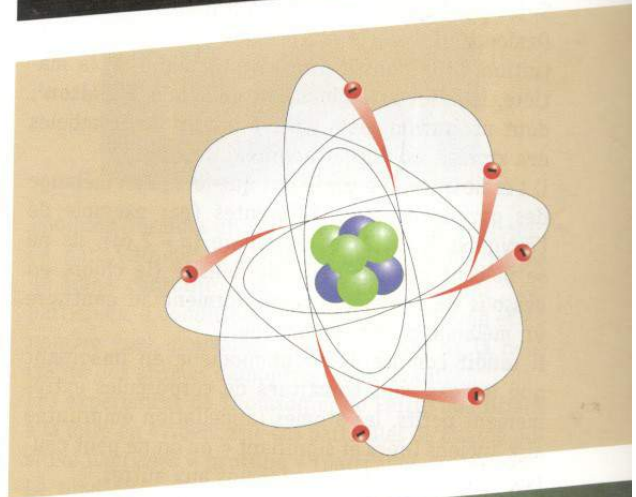
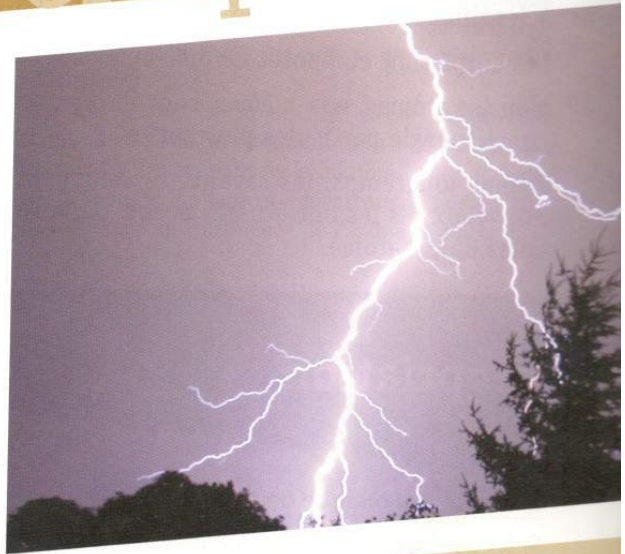


Structure des atomes et ions mono- atomiques

Au fil de l'évolution
des connaissances
et des techniques, le modèle
atomique a évolué de savant
en savant. Un de ces modèles,
le modèle de Rutherford,
a permis de mieux comprendre
la structure des atomes
et des ions.



Mise en situation

Les expériences réalisées au chapitre précédent t'ont conduit à comprendre pourquoi les scientifiques ont adopté le modèle moléculaire et le modèle atomique de la matière.

Les corps sont composés de molécules elles-mêmes constituées d'atomes.

Mais les atomes, eux-mêmes, sont-ils les particules matérielles ultimes ou sont-ils, eux aussi, constitués de particules plus petites ?

Depuis longtemps, les savants se sont posé cette question. Confrontés à des phénomènes nouveaux, ils les ont étudiés et ont pu ainsi découvrir progressivement l'existence de particules dans l'atome.

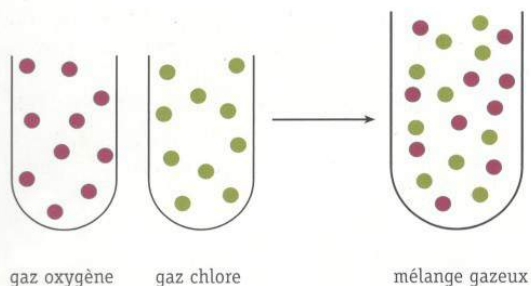
Appropriation

Le modèle atomique de Dalton

Si les philosophes grecs de l'Antiquité, Leucippe et Démocrite (V^e siècle ACN), eurent les premiers l'intuition de la constitution corpusculaire de la matière, il fallut attendre 1808 pour que **J. Dalton**¹, dont nous avons déjà parlé à propos des symboles des atomes, publie sa théorie atomique.

Il s'était interrogé sur le fait que lorsqu'on mélange des gaz de densités différentes (par exemple de l'oxygène ($d = 1,2$) et du chlore ($d = 2,6$)), ils ne se placent pas par ordre de densité (le chlore en dessous de l'oxygène), mais forment au contraire un mélange gazeux homogène.

