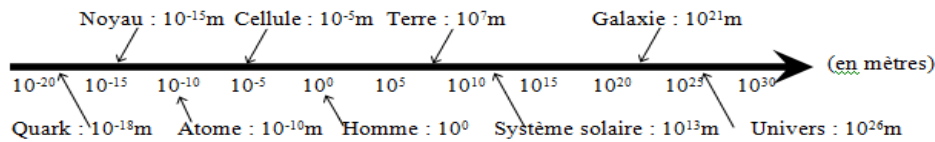


# Chapitre 1- Interactions et Cohésion de la matière

## I. Constituants de la matière

### 1. La matière à différentes échelles :



Les résultats de collisions entre particules dans les accélérateurs de particules ont démontré l'existence (dans les protons et les neutrons) des quarks.

### 2. Les particules élémentaires

Les protons, neutrons et électrons sont les 'briques élémentaires' de la matière.

- **Neutrons et protons**, considérés comme élémentaires (même s'ils sont constitués de quarks), constituent le noyau des atomes. On les appelle donc des nucléons.

Leurs caractéristiques sont les suivantes :

Masse du proton :  $1,673 \cdot 10^{-27}$  kg      Charge du proton :  $e = + 1,6 \cdot 10^{-19}$  C

Masse du neutron :  $1,675 \cdot 10^{-27}$  kg      Charge du neutron : 0 C

- **Electrons**

Masse :  $9,1 \cdot 10^{-31}$  kg      Charge :  $- e = - 1,6 \cdot 10^{-19}$  C

## II. Interactions fondamentales

Il existe 4 interactions fondamentales qui assurent la cohésion de la matière :

- au niveau du noyau : interactions forte et faible,
- à l'échelle de l'atome jusqu'à celle de l'home : l'interaction électromagnétique,
- de l'échelle de l'homme à l'échelle de l'univers : l'interaction gravitationnelle.

### 1. Interaction gravitationnelle

#### Loi de l'attraction gravitationnelle de Newton

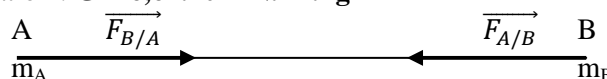
Entre deux corps ponctuels A et B, de masses respectives  $m_A$  et  $m_B$ , séparés par une distance  $d$ , il existe une interaction, modélisée par des forces d'attraction gravitationnelle  $\vec{F}_{A/B}$  et  $\vec{F}_{B/A}$  dont les caractéristiques sont les suivantes :

- direction : direction de la droite (AB)

- sens : vers le centre attracteur, A pour  $\vec{F}_{A/B}$  ; B pour  $\vec{F}_{B/A}$ .

- norme :  $F_{A/B} = F_{B/A} = G \frac{m_A \cdot m_B}{d^2}$  avec  $m_A$  et  $m_B$  en kg ;  $d$  en mètres  $F$  en Newton

$G$  : constante de gravitation :  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$



#### Remarques importantes :

Cette interaction est toujours ATTRACTIVE, elle est de portée infinie

Cette loi se généralise pour des corps non ponctuels à SYMETRIE SPHERIQUE.

## 2. Interaction électromagnétique

L'interaction électromagnétique s'exerce entre deux corps chargés électriquement : elle est à la fois de nature électrique et magnétique. L'interaction électrique est décrite par la loi de Coulomb.

Si les deux charges sont immobiles, on parle d'interaction électrostatique.

### a. Electrification d'un corps.

L'électrification est un phénomène macroscopique.

Electrifier un objet consiste

- soit à lui apporter ou lui arracher des **électrons** par **frottement**, par **contact** ou par **influence**
- soit à provoquer un déplacement interne de charges électriques.

**Convention :**

**Du PVC (ou de l'ébonite) frotté avec de la laine est chargé négativement** (des électrons ont été arrachés à la laine).

**Du verre frotté avec de la laine est chargé positivement** (des électrons ont été arrachés au verre)

**Exemples d'électrification :**

On frotte une baguette de PVC avec de la laine : la baguette est électrisée par frottement.

