

LA DÉCOUVERTE DE L'ATOME

Toute matière est composée de grains minuscules : les atomes. Les Grecs de l'Antiquité en avaient eu l'intuition, mais il a fallu attendre l'aube du XX^e siècle pour qu'on prouve définitivement leur existence...



400 ans avant Jésus-Christ. Dans la chaleur de la cité grecque d'Abdère, deux hommes ont une bien étrange conversation.

Si l'on prend une goutte d'eau et qu'on la divise en deux, ce sera encore de l'eau. Si on renouvelle l'opération...

On aura toujours de l'eau... Mais une goutte plus petite.

Oui, mais peut-on poursuivre cette division à l'infini ?

Non... Il arrivera bien un moment où les gouttes seront tellement petites, qu'on ne pourra plus les diviser.

Voilà pourquoi je soutiens que la matière est constituée d'objets insécables : les atomos*.

Leucippe et Démocrite sont deux brillants philosophes, leur raisonnement est logique. Mais une autre théorie prend le dessus cent ans plus tard, portée par deux des plus grands savants de l'Antiquité, Platon et Aristote. Ces derniers ne croient pas à l'existence d'une multitude d'atomes. Selon eux, la matière est composée de quatre éléments - l'eau, la terre, le feu et l'air -, dont les propriétés s'allient pour former toutes les choses qui existent sur Terre : le bois est ainsi constitué de terre, d'eau et d'air. La fumée d'air et de terre, la sève, deau, les cendres, de terre, etc.

Bien après la mort des deux philosophes, la théorie des quatre éléments se répand dans toute l'Europe par le biais des écrits d'Aristote. Au Moyen Âge, personne n'ose remettre en question ce savoir. Il faut attendre le XVII^e siècle et de nouveaux instruments scientifiques pour que les savants commencent à manipuler les gaz... En 1785, le chimiste français Antoine de Lavoisier fait une expérience qui met définitivement à bas la théorie antique.

*En grec ancien, atomos signifie "indivisible".

Vingt-trois ans plus tard, l'Anglais John Dalton, professeur à Manchester, n'a toujours pas la réponse à cette question.

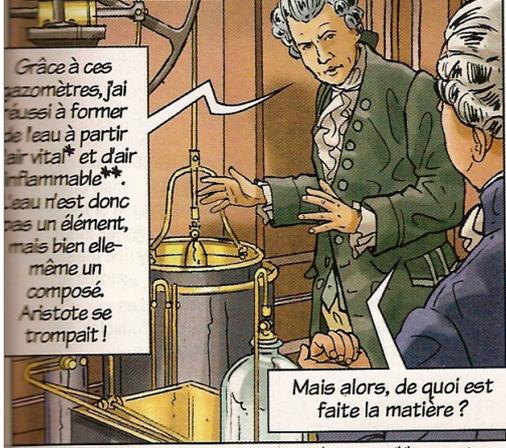
Voyez-vous, malgré l'échec de la théorie d'Aristote, je reste persuadé qu'il existe un composant commun à la matière.

Prenez l'eau et le métal, par exemple. Ils semblent n'avoir rien en commun, pourtant, lorsqu'on les chauffe ou lorsqu'on les refroidit...



Ils peuvent être tantôt liquides, tantôt solides ou tantôt prendre la forme d'un fluide élastique* !

Exact ! Et si le métal et l'eau se comportent pareillement, c'est que leur matière, selon moi, s'organise de la même manière : à partir d'un même élément.



Grâce à ces gazomètres, j'ai réussi à former de l'eau à partir de l'air vital* et d'air inflammable**. L'eau n'est donc pas un élément, mais bien elle-même un composé. Aristote se trompait !

Mais alors, de quoi est faite la matière ?



Pourquoi ?

Si diverse soit-elle, la matière présente bien des propriétés similaires...

