

Compétences exigibles

• Décrire les constituants de la matière.

• Connaître les quatre interactions fondamentales.

Chapitre 9 – La cohésion de la matière

(corresponds au chapitre 2-1 du livre)

1 Qu'est-ce qui est au cœur de la matière ?

Les progrès techniques du XX^e siècle ont permis d'observer la matière à des échelles de plus en plus petites, et l'identification de particules élémentaires a permis de comprendre son organisation.

Qu'appelle-t-on particules élémentaires ?

Document 1 – Évolution de la notion de particule élémentaire au fil de l'Histoire.

À notre échelle, la matière peut être fragmentée. Un mur peut être découpé en briques, les briques cassées en gravats, les gravats broyés en grains de plus en plus fins. Il est ainsi possible de continuer jusqu'au plus petit fragment de matière. Celui-ci n'est plus indivisible : on parle alors de « particule élémentaire ».

La science n'est pas faite de vérités absolues mais de questionnements, de recherches et de réponses qui évoluent au fil du temps. Ainsi, au XIX^e siècle, on parvenait tout juste à dissocier les molécules en atomes par chauffage. Les particules élémentaires étaient alors les atomes constituant ces molécules.

Par la suite, le développement de l'électricité a permis de disposer d'énergies plus importantes, capables d'extraire des électrons d'un atome. Dès lors, l'atome a perdu son statut de particule élémentaire, laissant la place à ses constituants nouvellement identifiés. Ernest Rutherford (1871-1937) a pu mettre en évidence, en 1911, l'existence du noyau atomique.

Les premiers accélérateurs de particules ont ensuite permis l'exploration du noyau atomique et l'extraction de ses constituants : les protons et les neutrons.

Au milieu du XX^e siècle, les particules élémentaires étaient donc les protons, les neutrons et les électrons.

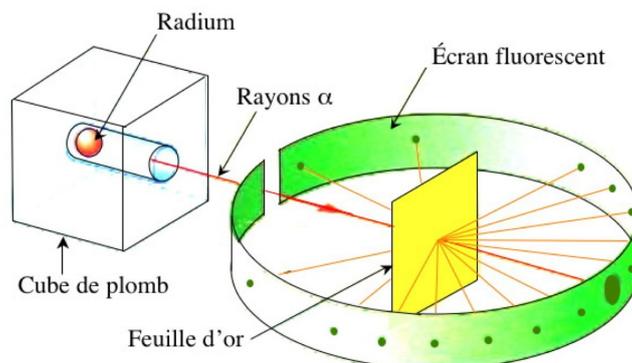
Aujourd'hui, on connaît des particules encore plus petites, dont l'étude n'est pas au programme de la classe de Première. Les modèles actuels prévoient en outre l'existence de particules qui n'ont pas encore été découvertes.

Nostalgie de la lumière, Michel Cassé, Place des éditeurs 1987.

Document 2 – L'expérience de Rutherford (uniquement pour ceux qui ne l'ont pas vu en Seconde).

En 1909, le physicien britannique Ernest Rutherford (1871-1937) poursuit ses recherches à l'Université McGill de Montréal (Canada).

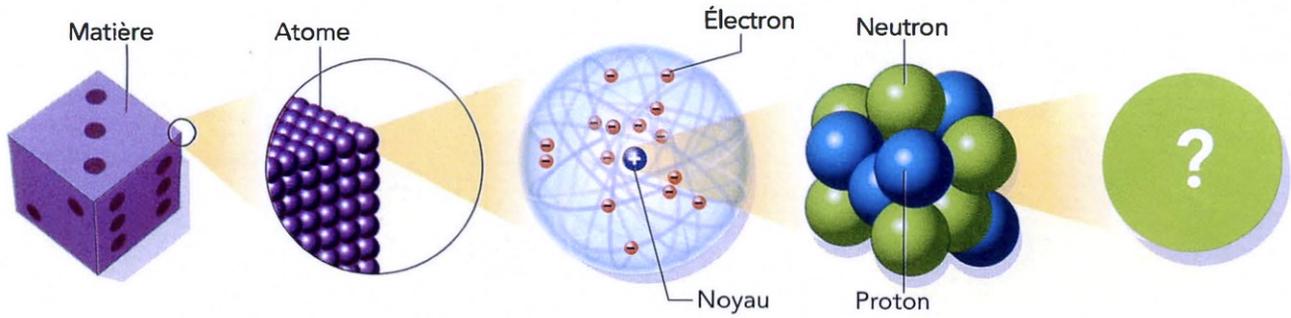
Rutherford vient juste de montrer que les particules α émises par certaines sources radioactives sont des ions hélium He^{2+} (atomes d'hélium ayant perdu deux électrons). Lors de son expérience, il bombarde des feuilles d'or de très faible épaisseur ($0,6 \mu\text{m}$) par des particules α émises par une source de radium. Les taches qui apparaissent sur un écran fluorescent lui permettent de connaître la trajectoire suivie par les particules.



Rutherford constate alors que la grande majorité d'entre elles traversent le feuille d'or sans être déviées, la tache lumineuse principale observée sur l'écran garde en effet la même intensité avec ou sans feuille d'or. Quelques impacts excentrés montrent cependant que quelques particules sont déviées. D'autres, 1 sur 25 000 environ, semblent renvoyées vers l'arrière.

