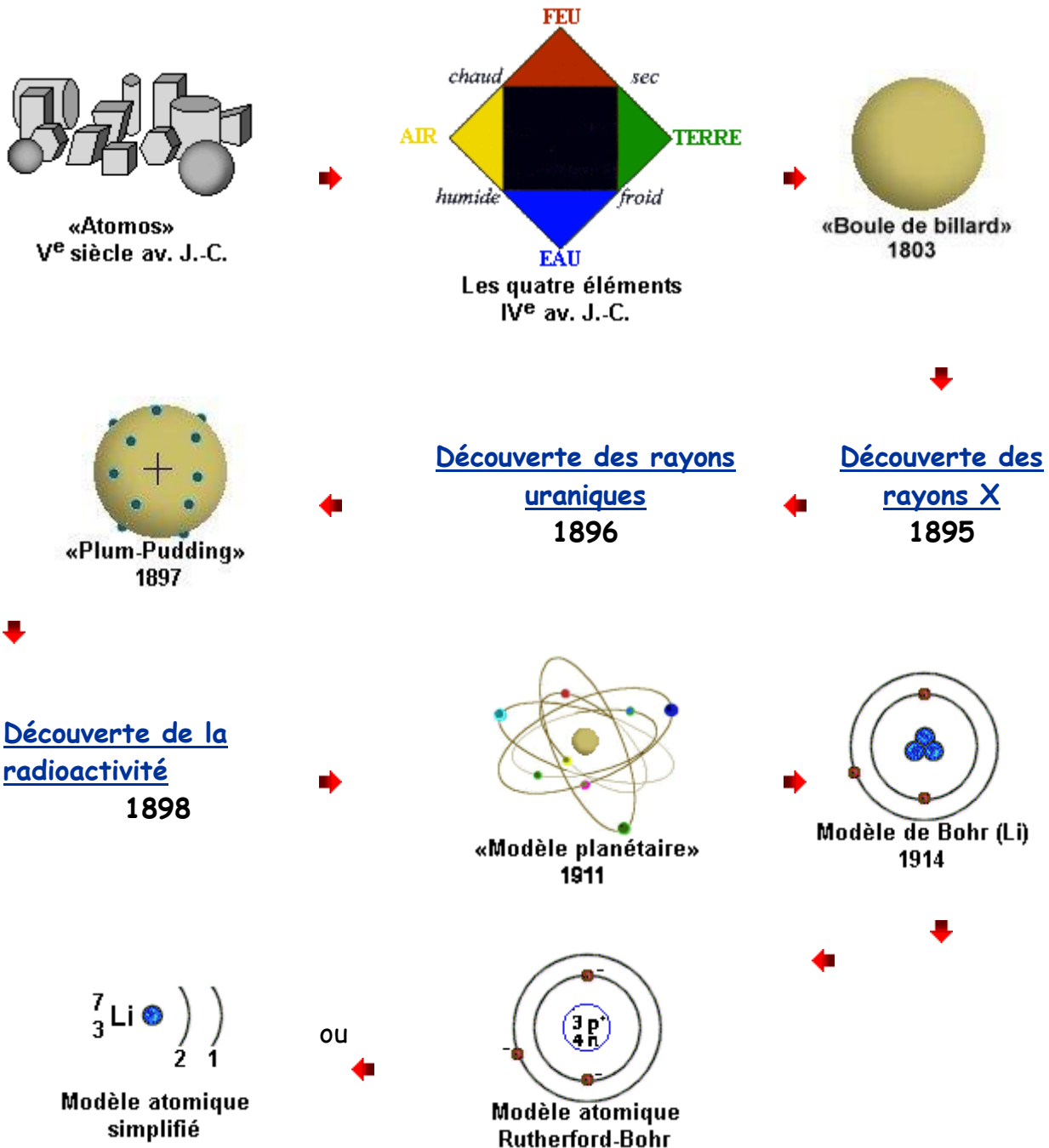


Évolution du modèle atomique

Tableau-synthèse



Carrefour atomique - Évolution du modèle atomique (Tableau-synthèse)

