

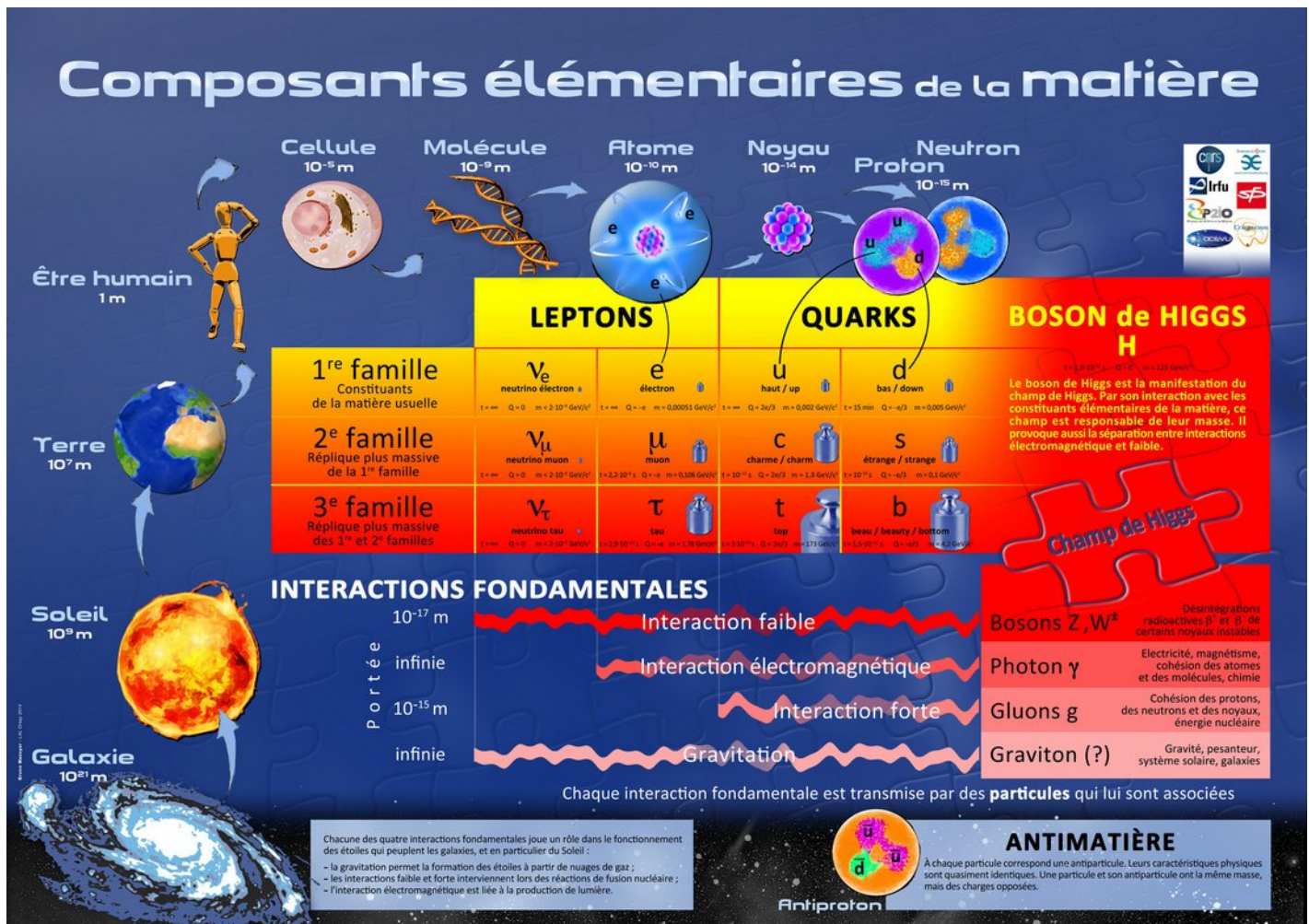
LES INTERACTIONS FONDAMENTALES ET LA COHÉSION DE LA MATIÈRE À DIFFÉRENTES ÉCHELLES

I. L'ÉTAT ACTUEL DES CONNAISSANCES

Le modèle standard pour expliquer les interactions et la cohésion de la matière.

Le modèle standard est une théorie qui décrit les particules élémentaires et leurs interactions. Il est aujourd'hui conforme à de très nombreuses observations et de très nombreux résultats expérimentaux.

La découverte en 2014 du Boson de Higgs dont l'existence avait été prédite en 1964 le place actuellement comme le modèle le plus à même de décrire notre environnement et en fait une « théorie du presque tout ».



QR_Code 1 : Les interactions fondamentales dans le modèle standard – Cliquez ou scannez

1. Quelles sont les interactions fondamentales dans le modèle standard ?
2. Comparer leurs portées respectives ?
3. Quelles en sont les particules médiatrices ?