Il rendit compte de ce phénomène en imaginant que les gaz sont constitués de corpuscules extrêmement petits, les atomes (appellation empruntée aux anciens Grecs et signifiant « qu'on ne peut couper »), qui se mélangent les uns aux autres.



¹ J. Dalton (1766-1844), chimiste anglais.

Dalton décrit les atomes comme de minuscules sphères, indivisibles et indestructibles.

Modèle d'atome de Dalton



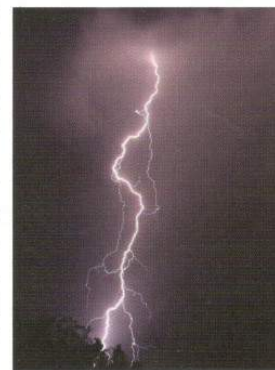
Le modèle atomique de Thomson

Tu sais que, lors d'un orage, de violents éclairs (la foudre) traversent le ciel.

Pendant longtemps les scientifiques ont cherché une explication à ce phénomène de production d'éclairs.

Le début de l'explication remonte à l'Antiquité. Il y a 2 600 ans, Thalès de Milet avait déjà remarqué que s'il frottait un bâton d'ambre jaune (résine fossilisée) avec un chiffon, l'ambre devenait capable d'attirer des corps très légers (petites plumes, cheveux...).

Pline, vers l'an 70, s'intéressa lui aussi à des phénomènes d'attraction par des corps frottés, mais ni Thalès, ni lui ne purent exploiter leurs découvertes.





Électriser par frottement.

Montrer qu'un bâton (ou une règle) en plastique ou qu'un collier d'ambre, frottés énergiquement avec un drap, deviennent capables d'attirer des confettis, alors que, non frottés, ils n'attirent rien.

Vers 1650, l'Allemand von Guericke (celui-là même qui réalisa l'expérience des hémisphères de Magdebourg prouvant ainsi la grande force de pression de l'air) observa un phénomène étonnant. Alors qu'il était en train de polir énergiquement une boule de soufre, il vit soudain jaillir une étincelle lumineuse entre le soufre et l'un de ses doigts, tout en éprouvant une légère secousse.

Ayant observé les mêmes effets plusieurs fois, il imagina une machine avec laquelle il pouvait faire tourner rapidement, grâce à une manivelle, la boule de soufre qu'il freinait ensuite avec le doigt. Il obtenait ainsi de plus fortes étincelles et de plus fortes secousses.

Mais c'est en vain que von Guericke et d'autres savants de son époque cherchèrent l'explication à ce nouveau phénomène.



Produire de petites décharges électriques.

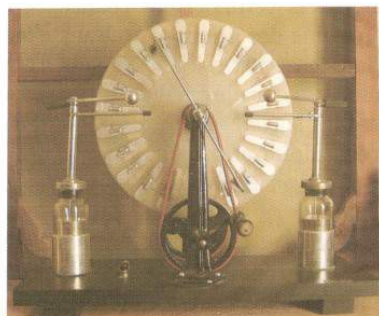
Montrer, avec une machine électrostatique (machine de Wimshurst, par exemple) actionnée à l'aide d'une manivelle, qu'on obtient, grâce aux frottements, des décharges électriques (petits éclairs) entre les bornes de cet appareil.

La production des décharges électriques fut à la base de la remise en question du modèle atomique des sphères, indivisibles et indestructibles, de Dalton qui ne pouvait rendre compte de l'émission des décharges.

Les savants de la fin du XIX^e siècle imaginèrent alors que les étincelles étaient dues à de minuscules particules s'échappant de la matière.

G. J. Stoney² les baptisa « électrons » (faisant ainsi référence au frottement de l'ambre, « electron », en grec).

Mais encore fallait-il mettre ces électrons en évidence ! Cela fut réalisé par J. J. Thomson³ et J. Perrin⁴ entre 1894 et 1897 grâce à leurs travaux sur les rayons cathodiques.



Thomson formula ensuite l'hypothèse de l'existence, dans l'atome, de particules de charge électrique de signe contraire à la charge des électrons ; ces particules, à condition d'être de même charge et en nombre égal, pouvaient rendre compte de la neutralité des atomes démontrée auparavant.

Les expériences de Thomson et de Perrin aboutirent à la mise en évidence de ces particules de charge positive baptisées « protons » (particules primitives). Le physicien allemand E. Goldstein les avait déjà découvertes en 1886, mais ne travaillant pas sur la composition de l'atome, il n'en avait fait aucune exploitation.