John Dalton

(1766 - 1844)

John Dalton, chimiste et physicien anglais, reprend et approfondit la notion d'atome de [Démocrite](#), alors délaissée depuis plus de 2 000 ans au profit de celle d'[Aristote](#). Ses conclusions résultent de ses études sur les propriétés physiques de l'air atmosphérique et des autres gaz. Une des recherches qui l'amène à formuler son hypothèse atomique est celle où il découvre que l'air est un mélange, formé principalement d'azote, d'oxygène, de gaz carbonique et de vapeur d'eau. *Ces conclusions vont à l'encontre de celles de Lavoisier qui croit que l'air est un composé.* À partir de ses travaux sur les gaz, il formule en 1801, la [loi des pressions partielles des gaz mélangés](#), mieux connue sous le nom de «la loi de Dalton».

En 1808, il publie son hypothèse atomique dans son *Nouveau système de philosophie chimique* qui se résume ainsi:

- 1. La matière est composée de particules infiniment petites et indivisibles appelées atomes.
- 2. Tous les atomes d'un même élément sont identiques; ils possèdent les mêmes propriétés et ils ont la même masse.
- 3. Les atomes d'éléments différents ne sont pas identiques ; Ils ont des propriétés et des masses différentes.
- 4. Dans les réactions chimiques, les atomes se combinent dans des rapports simples pour former de nouveaux composés («atomes composés» selon l'appellation de Dalton).

C'est la naissance de la **théorie atomique moderne**. Pour la réalisation et l'interprétation qu'il fit de ses recherches, ce grand chercheur fut surnommé le «Père de la théorie atomique». En 1808, Dalton formule aussi sa [loi des proportions multiples](#) qui s'avérera la pierre angulaire de la croyance en cette théorie. La théorie de Dalton représente un développement considérable par rapport à celle de Démocrite. Il a établi une théorie précise, basée sur l'observation, l'expérimentation et des rapports mathématiques.

Sa théorie a contribué, entre autres, à expliquer la [loi des proportions définies](#) de Proust. Elle est en accord avec la [loi de la conservation de la matière](#) de Lavoisier. Ce savant orientera aussi les travaux de plusieurs chercheurs comme Avogadro qui montrera que des volumes de gaz égaux, quelle que soit leur nature, renferment des nombres de particules égaux. Cette constatation permettra de calculer plus facilement les masses relatives des atomes.

Près de deux siècles plus tard, les fondements de la théorie atomique énoncés par Dalton sont toujours véridiques.

Cependant, son modèle, représentant l'atome comme une **sphère uniforme et indivisible** semblable à une boule de billard, subira des transformations à la fin du XIX^e siècle avec la découverte de particules négatives par [J. J. Thomson](#) qui expliquera, entre autres, le phénomène de l'électrostatique.

En résumé, la conception de la matière selon Dalton:

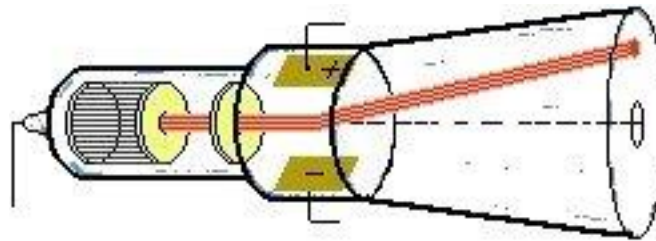
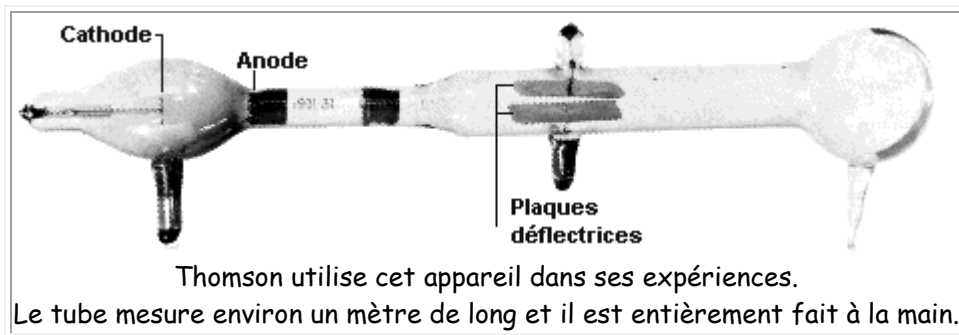
- **La matière est discontinue et composée d'atomes.**
- **L'atome est indivisible.**