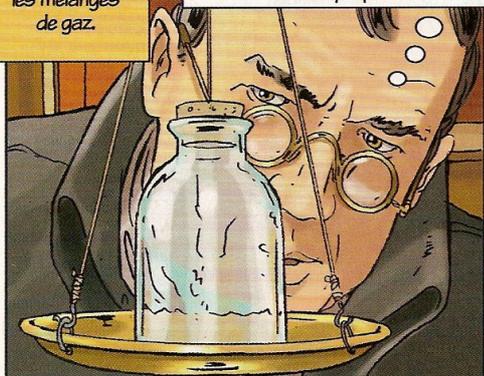
*Nom alors donné aux gaz

Encore faut-il le prouver. Ce à quoi s'attelle Dalton en étudiant les mélanges de gaz.

Tiens, ça, c'est intéressant : 1 g d'azote se combine avec 0,437 g ou 0,875 g d'oxygène... Soit exactement le double ! Ainsi, pour former un nouveau gaz, l'azote et l'oxygène s'allient toujours dans les mêmes proportions.

Et c'est la même chose pour le carbone et l'oxygène. Comme si ces éléments s'assemblaient entre eux par paquets de matière. Des paquets avec un poids différent suivant qu'il s'agisse de carbone, d'oxygène, d'azote...

Je ne vois qu'une seule explication. La matière est composée de grains de matière ! Et ces grains se combinent pour former un nouveau corps : un grain d'azote se lie ainsi avec un ou deux grains d'oxygène... Humm... Voilà qui me fait bigrement penser à la théorie de Démocrite : ces grains pourraient être ses fameux atomes...



Méthodiquement, Dalton poursuit son raisonnement avec tous les éléments connus alors, et dresse une table des atomes.

Les atomes ne diffèrent pas par leur forme, mais par leur poids : l'atome d'hydrogène est le plus léger : je lui donne le poids 1. L'oxygène pèse 7, l'azote pèse 5...

2200 ans après Démocrite, l'idée antique de l'atome est enfin reprise... Seulement, il ne s'agit plus d'un pur raisonnement, mais d'un objet bien réel, puisqu'il a un poids ! L'atome reste cependant insaisissable, il est trop petit pour être détecté par les instruments de l'époque. Impossible de savoir à quoi il ressemble...

Jusqu'à ce jour de 1897, dans le laboratoire de Joseph John Thomson à Cambridge.

Bonjour, professeur Thomson.

Vous tombez à pic, Rutherford ! Nous allons débiter notre expérience. Voyez ce tube...

Ernest Rutherford est un jeune physicien néo-zélandais, l'un des élèves préférés de Thomson, qui n'hésite pas à solliciter son avis.

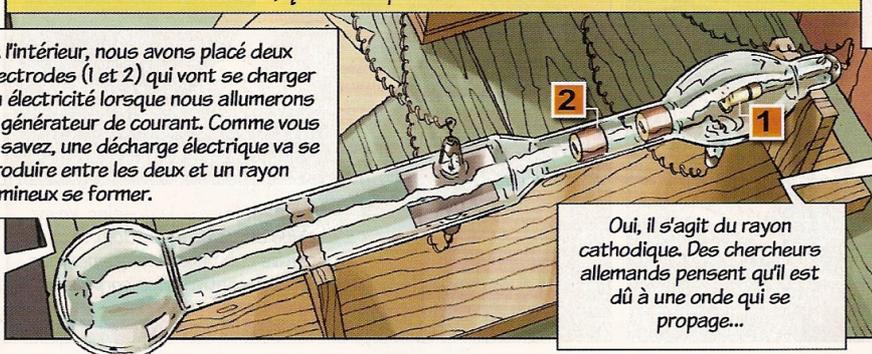
Je n'en crois rien ! Pour moi, le rayon est composé de minuscules particules : les corpuscules.

À l'intérieur, nous avons placé deux électrodes (1 et 2) qui vont se charger en électricité lorsque nous allumerons le générateur de courant. Comme vous le savez, une décharge électrique va se produire entre les deux et un rayon lumineux se former.

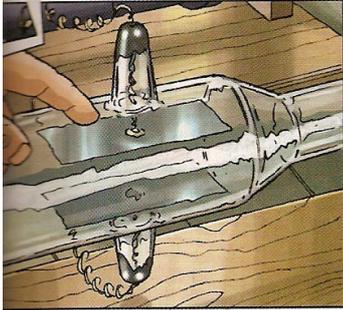
Oui, il s'agit du rayon cathodique. Des chercheurs allemands pensent qu'il est dû à une onde qui se propage...

