



Interactions fondamentales

📖 Chapitre 10 page 164

I. Les particules élémentaires de la matière :

L'ensemble de la matière qui nous entoure est composée uniquement à partir de trois types de particules, on les appelle particules élémentaires.

L'électron porteur d'une charge électrique négative permet aux atomes de s'accrocher les uns aux autres. C'est la particule qui joue un rôle essentiel dans les réactions chimiques.

Dans le noyau, les protons sont porteurs d'une charge électrique de valeur exactement opposée à celle de l'électron. Les protons sont légèrement plus légers que les neutrons également présents dans le noyau. Ces deux particules constitutives du noyau s'appellent des nucléons. Un nucléon est environ 1800 fois plus lourd qu'un électron.

Rappel : On appelle ordre de grandeur la puissance de 10 la plus proche du nombre $a \times 10^n$.

Si $a < 5$, l'ordre de grandeur vaut 10^n (ex : $3,2 \times 10^2$ a pour ordre de grandeur 10^2).

Si $a \geq 5$, l'ordre de grandeur vaut 10^{n+1} (ex : $6,7 \times 10^{-3}$ a pour ordre de grandeur 10^{-2}).

Q1. Après lecture du texte, compléter le tableau à l'aide des valeurs suivantes : $1,60 \times 10^{-19}$ C ; $1,673 \times 10^{-27}$ kg ; $9,109 \times 10^{-31}$ kg ; $-1,60 \times 10^{-19}$ C ; $1,675 \times 10^{-27}$ kg ; 0 C.

Particule	Masse (en kg)	Ordre de grandeur de la masse (en kg)	Charge électrique en C (en coulombs)
Électron	$m_e =$		$- e =$
Proton	$m_p =$		$+ e =$
Neutron	$m_n =$		

e est appelée charge élémentaire.

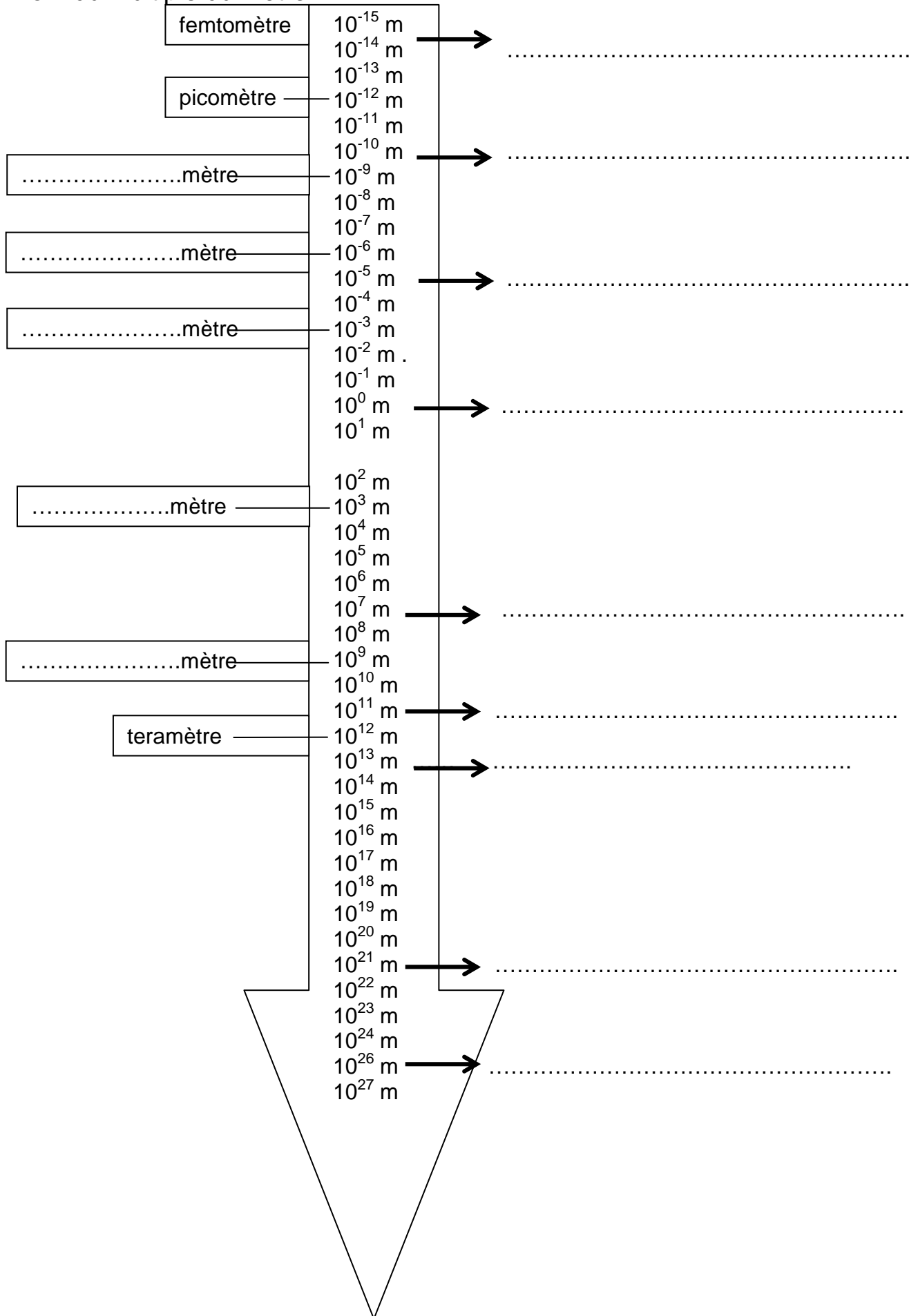
II. Les ordres de grandeur de la matière organisée :