Sir Joseph John Thomson

(1856 - 1940)

À la fin du XIX^e siècle, plusieurs savants dont Crookes, Perrin et le physicien anglais Joseph John Thomson poursuivent leurs expériences et étudient le comportement des rayons cathodiques en présence d'aimants et de champs électriques. Ils découvrent que ces rayons dévient en leur présence.



J. J. Thomson, fin expérimenteur doué pour interpréter des résultats, conclut que ces rayons lumineux sont des particules négatives qu'il appelle «**électrons**». **Il détermine même le rapport entre la charge électrique (e) des particules et leur masse (m):**

$$e/m = 1,76 \times 10^8 \text{ coulombs/gramme (C/g)}$$

Cette valeur ne correspond au rapport d'aucun élément connu.
L'électron constitue donc une particule à part entière, commune à tous les atomes.

Goldstein utilise le tube de Crookes modifié et découvre la présence de rayons se déplaçant vers la cathode. Thomson démontre que ces «rayons canaux» sont des **particules positives**. [Démocrite](#) et [Dalton](#) s'étaient donc trompés... Le modèle de Dalton devra être modifié: l'atome ne peut plus être considéré comme l'unité indivisible la plus petite de la matière.

En 1897, Thomson construit un modèle atomique fondé sur les résultats des expériences faites à partir du tube de Crookes. Il représente l'atome comme un «**gâteau aux raisins**»: les «raisins» sont les électrons, la «pâte» est chargée positivement et le «gâteau» est électriquement neutre. On donnera le nom de «**Plum-Pudding**» au modèle atomique de Thomson.

Ce modèle permet de ressortir une importante caractéristique de l'atome. Celui-ci est électriquement neutre. Il renferme autant de charges positives que de charges négatives. Le «Plum-Pudding»

explique les résultats obtenus en électrostatique: les phénomènes électrostatiques d'attraction et de répulsion s'expliquent par un transfert d'électrons. Toutefois, ce modèle ne peut pas expliquer pourquoi il n'y a que les électrons qui peuvent être perdus et pourquoi l'atome ne perd pas ou ne gagne pas de charges positives.

L'électronique voit le jour grâce à l'invention de Crookes. Le téléviseur, l'écran d'ordinateur, le fluorescent et les autres types d'écrans cathodiques ne sont que des versions améliorées des types de Crookes et du dispositif créé par Thomson pour faire dévier les électrons à l'aide d'un champ électrique.

La conception du modèle atomique s'améliore constamment. L'atome n'est plus la particule ultime de la matière comme au début du XIX^e siècle.

Les découvertes de la fin du siècle sont nombreuses et chacune en entraîne une autre. Ainsi, à partir d'expériences avec le tube de Crookes, les rayons X de [Röntgen](#) ont permis la découverte des rayons uraniques par [Becquerel](#). Parallèlement, Thomson découvre les électrons. Cette série impressionnante de découvertes permettra de franchir un énorme pas vers le cœur de la matière. Ces rayonnements conduiront les [Curie](#) à la découverte de la radioactivité. De plus, les expériences de [Rutherford](#) avec une feuille d'or contribueront à peaufiner le modèle atomique par la découverte du noyau atomique.