Et vous cherchez à le prouver ?

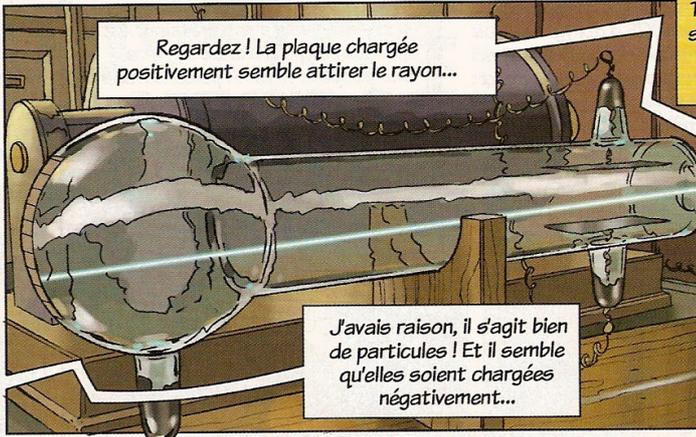
Vous avez tout compris, mon cher ! La clé, c'est d'étudier le comportement du rayon.



Nous avons ajouté ces deux plaques métalliques, l'une chargée négativement, l'autre positivement. Si le rayon est constitué de particules chargées, à coup sûr, elles seront déviées.

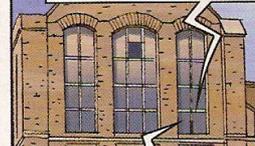


Regardez ! La plaque chargée positivement semble attirer le rayon...



Thomson cherche à en savoir plus sur ces corpuscules. En mesurant leur déviation, il parvient à calculer leur masse.

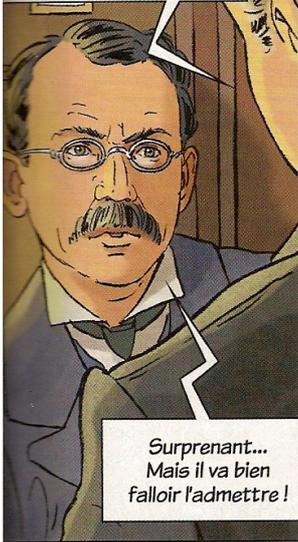
1400 fois inférieure à celle de l'atome d'hydrogène, le plus léger des atomes !



Les corpuscules seraient donc des particules plus petites que l'atome !

J'avais raison, il s'agit bien de particules ! Et il semble qu'elles soient chargées négativement...

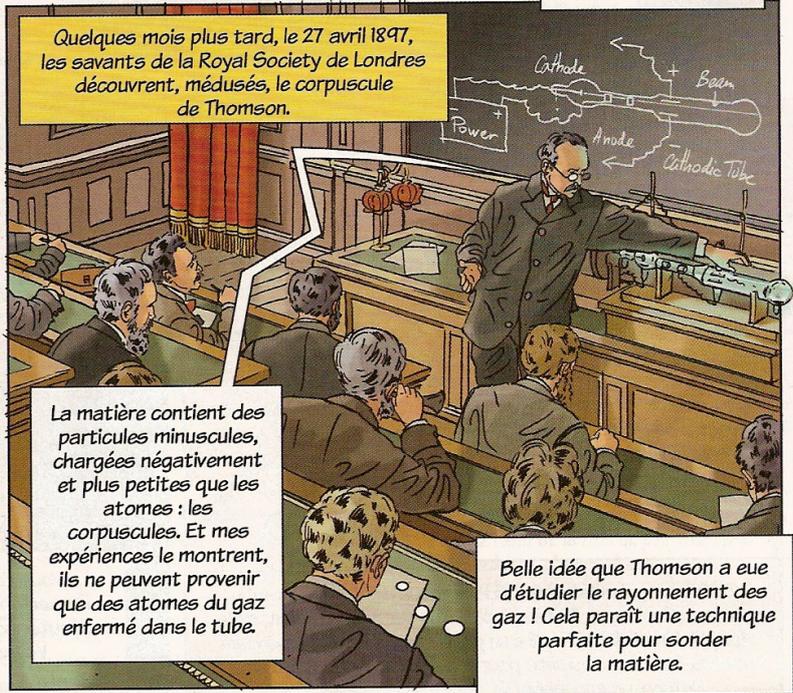
Une conclusion plutôt audacieuse. L'atome est censé être le composant ultime de la matière.