Q2. Regarder le film « 1S-TPP4-Les_puissances_de_10.flv » puis compléter le schéma ci-après en y plaçant les ordres de grandeur des longueurs suivantes :

- Distance Terre-Soleil
- Diamètre du noyau atomique
- Taille de l'Univers observable
- Taille d'un être humain
- Diamètre d'un atome
- Diamètre d'une cellule
- Diamètre du système solaire
- Diamètre de la Terre
- Diamètre de la Galaxie

nom du multiple du mètre

longueurs :



III. L'interaction gravitationnelle :

➤ Schéma illustratif :



➤ D'après Newton, deux corps ponctuels A et B de masses respectives m_A et m_B s'attirent selon la loi de gravitation universelle :

➤ Remarques :

➤ **Application 1** : Une boule de masse $m = 1,00$ kg est située sur le sol à Paris.

Q3. Exprimer puis calculer la valeur de la force d'attraction gravitationnelle qui s'exerce entre la Terre et cette boule.

Données :

- Masse de la Terre : $M_T = 5,9736 \times 10^{21}$ tonnes,
- Rayon de la Terre à Paris : $R_T = 6373$ km,
- Constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ N.m².kg⁻².

➤ **Application 2** :

Q4. Exprimer puis calculer la valeur de la force gravitationnelle qui s'exerce entre un électron et un proton dans un atome, en considérant une distance moyenne entre le proton et l'électron $d = 1,0 \times 10^{-10}$ m.

IV. L'interaction électromagnétique :

1) Expérience :

- ❖ Toucher le plateau de l'électroscope afin de le rendre neutre électriquement.
- ❖ Frotter énergiquement une règle en plastique avec vos cheveux.
- ❖ Approcher la règle du plateau de l'électroscope, sans le toucher.

Q5. Une fois frottés, vos cheveux sont-ils attirés ou repoussés par la règle ?

Q6. Une fois frottés, vos cheveux s'attirent-ils entre eux ou se repoussent-ils ?

On considère que la règle est porteuse d'une charge électrique négative.

