



## I) Élémentaire... mon cher Rutherford !

### Document 1 Les particules élémentaires

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<sup>e</sup> siècle, on parvenait tout juste à dissocier les molécules

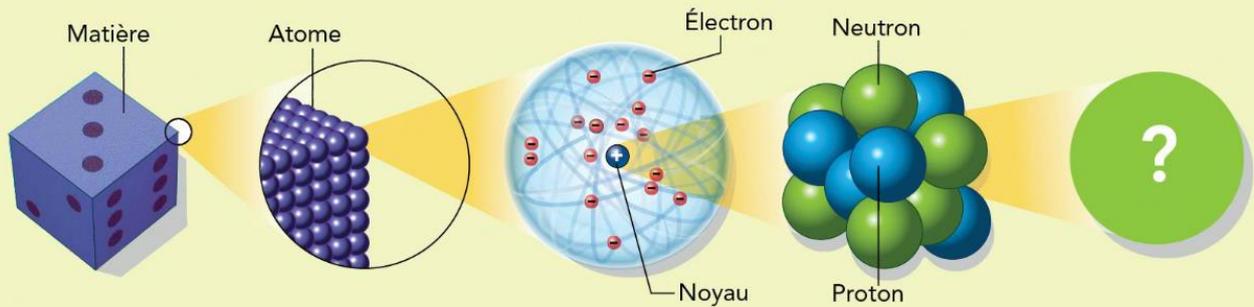
en atomes par chauffage. Les particules élémentaires étaient alors les atomes constituant ces molécules.

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<sup>e</sup> 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.



- 1) Au cours des découvertes scientifiques, quelles particules ont été successivement considérées comme élémentaires.
- 2) Rechercher (internet, manuel scolaire...) l'ordre de grandeurs de la taille des particules citées précédemment.
- 3) Rappeler la composition d'un atome de représentation symbolique  ${}^A_ZX$ .
- 4) Pourquoi dans le document 1 la structure du noyau apparaît un point d'interrogation ?
- 5) Compléter le tableau ci-dessous

Particule	Localisation dans l'atome	Charge	Masse
<b>Electron</b>			
<b>Proton</b>			
<b>Neutron</b>			

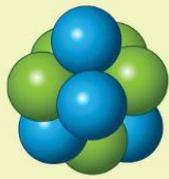
## II) Les interactions fondamentales

Après avoir lu le document 2 répondre aux questions suivantes.

- 4) Quelles sont les quatre interactions fondamentales ?
- 5) Parmi ces interactions, lesquelles interviennent à notre échelle ? Expliquer.
- 6) Pourquoi l'interaction gravitationnelle nous est-elle plus familière que l'interaction électromagnétique ?
- 7) D'après ce qui a été vu en classe de seconde, décrire l'évolution de la valeur des forces d'attractions universelles s'exerçant entre deux corps lorsque la distance entre ces corps augmente.
- 8) Classer, sur un axe gradué, les interactions en fonction de leur domaine de prédominance. Indiquer leur portée.

## Document 2 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 sont fait 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* de Michel Cassé, © Belfond, un département de Place des éditeurs, 1987.

## IV) Comparaison des interactions gravitationnelles et des interactions électromagnétiques

### Document 3 Cohésion de l'atome

Imaginez que vous teniez un électron dans chaque main et que vous essayiez de les rapprocher. Ces deux particules, identiques, sont chargées : elles s'attirent sous l'effet de la gravitation, mais se repoussent sous l'effet de la force électromagnétique. Laquelle des deux forces l'emporte ? Les électrons vont-ils se rapprocher ou s'éloigner ? Et bien, c'est la répulsion qui l'emporte, et de très loin : la force électromagnétique ( $F_E$ ) est un million de milliards de milliards de milliards de fois plus forte que l'attraction gravitationnelle ( $F_G$ ).

Comment se fait-il alors que la force électromagnétique ne submerge pas la gravitation partout dans le monde qui nous entoure ?

Extrait de *L'Univers élégant*, Brian Greene, 2000

### Document 4 Formation de molécules - Représentation de LEWIS

La valeur de la force électrique  $F_E$  exercée par une particule A de charge  $q_A$  sur une particule B de charge  $q_B$ , situées à une distance  $d$ , est donnée par la loi de Coulomb :

- $q_A$  et  $q_B$  : charge en coulomb
- $d$  : distance en mètre
- $k \approx 9,0 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2}$

$$F_E = k \times \frac{|q_A \times q_B|}{d^2}$$

L'ordre de grandeur d'un nombre est la puissance de 10 la plus proche du nombre.

- 9) Traduire la phrase soulignée par une relation numérique entre les ordres de grandeur de  $F_G$  et  $F_E$ .
- 10) Rappeler la loi de l'attraction gravitationnelle s'exerçant entre deux électrons (masses  $m$  et distants de  $d$ ).
- 11) Calculer la valeur puis l'ordre de grandeur de cette force  $F_G$  en prenant  $d = 1.10^{-10}$  m, distance classique à l'échelle atomique.

**Donnée :** Constante universelle de gravitation  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$ .

- 12) Calculer la valeur de la force électromagnétique  $F_e$  s'exerçant entre les deux électrons précédents.
- 13) Déterminer ensuite son ordre de grandeur.
- 14) Retrouve-t-on le même rapport qu'à la question 11 ?
- 15) Grace à la formule du document 4, retrouver l'unité de  $K$