Surprenant... Mais il va bien falloir l'admettre !

Une particule plus petite que l'atome existe bel et bien. Mais d'où vient-elle ? Thomson est persuadé qu'elle est arrachée, par le courant électrique, aux atomes du gaz présent dans le tube. Il multiplie alors les expériences. Mais, que ce soit avec de l'oxygène, de l'hydrogène, ou n'importe quel gaz, il observe toujours la même déviation. Il y a donc des corpuscules dans tous les gaz ! Ces minuscules particules négatives semblent communes à toute la matière, tout comme l'atome...

Quelques mois plus tard, le 27 avril 1897, les savants de la Royal Society de Londres découvrent, médusés, le corpuscule de Thomson.



La matière contient des particules minuscules, chargées négativement et plus petites que les atomes : les corpuscules. Et mes expériences le montrent, ils ne peuvent provenir que des atomes du gaz enfermé dans le tube.

Belle idée que Thomson a eue d'étudier le rayonnement des gaz ! Cela paraît une technique parfaite pour sonder la matière.

C'est avec cette idée en tête que Rutherford décide de s'intéresser aux matériaux radioactifs, dégageant eux aussi un étrange rayonnement. Il accepte un poste à l'université Mc Gill de Montréal, au Canada. Mais avec son associé, le jeune chimiste Frederick Soddy, il continue de suivre avec attention les progrès de Thomson.



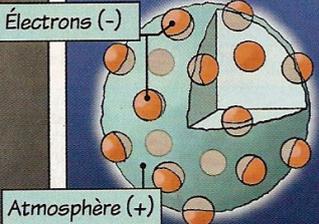
À quoi ça ressemble ?

Frederick, regardez ! Thomson propose un modèle de l'atome !



Attendez, je vous le dessine. Voyez, c'est une sorte de boule dont la charge positive compense exactement les charges négatives des corpuscules.

Les corpuscules, ou plutôt les électrons puisque c'est comme cela qu'on les appelle maintenant, sont chargés négativement. Ils baignent dans une matière vaporeuse dont la charge est positive, et que Thomson nomme atmosphère.



Bientôt surnommé « plum pudding », en référence à un gâteau anglais garni de fruits secs, le modèle de Thomson fait sensation : pour la première fois, un savant décrit l'atome, et il n'apparaît pas indissociable comme le pensaient les Grecs, mais composé de deux éléments : les électrons et l'atmosphère.



Plus tard, au domicile de Rutherford...

J'ai regardé de près le modèle de l'atome de Thomson. Je pense que nous allons pouvoir le tester...

Vous ne travaillez plus sur les particules alpha émises par les matériaux radioactifs ?

Si, justement. Elles vont nous permettre d'explorer la matière. Cette idée me trotte dans la tête depuis que nous avons découvert leur existence.

Comment cela ?

La charge des particules alpha est positive, et lorsqu'elles sont émises par le radium, ou par n'importe quel matériau radioactif, elles se comportent comme des boulets de canon. Je vais me servir de ces particules pour bombarder la matière et voir si, comme le prédit Thomson, elles sont déviées par les charges de l'atome.

Déviées ?

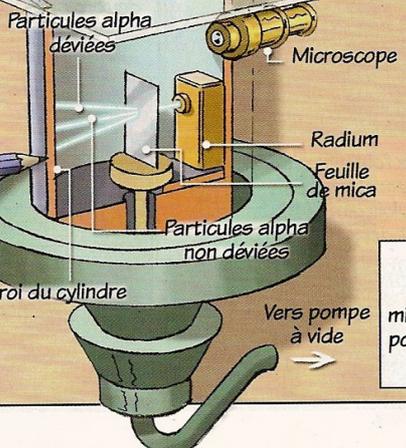
Oui, d'après le modèle du plum pudding, les particules alpha devraient pouvoir traverser l'atmosphère de l'atome... En étant juste légèrement déviées par sa charge positive.