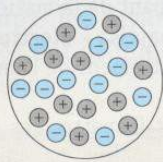
L'électron fut dès lors considéré comme la particule atomique de charge unitaire négative (e^-) et le proton comme la particule atomique de charge unitaire positive (p^+).

² G.J. Stoney (1826-1911), physicien irlandais.

³ J.J. Thomson (1856-1940), physicien anglais, prix Nobel 1906.

⁴ J. Perrin (1870-1942), physicien français, prix Nobel 1926.

Thomson se représenta l'atome comme une sphère constituée du même nombre de protons (p^+) que d'électrons (e^-), rendant compte ainsi du fait que l'atome est électriquement neutre (les charges + des protons neutralisant les charges - des électrons).



Grâce à l'histoire de l'électron et des expériences proposées, tu as certainement commencé à comprendre l'origine des éclairs. Résultant d'une forte évaporation consécutive à une période d'échauffement du sol, des cumulo-nimbus se forment et s'accumulent dans le ciel. Par frottement avec l'air, ces nuages s'électrisent et présentent ainsi des parties chargées positivement et des parties chargées négativement.

De fortes décharges électriques, les *éclairs*, se produisent entre les zones nuageuses de signes contraires, ou entre certains nuages et le sol. L'éclair, phénomène lumineux, s'accompagne d'un phénomène sonore, le tonnerre ; leur conjonction s'appelle la foudre.

Le modèle atomique de Rutherford

Les scientifiques cherchèrent alors à vérifier et à préciser le modèle atomique de Thomson en irradiant la matière avec des particules émises par des corps radioactifs.

La **radioactivité**, c'est-à-dire la propriété qu'ont certains corps (l'uranium, le radium...) d'émettre de minuscules particules sous forme de rayons, avait été découverte fortuitement par le français **H. Becquerel**⁵.

Les travaux de **Pierre et Marie Curie**⁶ sur l'étude des phénomènes radioactifs conduisirent ainsi à la découverte du polonium puis du radium en 1898.

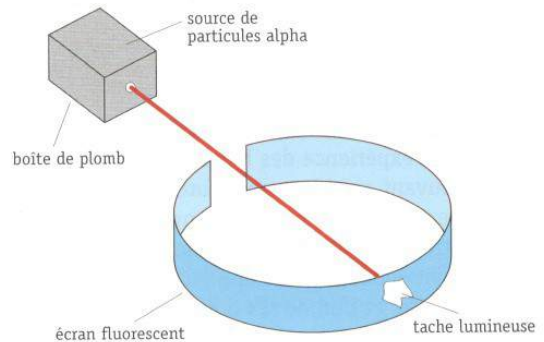
En faisant des expériences d'irradiation, l'Anglais **E. Rutherford**⁷ aboutit, avec ses collaborateurs, à un résultat remarquable.

5 H. Becquerel (1852-1908), physicien français, prix Nobel 1903.

6 P. Curie (1859-1906) prix Nobel 1903 et M. Curie (1867-1934) prix Nobel 1903 et 1911, physiciens français.

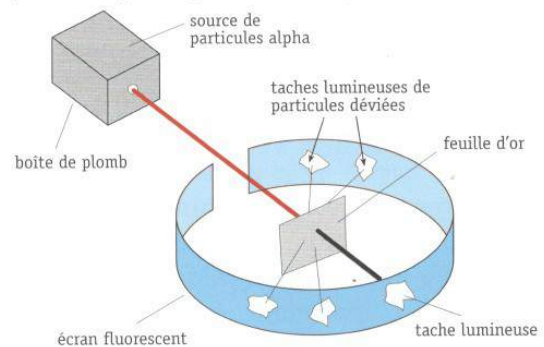
7 E. Rutherford (1871-1937), physicien anglais, prix Nobel 1908.

Comme projectiles, ils utilisèrent des « particules alpha (α) » positives très énergétiques, produites par du radium. Dans le procédé utilisé, les particules émises par le radium sont absorbées par une boîte de plomb, à parois épaisses, à l'exception d'un mince faisceau de particules qui peut sortir de façon rectiligne par un trou pratiqué dans la boîte. Ce faisceau est dirigé vers un écran fluorescent circulaire sur lequel son impact est visualisé par une tache lumineuse (voir figure ci-dessous).