En 1911, après une longue réflexion, Rutherford propose un nouveau modèle, dans lequel l'atome est constitué d'un noyau chargé positivement, autour duquel des électrons, chargés négativement, sont en mouvement et restent à l'intérieur d'une sphère. Le noyau est beaucoup plus petit que l'atome, et concentre l'essentiel de la masse. L'atome est donc essentiellement constitué de vide.

Document 3 – Fragmenter la matière.



a. Au cours des découvertes scientifiques, quelles particules ont été successivement considérées comme élémentaires ?

b. Que peut-on affirmer quant à la taille des particules ayant été successivement considérées élémentaires ?

c. Rappeler la composition d'un atome de représentation symbolique A_ZX .

d. Rechercher la signification du terme « dogme ».
La notion de particules élémentaires est-elle dogmatique ? Justifier alors la présence d'un point d'interrogation dans le document 3 ci-dessus.

2 Que sont les interactions fondamentales ?

Du noyau de l'atome à la galaxie, de nombreux édifices organisés, de toutes tailles, peuvent être observés.

Quatre interactions, appelées « interactions fondamentales », permettent de comprendre leur cohésion.

Quelles sont ces interactions fondamentales ? À quelle(s) échelle(s) chaque interaction prédomine-t-elle ?

Document 4 – Les quatre interactions fondamentales.

Dans la conception contemporaine, il faut entendre par force non seulement ce qui pousse, qui tire ou modifie le mouvement, mais aussi tout ce qui incite au changement, à la métamorphose.

La force, ou mieux l'interaction, dans l'acception physique, se définit donc comme l'agent unique de la transformation.

Les interactions sont au nombre de quatre : forte, faible, électromagnétique et gravitationnelle. Elles sont hiérarchisées en portée et en intensité.

À l'échelle du noyau atomique, l'interaction forte domine en intensité toutes les autres, dont l'interaction électromagnétique, laquelle surpasse l'interaction faible, qui elle-même laisse très loin derrière la minuscule interaction gravitationnelle.

Pourtant, cette hiérarchie microscopique ne reflète en rien l'influence de ces interactions à grande échelle. La gravitation est sans conteste dominante à l'échelle cosmique, parce qu'elle n'est compensée par aucune antigravitation, et que son intensité, bien que déclinante, s'exerce sans limite de distance. **Elle est toujours attractive et de portée infinie.** Les interactions forte et faible, par leur

portée minuscule, respectivement 10^{-15} m et 10^{-17} m, se font un royaume du noyau de l'atome.

Quant à l'interaction électromagnétique, bien que de portée infinie, elle ne saurait gouverner le vaste cosmos car, dans les grandes structures, les charges électriques positives et négatives, en nombre égal, partout se neutralisent.

Cette interaction, attractive ou répulsive, n'est pas pour autant une interaction négligeable : elle a pris possession du vaste domaine laissé vacant entre l'atome et l'étoile, qui inclut le minéral, l'animal, le végétal et l'homme.

Nostalgie de la lumière, Michel Cassé, Place des éditeurs 1987.

e. Quelles sont les quatre interactions fondamentales ?

f. Seulement deux de ces interactions interviennent à notre échelle. Expliquer pourquoi.

g. Pourquoi l'interaction gravitationnelle nous est-elle plus familière que l'interaction électromagnétique ?

h. D'après ce qui a été vu en classe de Seconde, décrire l'évolution de la valeur des forces d'attraction gravitationnelle s'exerçant entre deux corps lorsque la distance entre ces corps augmente. Expliquer alors la phrase en gras dans le texte.

3 Quelles sont les quatre interactions fondamentales ?

3.1 Les quatres interactions

Toutes les structures de l'Univers sont régies par interactions (ou forces) fondamentales :

- l'interaction ;
- l'interaction ;
- l'interaction ;
- l'interaction

Selon l'ordre de grandeur de la taille de l'édifice concerné, l'une des interactions est prédominante.

3.2 L'interaction gravitationnelle

l'interaction gravitationnelle est toujours

Elle agit entre particules ayant une masse.

Sa portée est , mais sa valeur diminue quand la distance augmente : elle est divisée par quand la distance

C'est l'interaction prédominante lorsque les objets en interaction ont des **masses** élevées. Elle explique notamment la cohésion des édifices astronomiques : à l'échelle , l'interaction gravitationnelle est prédominante.

3.3 L'interaction électromagnétique

L'interaction électromagnétique est ou Elle agit entre objets ayant une charge électrique.

Sa portée est , mais sa valeur diminue quand la distance augmente : elle est divisée par quand la distance

C'est l'interaction prédominante lorsque les objets en interaction sont **chargés**. Elle explique notamment la cohésion de l'atome. De l'échelle à l'échelle humaine, l'interaction électromagnétique est prédominante.

L'interaction électrostatique est un des aspects de l'interaction électromagnétique, elle est décrite par la loi de Coulomb, qui sera détaillée ultérieurement.

3.4 Les interactions forte et faible

L'interaction forte assure la du noyau atomique. Elle agit principalement entre les **nucléons**. Elle ne s'exerce qu'à des distances très , de l'ordre du diamètre du noyau d'un atome.

L'interaction faible est responsable de certains types de radioactivité (chapitre suivant). Sa portée est extrêmement , de l'ordre du diamètre d'un nucléon.

À l'échelle du noyau atomique, l'interaction forte est prédominante. Elle explique donc la cohésion du noyau.

Interaction	Portée	Échelle