De retour au laboratoire, Rutherford met au point son dispositif expérimental avec l'aide de Soddy.

Placez ici (a) notre radium. Les particules alpha qu'il émet vont passer par ce trou (b) et arriver dans le cylindre (c).

Comment allez-vous suivre la trajectoire ? Avec du sulfure de zinc phosphorescent.

Oui, j'en ai tapissé la paroi du cylindre... Lorsque nos particules vont s'y écraser, elle va s'illuminer.



C'est cela. J'ai placé une fine feuille de mica comme celle-ci sur la trajectoire des particules alpha. Nous allons voir si les atomes du minéral les dévient.

Il n'y a donc plus qu'à regarder dans le microscope l'écran scintiller pour reconstituer le chemin des particules !

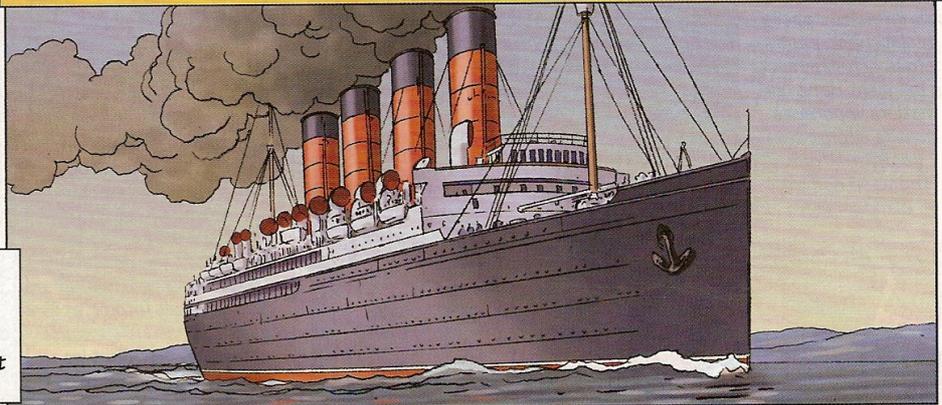
Quelques minutes plus tard...



Alors ?

C'est étrange... Quelques particules sont légèrement déviées, mais la majorité traverse les atomes du mica, comme si les charges de l'atmosphère ne les repoussaient pas. C'est comme si les particules alpha traversaient le vide, et non cette atmosphère positive.

Rutherford est intrigué. Ces résultats contredisent son ancien professeur ! C'est alors qu'on lui propose un poste à l'université de Manchester, aux côtés de la fine fleur de la recherche en physique. Le savant n'hésite pas une seconde, et, en mai 1907, il embarque pour l'Angleterre.



Dès son arrivée au laboratoire, Rutherford reprend ses travaux. Mais cette fois-ci, en guise d'obstacles, il décide d'utiliser des matériaux plus ou moins denses.



Bombardez-moi ces feuilles de métaux avec des particules alpha. Commencez par une feuille d'or, puis d'argent et enfin de lithium... Du métal le plus lourd au plus léger.

Des jours durant, ses nouveaux élèves, Hans Geiger et Ernest Marsden se relaient pour observer les scintillations. Un travail fastidieux. Jusqu'à ce que...



Professeur ! La plupart des particules alpha passent à travers... mais quelques-unes sont déviées de 90 degrés, certaines même de plus de 150 degrés. Elles rebondissent carrément !

Incroyable ! Seule une charge électrique très concentrée pourrait avoir cet effet ! Impossible qu'il s'agisse de l'atmosphère vaporeuse du plum pudding.

Geiger et Marsden testent les trois métaux. À chaque fois, une fraction des particules alpha est fortement déviée. Multipliant les expériences, ils parviennent à établir des probabilités de choc.

Une particule sur 8000 rebondit...



Avec une feuille d'or ! Si l'obstacle est une feuille d'argent, c'est deux fois moins.

Quittant l'université, Rutherford ressasse les données...

