ${}^{35}_{17}\text{Cl}$  et  ${}^{37}_{17}\text{Cl}$ , présents à la surface terrestre dans les proportions de 3 pour 1 respectivement et qui donnent aux atomes de chlore, une masse atomique apparente de  $35,5 \text{ g.mol}^{-1}$ .

► un **ion monoatomique** est constitué d'un atome qui a perdu ou gagné un ou plusieurs électrons.

Exemple :  $\text{Cl}^-$  : constitué à partir de l'atome de chlore qui a gagné un électron. Il est constitué de 17 protons, 18 neutrons et  $17 + 1 = 18$  électrons. Sa charge électrique est égale à  $-e = 17e + 18(-e)$ .

► une **molécule** regroupe plusieurs atomes.

## III. Les interactions fondamentales

TP10 : Étude de phénomènes d'électrisation

Ex 20 p.177 (internet)

### A. L'interaction gravitationnelle

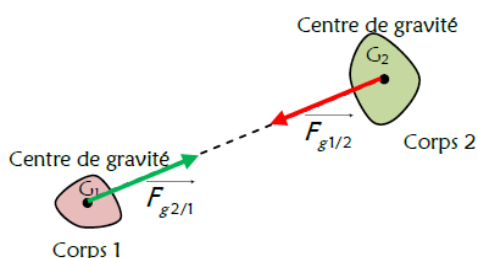
Cette force d'interaction **attractive** fut établie par l'anglais Isaac Newton en 1685, en considérant :

- Cette force est **inversement proportionnelle** au **carré de la distance** séparant les 2 corps en interaction,
- Cette force est **proportionnelle aux quantités de matière** des 2 corps en interaction
- Suivant le principe des actions réciproques, la force exercée par le 2<sup>ème</sup> corps sur le 1<sup>er</sup> est l'opposée de celle exercée par le 1<sup>er</sup> corps sur le 2<sup>ème</sup>.

$$F_{G1/2} = G \times \frac{m_1 \times m_2}{d^2}$$

Livre p.171

- $F_{G1/2}$  : force d'attraction gravitationnelle exercée par le corps 1 sur le corps 2 (en Newton : N)
- $m_1$  : masse du corps 1 (en kg) ;  $m_2$  : masse du corps 2 (en kg)
- $d$  : distance séparant les centres de gravité des deux corps (en m)
- $G$  : constante de gravitation universelle =  $6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$



**Application :** calculer l'interaction gravitationnelle exercée par la Terre sur la Lune.

(Données :  $m_T = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$  ;  $m_L = 7,53 \cdot 10^{22} \text{ kg}$  ;  $d = 384\,000 \text{ km}$ )

On trouve :  $F_{GT/L} = 2,03 \cdot 10^{20} \text{ N}$

**Remarque :** L'interaction gravitationnelle est **toujours attractive** et de **portée infinie**.

Ex 10 p.175 (corrigé) ; 22 p.178 (synthèse)

### B. L'interaction électromagnétique

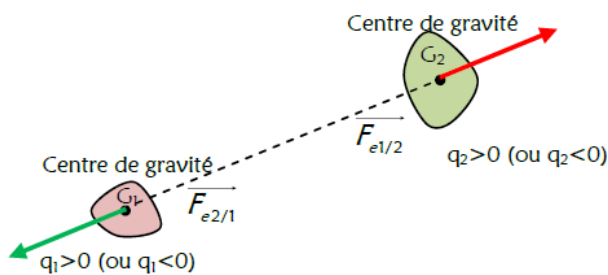
S'exerce entre les corps qui possèdent une charge électrique. Elle est à la fois électrique et magnétique. (lorsque les charges sont immobiles, on parle d'interaction électrostatique).

L'interaction électrique est décrite par la **loi de Coulomb** (établie par le français Coulomb en 1785) : cette force d'interaction peut être **attractive ou répulsive**.

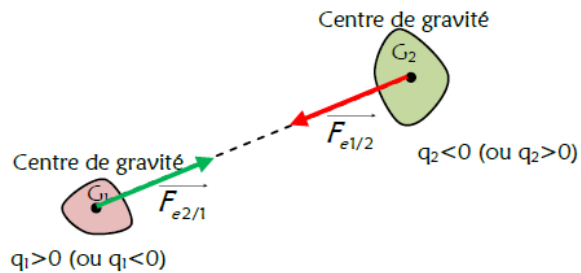
$$F_{E1/2} = k \times \frac{|q_1 \times q_2|}{d^2}$$

Livre p.171

- $F_{E1/2}$  : force d'interaction électrique exercée par le corps 1 sur le corps 2 (en Newton : N)
- $q_1$  : charge du corps 1 (en C) ;  $q_2$  : charge du corps 2 (en C)
- $d$  : distance séparant les centres de gravité des deux corps (en m)
- $G$  : constante de gravitation universelle =  $9,0 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2}$



Charges de même signe



charges de signe contraire

**Remarque** : L'interaction électrique est de **portée infinie**. Elle est :

- **attractive** lorsque les deux corps portent des **charges de signe contraire**,
- **répulsive** lorsque les deux corps portent des **charges de même signe**

**Application** : Quelles sont les forces qui s'exercent à l'intérieur d'un atome d'hydrogène (1 électron, 1 proton) ? ( $d_{p-e} = 5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ )

$$F_{G_{p/e}} = 6,67 \cdot 10^{-11} \times \frac{1,673 \cdot 10^{-27} \times 9,109 \cdot 10^{-31}}{(5,3 \cdot 10^{-11})^2} = 3,6 \cdot 10^{-47} \text{ N} \quad F_{E_{p/e}} = 9,0 \cdot 10^9 \times \frac{(1,60 \cdot 10^{-19})^2}{(5,3 \cdot 10^{-11})^2} = 8,2 \cdot 10^{-8} \text{ N}$$

La force électrostatique est prépondérante entre le noyau et l'électron de l'atome d'hydrogène.