Q7. Quel est le signe de la charge électrique portée par les cheveux frottés ?

- ❖ Consulter l'animation « 1S-TPP4-Electroscope.swf ».

Q8. Expliquer l'apparition de charges électriques positives sur le plateau de l'électroscope.

Q9. Expliquer pourquoi l'aiguille mobile s'éloigne-t-elle de son support vertical ?


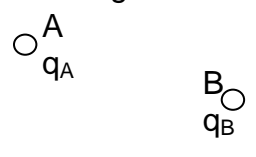
2) Loi de Coulomb :

Deux corps ponctuels A et B portant des charges électriques respectives q_A et q_B sont en interaction selon la loi :

$$F_{A/B} = F_{B/A} = k \cdot \frac{|q_A| \cdot |q_B|}{d^2}$$

avec k constante égale à $9,0 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2}$,
 q_A et q_B charges électriques en C,
 d distance entre les centres de A et B en m.

Q10. Représenter les forces $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ pour les deux situations ci-dessous.

charges de signes opposés	charges de même signe
	

Q11. Exprimer, en fonction de la charge électrique élémentaire e , puis calculer la valeur de la force électromagnétique qui s'exerce entre un électron et un proton dans un atome, en considérant à nouveau une distance moyenne entre le proton et l'électron de $d = 1,0 \times 10^{-10} \text{ m}$.

Q12. Soient un proton et un électron, on note F_G la force d'attraction gravitationnelle entre eux, calculée en Q4., et on note F_E la force d'attraction électromagnétique entre eux, calculée en Q11.

Calculer le rapport F_E/F_G . En déduire quelle est l'interaction fondamentale qui prédomine sur l'autre au niveau atomique ?

V. Interactions nucléaires forte et faible :

Lire le document 2 page167 ci-dessous.

Les interactions fondamentales

► Combien d'interactions fondamentales existe-t-il ? Quelles caractéristiques ont-elles ?

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. [...]

10 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

15 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 β [...], 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, 1997

Q13. Quelle interaction permet de « combattre » la répulsion électrique entre des protons au sein du noyau ? Quelle est sa portée ?

Q14. Quelle est la portée de l'interaction faible ?

VI. Domaines de prédominance des interactions :

Q15. Associer, par des flèches, chaque échelle à l'interaction qui y prédomine.

échelle atomique

interaction forte et faible

échelle humaine

échelle astronomique

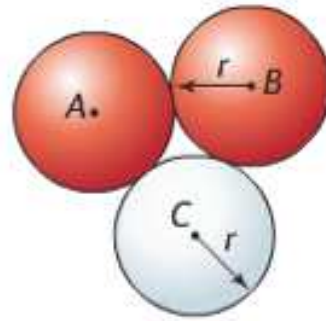
interaction gravitationnelle

échelle du noyau

interaction électromagnétique

20 Noyau d'hélium 3 page 177

Le noyau d'hélium 3 comporte deux protons A et B et un neutron C . On suppose que les centres des nucléons sont tous placés dans un même plan, ces nucléons étant jointifs.



- Déterminer la valeur de la force gravitationnelle exercée par A sur B .
- Déterminer la valeur de la force électrique exercée par A sur B .
- Calculer le rapport entre les valeurs des forces calculées et commenter le résultat.
- Représenter les protons A et B et représenter les forces d'interaction électrique $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ en indiquant l'échelle utilisée.
- Pourquoi les deux interactions gravitationnelle et électrique ne permettent-elles pas d'expliquer la cohésion du noyau d'hélium? Comment expliquer alors la cohésion du noyau d'hélium?

Données

$$m_{\text{proton}} = 1,673 \times 10^{-27} \text{ kg.}$$

$$r = 1,2 \times 10^{-6} \text{ nm.}$$

$$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2 \text{ kg}^{-2}$$

$$e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$k = 9,0 \times 10^9 \text{ N.m}^2 \text{ C}^{-2}$$