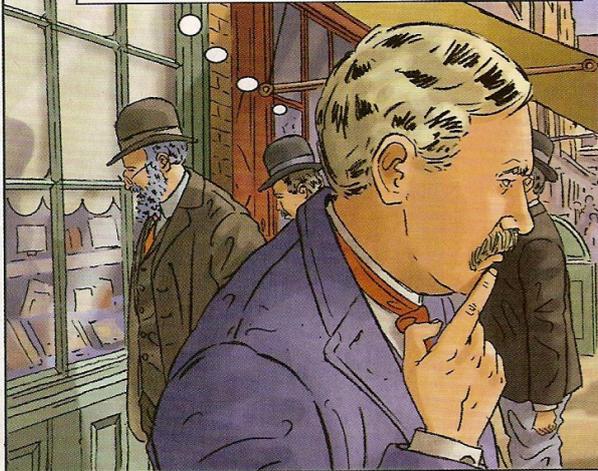


Deux fois moins de chances de rencontre... Cela pourrait vouloir dire que l'obstacle est deux fois plus petit...

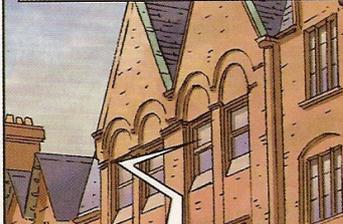
Mais bien sûr ! Dalton l'a calculé ici même : la masse de l'atome d'argent est de 107 et celle de l'or de 197. Approximativement deux fois plus ! Plus l'atome est gros, plus la particule alpha a de chances de le rencontrer... et d'être repoussée !



Mais la probabilité de collision reste quand même infime : 0,01% seulement des particules alpha sont déviées. La plupart du temps, l'atome semble vide.



Rutherford demande alors à Geiger et Marsden de multiplier les observations et de relever précisément les angles de déviation des particules alpha... Grâce à ces données, le physicien parvient en quelques mois à calculer la taille de l'obstacle.



Les particules alpha rebondissent sur un obstacle de 0,25 milliardième de millimètre. Cela ne peut pas être l'atmosphère de l'atome de Thomson, c'est bien trop petit !

Un nouveau modèle de l'atome est nécessaire. À l'automne 1910, le savant travaille à le mettre au point et, enfin, lors d'un dîner chez lui peu avant Noël...



Je sais maintenant à quoi ressemble un atome : il est en grande partie vide et composé d'une charge centrale, très petite. C'est cette charge positive qui constitue l'obstacle sur lequel rebondissent les particules alpha.

Comment ça, petite ?

Eh bien, si l'atome était grand comme la cathédrale Saint-Paul, cette charge centrale ne serait pas plus grosse qu'une tête d'épingle ! Et pourtant, selon mes calculs, elle concentre 99,9% de la masse de l'atome !

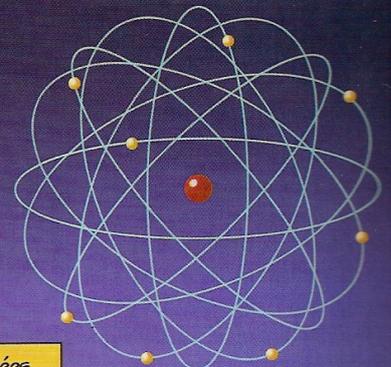


Et que faites-vous des électrons ? La charge centrale doit fortement les attirer...

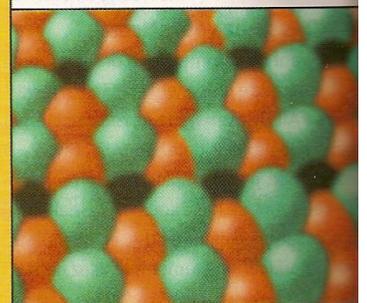
Justement, la seule solution pour qu'ils résistent à cette attraction, c'est qu'ils orbitent autour de cette charge centrale comme les planètes autour du Soleil. Leur vitesse de rotation devrait ainsi les empêcher de tomber...



En 1912, le physicien donne enfin un nom à sa fameuse charge centrale : le noyau. Quelques mois plus tard, un jeune savant, Niels Bohr, entérine son modèle, calculant que les électrons tournent autour du noyau sur des orbites précises.