QR_Code 2 : Présentation des particules du modèle standard – Cliquez ou scannez

II. L'INTERACTION GRAVITATIONNELLE

Ce paragraphe aborde LA VISION NEWTONIENNE de la gravitation, c'est-à-dire modélisée par une interaction vectorielle. D'autres théories plus complètes existent, notamment celle de la relativité générale d'Einstein.

- x Cette interaction existe entre deux corps DE MASSES NON NULLES.
- x C'est une interaction TOUJOURS ATTRACTIVE, elle dépend de LA MASSE des corps considérés et de la DISTANCE QUI SÉPARE LEURS CENTRES DE GRAVITÉ.

1. Expression vectorielle de l'interaction gravitationnelle

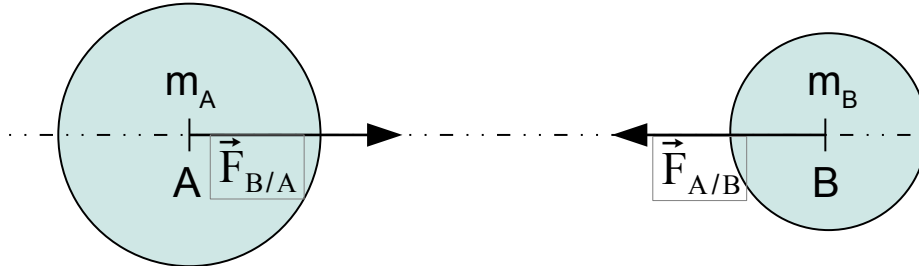


Figure 1 : Schématisation de l'interaction gravitationnelle entre deux corps

$\vec{F}_{A/B}$ signifie force exercée par le corps A sur le corps B.

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$$

$$F_{A/B} = F_{B/A} = G \times \frac{m_A \times m_B}{r^2}$$

- x m_A et m_B sont les masses des corps A et B exprimées en kilogrammes (kg).
- x r est la distance entre les centres des deux corps, exprimée en mètres (m).
- x G est la constante de gravitation universelle : $G \simeq 6,67 \cdot 10^{-11}$ SI .
- x $F_{A/B}$ et $F_{B/A}$ s'expriment en newtons (N).

1. Quelle est la signification de la notation SI ?
2. En quelle unité s'exprime la constante de gravitation G ?
3. Le rayon de l'orbite terrestre est en moyenne égale à 150 millions de kilomètres. La masse de la Terre est $M_T \simeq 5,97 \times 10^{24}$ kg , celle du Soleil est $M_S \simeq 1,99 \times 10^{30}$ kg .
 - a. Représenter sur un schéma sans soucis d'échelle de taille : le Soleil, la Terre et son orbite circulaire ainsi que la force de gravitation exercée par le Soleil sur la Terre $\vec{F}_{S/T}$.
 - b. Réécrire l'expression littérale de la force de gravitation $F_{S/T}$ en utilisant les notations de l'énoncé.
 - c. Calculer numériquement la valeur de la force de gravitation exercée par le Soleil sur la Terre.

III. CAS PARTICULIER DE L'INTERACTION ÉLECTROMAGNÉTIQUE : L'INTERACTION ÉLECTROSTATIQUE

On se limite ici à l'interaction entre charges électriques au repos, d'où le terme électrostatique.

1. Dans le modèle standard, quelles sont les particules élémentaires qui subissent l'interaction électrostatique ?
2. Quelle est la particule médiatrice de cette interaction ?
3. Quelle est la portée de cette interaction ?



QR_Code 3: Modélisation d'une interaction électrostatique dans le modèle standard

Modélisation classique de l'interaction électrostatique : loi de Coulomb

L'interaction électrostatique entre deux particules chargées peut se modéliser en mécanique classique par une interaction vectorielle. Cette modélisation porte le nom de *LOI DE COULOMB*.

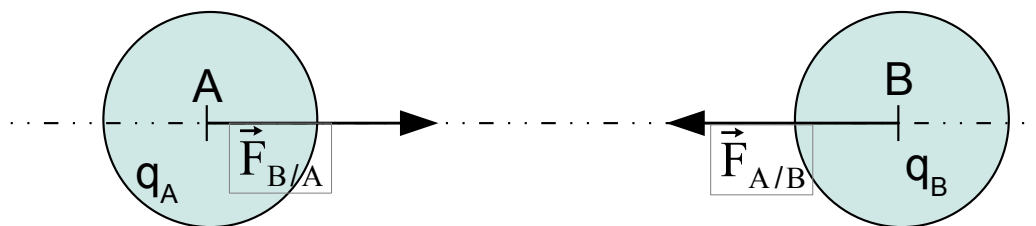


Figure 2: Schématisation de l'interaction électrostatique entre deux corps chargés (cas attractif)