Ensuite, ils interposèrent une mince feuille d'or (d'épaisseur 1.10^{-3} mm) sur le trajet des particules α positives. Ils furent très surpris d'observer que la grande majorité des particules α traversaient la feuille d'or sans être déviées.

Le reste d'entre elles semblaient ricocher contre un obstacle et subissaient de ce fait des déviations importantes (voir figure ci-dessous).

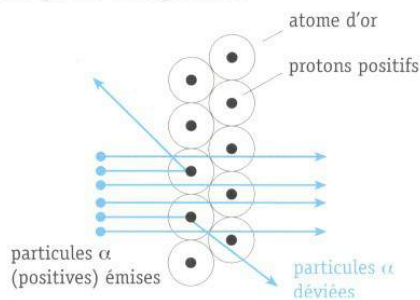


Pourrions-nous, sachant que des particules de même charge électrique se repoussent, expliquer :

- pourquoi la plupart des particules α traversent les atomes d'or sans être déviées ?
- pourquoi quelques particules α ricochent sur un obstacle en subissant des déviations importantes ?

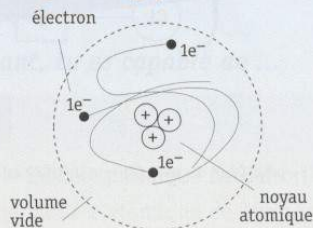
- pourquoi les électrons des atomes d'or n'ont pratiquement pas d'influence sur le mouvement des particules α ?
- pourquoi le modèle de Thomson ne peut pas rendre compte des phénomènes observés ?

De son expérience, Rutherford conclut que le modèle atomique de Thomson ne pouvait expliquer pourquoi la plupart des particules α positives poursuivaient leur trajectoire rectiligne sans être déviées. Il comprit que les rares obstacles rencontrés ne devaient occuper qu'un volume très réduit de l'espace atomique et qu'ils étaient de charge positive, puisqu'ils repoussaient avec force les projectiles positifs qui les atteignaient.



Il en déduisit aussi que les électrons devaient être dispersés dans l'espace vide et être de masse infime, puisqu'ils n'influençaient pas la trajectoire des particules α .

Rutherford se représenta l'atome comme constitué d'un très grand volume vide au centre duquel se trouve un noyau constitué de protons positifs (p^+).



Autour de ce noyau atomique se déplacent, dans le volume vide⁸, des électrons négatifs (e^-) en même nombre que les protons (p^+). L'atome est donc électriquement neutre.

8 Le cercle en pointillé indique la limite de l'espace dans lequel circulent les électrons.

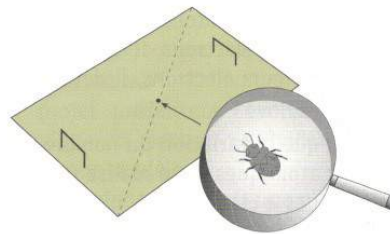
Alors que la masse du proton est $1,67 \cdot 10^{-27}$ kg, celle de l'électron est 1836 fois plus petite.

D'autres expériences permirent de déterminer que l'atome a un diamètre de l'ordre du dixième de nanomètre (10^{-10} m).

Quant au diamètre du noyau, il est 100 000 fois plus petit.

Ces informations permettent, dès lors, de conclure qu'il y a beaucoup de vide dans un atome et que sa masse est concentrée dans son noyau.

Pour te représenter cette proportion, imagine, au centre de la diagonale d'un terrain de football, une puce, d'environ 1 mm. Elle figurerait le volume du noyau, tandis que le terrain serait l'espace dans lequel évolueraient les électrons.



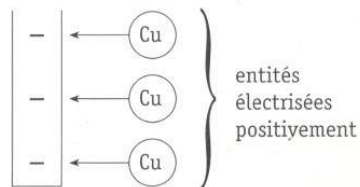
Les ions monoatomiques, des atomes chargés électriquement

Lors de l'électrolyse du chlorure de cuivre, tu as pu observer :

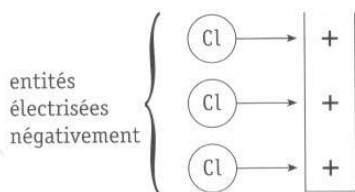
- la formation de cuivre sur l'électrode **négative** ;
- le dégagement de chlore autour de l'électrode **positive**.