Mais on découvre dans les années 1920 qu'on ne peut pas suivre les électrons à la trace dans leur trajectoire autour du noyau. Tout se passe comme si les particules formaient un nuage toujours en mouvement. Il apparaît alors impossible de donner une image exacte de l'atome. À tel point qu'aujourd'hui encore, le modèle de Rutherford en demeure la meilleure représentation... En 1981 enfin, l'atome se dévoile définitivement sur l'écran d'un ordinateur, grâce à un nouveau microscope. Les Grecs avaient raison !



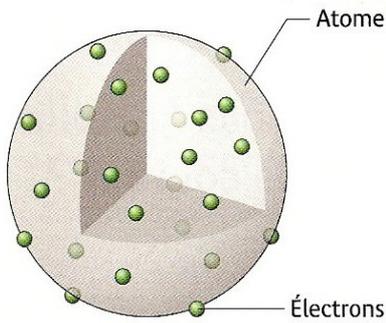


fig. 6 Dans le modèle de J. J. Thomson, l'atome est décrit comme une sphère remplie de « substance » électriquement positive et « fourrée » d'électrons négatifs immobiles.

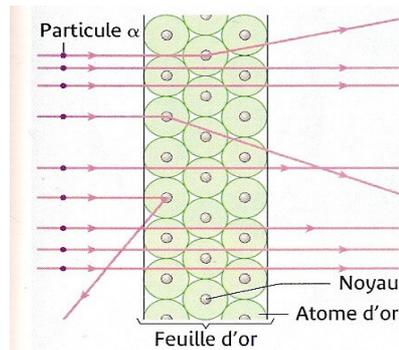


fig. 7 Illustration de l'expérience de E. Rutherford en 1910.

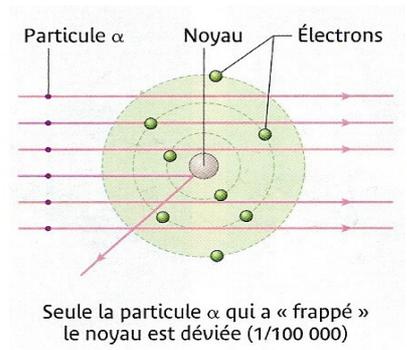


fig. 8 Le noyau est 100 000 fois plus petit que l'atome mais il est très dense : les particules α traversent les atomes sans problème, sauf celles qui frappent directement le noyau. Les électrons sont si légers qu'ils sont incapables de dévier les particules α .

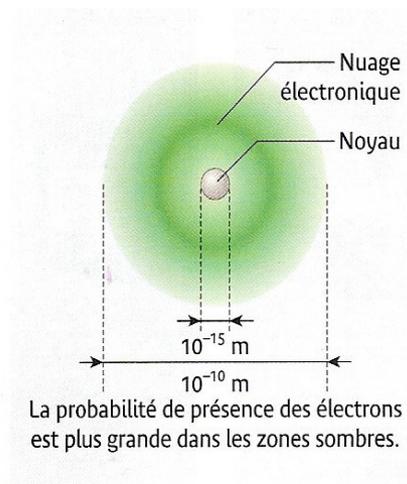


fig. 9

Répondre aux questions suivantes:

- 1) Quelles sont les deux théories qui s'opposaient dans l'Antiquité pour expliquer la constitution de la matière ? Explique en quelques mots chacune d'elle.
- 2) Quel scientifique remet en doute la théorie d'Aristote ?
- 3) Quel scientifique confirme l'hypothèse de Démocrite ?
- 4) Combien de temps la théorie d'Aristote resta-t-elle en vigueur ? Commente cette durée.
- 5) Quelle découverte Thomson fait-il en étudiant la matière ?
- 6) Décrire l'atome de Thomson.
- 7) Pourquoi E. Rutherford pouvait-il affirmer que le diamètre du noyau était très petit comparé au diamètre de l'atome entier ?
- 8) À partir des éléments de la figure 9, calculer le quotient suivant: diamètre de l'atome / diamètre du noyau. Utilise les puissances de 10 et commente ce résultat.
- 9) Si on modélise le noyau d'un atome par un ballon de football de 22 cm de diamètre. Quel serait approximativement le diamètre de l'atome ? Exprime le résultat en km. Quelle remarque peux-tu faire ?
- 10) Comment le monde scientifique procède-t-il pour améliorer le modèle atomique ?