On approche cette baguette d'une boule de papier d'aluminium suspendue à une potence (figure 1) :

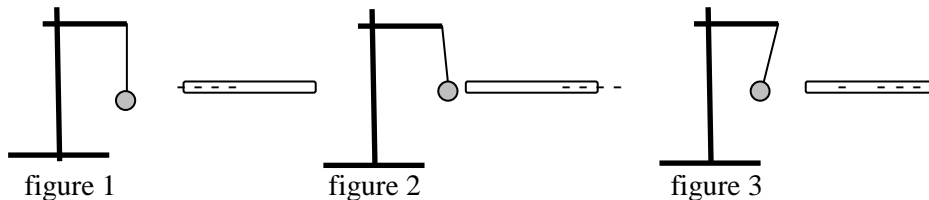
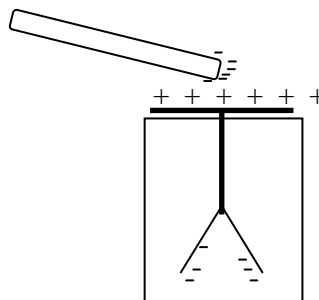


figure 2 : on approche la tige chargée de la boule de métal jusqu'au contact : les charges négatives se répartissent sur la boule et la tige : il y a eu électrisation par contact.

figure 3 : la boule et la tige portent des charges de même signe : il y a répulsion

**Electroscope :**



Lorsqu'on approche une tige chargée négativement du plateau métallique de l'électroscope, les électrons contenus dans le plateau sont repoussés au plus loin de la tige dans les deux aiguilles de l'électroscope. Ces deux aiguilles étant chargées négativement, elles se repoussent l'une l'autre et s'écartent. Il y a eu électrisation par influence.

### b. Interaction coulombienne.

#### Loi de Coulomb

Entre deux corps ponctuels A et B, portant les charges respectives  $q_A$  et  $q_B$ , séparés par une distance  $d$ , il existe une interaction, modélisée par des forces  $\vec{F}_{A/B}$  et  $\vec{F}_{B/A}$  dont les caractéristiques sont les suivantes :

- direction : direction de la droite (AB).
- sens : dépend du signe des charges.

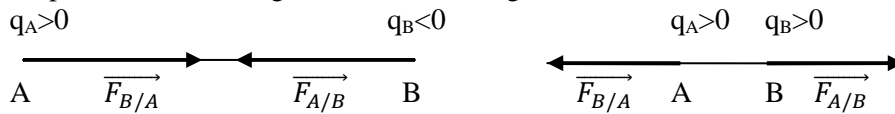
- norme :  $F_{A/B} = F_{B/A} = k \frac{|q_A| \cdot |q_B|}{d^2}$  avec  $q_A$  et  $q_B$  en kg ;  $d$  en mètres  $F$  en Newton

$k$  : constante de la loi de Coulomb :  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$  dans le vide et dans l'air.

Avec  $\epsilon_0$  la permittivité diélectrique du vide.

Ces forces sont :

- attractives si les charges sont de signes contraires
- répulsives si les charges sont de même signe.



### III. Cohésion de la matière

#### 1. Au niveau du noyau

**La cohésion du noyau est assurée par une interaction fondamentale entre les nucléons appelée interaction forte.** Elle est portée très faible ( $10^{-15}$  m) et se limite au noyau.

Au niveau du noyau, cette interaction est environ 1000 fois plus forte que l'interaction électrique.

Il existe également une autre interaction, appelée **interaction faible** (Environ  $10^6$  fois plus faible que l'interaction forte), qui intervient dans la cohésion du noyau. Sa portée est également faible ( $10^{-18}$  m). Une de ses manifestations est la radioactivité  $\beta$ .

A l'échelle des noyaux atomiques, les trois interactions coexistent mais la force d'interaction électrique est  $10^{36}$  fois plus grande que la force d'interaction gravitationnelle (le noyau devrait donc exploser) or l'interaction forte est 100 à 1000 fois plus intense que l'interaction électrique, c'est donc elle qui prédomine et qui est à l'origine de la cohésion du noyau.

#### 2. Aux autres échelles

**De l'atome à notre échelle**, la cohésion de la matière est assurée par l'interaction électromagnétique.

Aux échelles atomiques et humaines, l'interaction électrique entre le proton et l'électron d'un atome d'hydrogène est  $10^{40}$  fois plus intense que l'interaction gravitationnelle, c'est donc elle qui prédomine et assure la cohésion de la matière y compris la matière vivante.

Quand les distances augmentent, les interactions électromagnétiques s'annulent. Les objets formés occupent un volume important et sont neutres électriquement.

Seules interactions qui persistent sont les interactions gravitationnelles.

**A l'échelle de l'univers**, la cohésion de la matière est assurée par l'interaction gravitationnelle.

A l'échelle astronomique, la matière est globalement neutre et les masses mises en jeu sont considérables, c'est donc l'interaction gravitationnelle qui prédomine et qui assure la cohésion de la matière à l'échelle de l'Univers.