### C. L'interaction forte

**Calcul** : Comparer  $F_g$  et  $F_e$  pour un noyau constitué de 2 protons séparés d'une distance  $d = 1,0 \cdot 10^{-15} \text{ m}$

$$F_{G_{pp}} = 6,67 \cdot 10^{-11} \times \frac{(1,673 \cdot 10^{-27})^2}{(1,0 \cdot 10^{-15})^2} = 1,9 \cdot 10^{-34} \text{ N} \quad F_{E_{p/p}} = 9,0 \cdot 10^9 \times \frac{(1,60 \cdot 10^{-19})^2}{(1,0 \cdot 10^{-15})^2} = 2,3 \cdot 10^2 \text{ N}$$

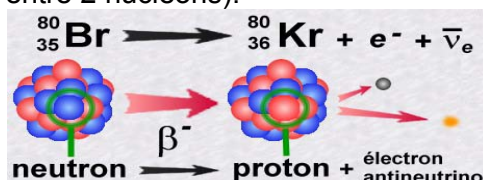
La **force électrostatique est donc prépondérante** (aussi forte que le poids d'un objet de 23 kg) entre les protons sur la force gravitationnelle. Comme elle est **répulsive** entre les protons, ceux-ci **devraient s'éloigner**.

Or le noyau est compact. La cohésion du noyau de l'atome est forcément maintenue grâce à une autre force : l'**interaction forte**. Elle est **toujours attractive et très intense** (1000 x plus intense que la force électromagnétique qu'elle doit vaincre) mais de **courte portée** ( $10^{-15} \text{ m}$ ). Son intensité est considérable et elle dominerait toutes les autres forces de la nature si son rayon d'action n'était pas aussi minuscule. Plus précisément, il s'agit d'une force qui s'exerce entre les quarks (les 3 quarks d'un nucléon s'échangent en permanence des gluons (changement de couleur des quarks)).

**Remarque** : Plus le noyau est gros (bcp de protons), plus cette interaction forte doit être intense pour contrer les forces électromagnétiques. Sinon, le noyau n'est pas stable et se désintègre : c'est la radioactivité. Le plus gros noyau naturel est l'uranium (92 protons).

### D. L'interaction faible

De **très faible portée** ( $10^{-18} \text{ m}$  – presque une interaction de contact), elle est responsable en particulier de la **radioactivité  $\beta$**  : un **électron est émis** pendant qu'un **neutron est transformé en proton** (quark d transformé en quark u grâce à un boson W-). Son **intensité est très faible** (un à dix million de fois plus faible que l'interaction forte entre 2 nucléons).



Elle régit notamment les réactions thermonucléaires qui permettent au Soleil et à toutes les étoiles de produire l'énergie. Sans elle, pas de chaleur et donc pas de vie !

Elle peut être attractive ou répulsive.

#### IV. Domaines de prédominance des interactions fondamentales

Pour résumer :

Type d'interaction	Date de la découverte	Portée	Source de l'interact.	Sens de l'interaction
Gravitationnelle	1685	Infinie	Masse	Toujours attractive
Électromagnétique	1785	Infinie	Charge électrique	Attractive ou répulsive
Nucléaire forte	Milieu du XX <sup>ème</sup> siècle	Noyau ( $10^{-15}$ m)	Nucléons	Toujours attractive
Nucléaire faible	Milieu du XX <sup>ème</sup> siècle	Noyau ( $10^{-18}$ m)	Nucléons	Attractive ou répulsive

**Échelle astronomique** : portée infinie : soit gravitationnelle, soit électrostatique. Mais la matière étant électriquement neutre, c'est l'**interaction gravitationnelle qui prédomine**.

**De l'échelle humaine à l'échelle atomique** : portée infinie nécessaire. les masses sont trop faibles pour que l'attraction gravitationnelle prédomine (je n'attire par un objet posé sur le bureau...). C'est l'**interaction électromagnétique** qui assure la **cohésion interne** des objets de faible masse.

C'est pourquoi il peut avoir n'importe quelle forme : table, corps humain ou immeuble. L'interaction électromagnétique attire deux particules de charge Q opposée (comme par exemple l'électron et le noyau atomique) et repousse deux particules de même charge. Contrairement à la gravitation, ses effets cumulatifs sont ainsi annulés à grande distance du fait de la neutralité globale de la matière: les attractions et les répulsions localisées se compensent à grande échelle.

Chaque **atome** est théoriquement neutre car il comporte autant d'électrons que de protons. En réalité, les électrons peuvent s'exciter facilement et sauter d'un atome à l'autre. Ce faisant, ils créent donc des **ions**, c'est-à-dire des atomes incomplets chargés électriquement. Ce sont ces ions qui cherchent à compléter leurs orbitales externes et qui s'accrochent entre eux. Ces ensembles d'atomes forment des **molécules** qui peuvent être très complexes et très lourdes dans le cas des constituants de la vie. En assurant la cohésion des objets grâce aux liaisons des orbitales électroniques entre atomes et entre molécules, l'interaction électromagnétique est donc à la base de la **chimie** et de la **biochimie** (ou chimie du vivant)

**Échelle nucléaire** : possibles : électromagnétique, nucléaire forte et faible. L'interaction forte est 100 à 1000 x plus intense que l'interaction électromagnétique. De plus l'interaction faible est 1 à 10 million de fois – intense que l'interaction forte. c'est donc **interaction forte qui prédomine**.