L'expression mathématique de l'intensité de la force électrostatique s'exerçant entre deux particules de charges q_A et q_B est de la même forme que l'interaction gravitationnelle avec les analogies suivantes :

Interaction gravitationnelle	Interaction électrique
Masses m_A et m_B	Charges électriques q_A et q_B
Constante universelle de gravitation G	Constante k $k = 9,0 \times 10^9 \text{ SI}$

1. Compte tenu de ces remarques, donner l'expression de la loi de Coulomb qui régit l'interaction électrostatique entre deux particules chargées.
2. Quelle est l'unité de la constante k ?
3. Dans quels cas de figure l'interaction électrostatique est-elle :
 - \times attractive ?
 - \times Répulsive ?

Reproduire la figure 2 pour une interaction répulsive.

4. On considère l'atome d'hydrogène composé d'un proton et d'un électron dont les caractéristiques sont les suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} m_p \simeq 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg} \\ m_e \simeq 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg} \\ q_p = +e \\ q_e = -e \\ r_a \simeq 53 \text{ pm} \end{array} \right.$$

Calculer l'intensité de l'interaction électrostatique s'exerçant entre le proton et l'électron de l'atome d'hydrogène.

IV. LES INTERACTIONS FONDAMENTALES ET LA COHÉSION DE LA MATIÈRE

1. Comparaison des ordres de grandeur de l'interaction gravitationnelle et de l'interaction électrique dans un atome d'hydrogène

On souhaite comparer les intensités de ces deux interactions dans le cas du proton et de l'électron de l'atome d'hydrogène.

1. À l'aide des valeurs données précédemment, calculer l'intensité de l'interaction gravitationnelle s'exerçant entre le proton et l'électron de l'atome d'hydrogène.
2. Comparer les valeurs des interactions gravitationnelle et électrostatique dans le cas de l'atome d'hydrogène et conclure sur l'interaction prédominante à cette échelle.

2. L'interaction nucléaire forte au secours de la cohésion du noyau

1. Quel est l'ordre de grandeur de la distance qui sépare les centres de deux protons d'un noyau ?
2. Déterminer l'ordre de grandeur de l'interaction électrique existant entre ces deux particules. Est-elle attractive ou répulsive ?
3. L'interaction gravitationnelle est-elle significative à cette échelle ?
4. Conclure sur la nécessité d'introduire une autre interaction pour expliquer la cohésion des noyaux.

3. Interaction électrostatique dans un solide ionique - Le chlorure de césium

Le chlorure de césium de formule chimique CsCl est un solide ionique composé d'anions chlorure Cl^- et de cations césium Cs^+ disposés dans une maille cubique comme représenté sur la figure ci-contre.

On se propose d'étudier sa cohésion en comparant les interactions électrostatiques attractives et répulsives au sein de la maille.

1. Dans la maille représentée ci-contre, entre quelles entités s'exercent une interaction répulsive ? Une interaction attractive ?
2. Quelle distance sépare deux ions chlorure les plus proches ?
3. Quelle distance sépare un ion chlorure et césium ?
4. Calculer l'intensité de la force électrostatique $F_{\text{Cl}/\text{Cl}}$ s'exerçant entre deux ions chlorure.
5. Calculer l'intensité de la force électrostatique $F_{\text{Cs}/\text{Cl}}$ s'exerçant entre un ion chlorure et un ion sodium.
6. Comparer les intensités de ces deux forces et conclure quant à la cohésion du chlorure de césium en reprenant les réponses à la question 1.

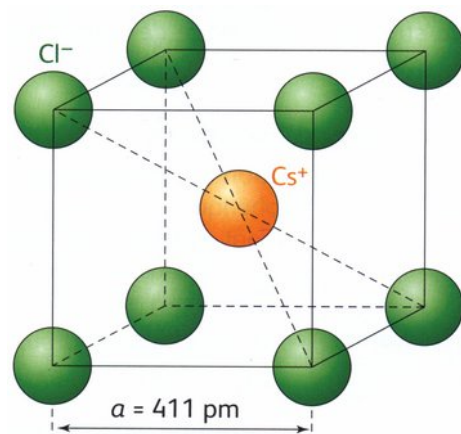


Figure 3: Maille cubique du chlorure de césium

4. Mise en solution d'un composé ionique - Interprétation microscopique

Visionnez la vidéo ci-dessous et résumez en quelques phrases simples le mécanisme à l'œuvre dans la dissolution. Indiquez en particulier l'interaction à l'œuvre dans ce processus.

Proposez des définitions pour les termes *dissociation*, *solvation* et *dispersion* qui sont les trois étapes d'une dissolution.



QR Code 4: Dissolution d'un solide ionique dans l'eau - Scannez ou cliquez