Pour interpréter ces observations, nous devons imaginer que, pour pouvoir être attirés soit par l'électrode négative, soit par l'électrode positive, le cuivre et le chlore se trouvaient sous forme d'entités électrisées dans la solution.

- L'électrode négative attire les entités « cuivre » positives.



- L'électrode positive attire les entités « chlore » négatives.



Quelles sont ces entités positives ou négatives ? Les atomes étant électriquement neutres, l'obtention d'une charge positive ou d'une charge négative par ces atomes ne peut s'expliquer que par la perte ou le gain de protons (p^+) ou d'électrons (e^-).

Ainsi, si l'atome

- perd un ou plusieurs protons, il devient négatif ;
- gagne un ou plusieurs protons, il devient positif ;
- perd un ou plusieurs électrons, il devient positif ;
- gagne un ou plusieurs électrons, il devient négatif.

Or, il faut savoir que la variation du nombre de protons des noyaux atomiques ne se réalise pas lors des réactions chimiques « classiques », mais seulement lors des réactions nucléaires.

Celles-ci libèrent alors une énergie considérable, ce qui n'est pas le cas pour les réactions chimiques. Donc, lors d'une réaction chimique, la composition du noyau reste inchangée et l'obtention d'une charge électrique ne peut s'expliquer que par la perte ou le gain d'électrons.

L'atome acquiert ainsi une charge électrique positive ou négative et devient un **ion**. Cet ion est appelé plus précisément « **ion monoatomique** » puisqu'il provient d'un seul atome.



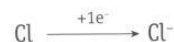
Un **ion monoatomique** est un atome chargé électriquement par la perte ou le gain d'électron(s).

La charge⁹ de l'ion est équivalent au nombre d'électrons perdus ou gagnés par l'atome.

Ainsi, par exemple, l'ion Cu^{2+} provient de l'atome Cu ayant perdu 2 électrons.

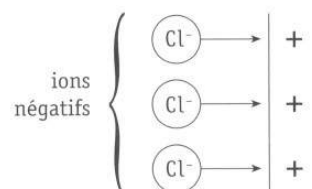
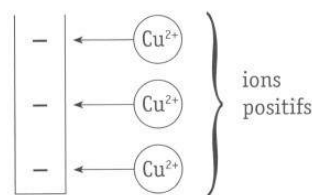


De même, l'ion Cl^- provient de l'atome Cl ayant gagné 1 électron.



Tu remarques que chaque ion est représenté par le symbole chimique de l'atome affecté d'un exposant qui en indique la charge.

Dans la solution de chlorure de cuivre, les entités « cuivre » et « chlore » électrisées, qui migrent vers les électrodes, sont des ions monoatomiques chargés respectivement positivement et négativement, soit Cu^{2+} et Cl^- , comme le montrent les schémas ci-dessous :



⁹ La charge (2+ pour Cu et 1- pour Cl) sera justifiée en 4°.

Exercices, problèmes et tâches

1 Quel modèle fut proposé

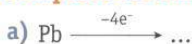
- pour expliquer la neutralité électrique d'un atome ?
- pour expliquer qu'il est facilement traversé par des particules α ?
- pour expliquer que parfois les particules α ricochent sur un obstacle ?

2 Cite le nom des scientifiques ayant œuvré à l'élaboration des modèles successifs de l'atome qui t'ont été présentés. Caractérise chacun des modèles par rapport à celui qui le précède.

3 Écris le symbole :

- d'un atome hydrogène qui a perdu un électron ;
- d'un atome iode qui a gagné un électron ;
- d'un atome aluminium qui a perdu 3 électrons ;
- d'un atome oxygène qui a gagné 2 électrons.

4 Complète les schémas suivants :



5 L'analogie du terrain de football (longueur : 110 m) et de la puce (1 mm) placée en son centre t'a permis de te faire une idée du rapport entre la dimension d'un atome et celle de son noyau. En respectant les mêmes proportions, transpose cette situation à une autre analogie.

Ainsi, quelle devrait être la longueur d'un terrain de tennis fictif sachant que la balle placée en son centre a un diamètre de 8 cm ?



6 Réalise en groupe un projet de « Poster de l'atome ».

Ce projet présentera l'évolution du modèle atomique en mettant en évidence les limites de chaque modèle.

Réserver, dans ce projet, une place à l'illustration des modèles et des scientifiques concernés.

Le plus beau projet sera mené à son terme et affiché dans le local des sciences.