En résumé, la conception de la matière selon Thomson:

- **L'atome est une sphère de densité uniforme.**
- **L'atome est fait de particules négatives et de particules positives.**
- **Le nombre de particules négatives et de particules positives est égal, donc l'atome est neutre.**



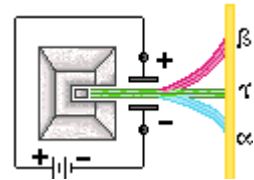
Ernest Rutherford

(1871 - 1937)

Peu après la découverte de la radioactivité, le physicien anglais d'origine néo-zélandaise, Ernest Rutherford, fera deux découvertes d'une importance capitale dans la recherche de la structure de l'atome.

Première découverte

En 1898, il démontre que les substances radioactives émettent deux types de radiations: **alpha (α)** et **bêta (β)**. **En 1900, le Français Paul Villard identifie le rayon gamma(γ)**.

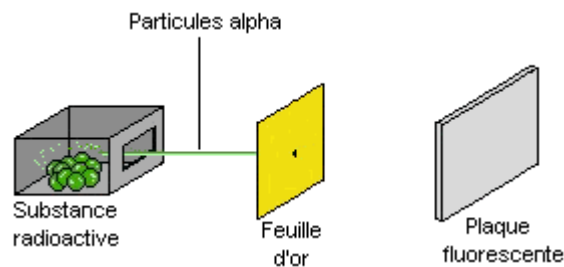


En 1902, à l'Université McGill de Montréal, Rutherford et le physicien anglais Frederick Soddy découvrent que la radioactivité est le résultat de la désintégration du noyau de l'atome au cours de laquelle il y a production de trois sortes de rayonnements.

- Les particules **alpha (α)** sont des noyaux d'atomes d'hélium (**2 protons et 2 neutrons**) dotés d'un faible pouvoir de pénétration. Elles sont arrêtées par une simple feuille de papier. Dans un champ électrique, les rayons dévient vers le pôle négatif. Leur charge est donc **positive (2^+)**.
- Les particules **bêta (β)** sont des électrons ayant un pouvoir de pénétration plus puissant que celui des particules alpha. Elles ne peuvent toutefois pas traverser une planche de bois de 2,5 cm d'épaisseur. Dans un champ électrique, les rayons dévient vers le pôle positif. Leur charge est donc **négative (1^-)**.
- Les rayons **gamma (γ)** sont une **onde électromagnétique** du même type que les **rayons X** et la **lumière**. Cependant, leur longueur d'onde est encore plus petite que celle des rayons X et possèdent beaucoup plus d'énergie. Ces rayons n'ont pas de charge électrique et possèdent un très puissant pouvoir de pénétration. Seuls les blocs de béton ou de plomb d'un mètre d'épaisseur peuvent les arrêter.

Deuxième découverte

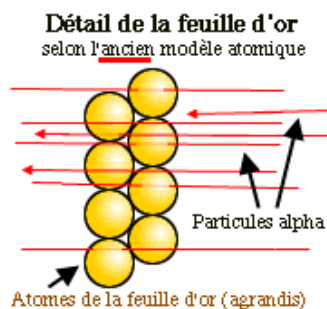
En 1907, [J.J. Thomson](#) demande à son élève Rutherford de vérifier l'exactitude de son modèle atomique. Rutherford accepte d'approfondir la théorie du «Plum-Pudding» de Thomson et il veut étudier davantage la structure interne de l'atome. Avec l'aide de deux assistants, Hans Geiger et Ernest Marsden, il décide d'utiliser les particules alpha, très petites et très rapides, qu'il a découvertes pour bombarder une feuille d'or très mince (il utilise l'or, car ses atomes sont très lourds). Il s'attend à l'un ou l'autre de ces comportements: ou toutes les particules traversent la feuille d'or, ou aucune d'elles ne la traverse puisque la matière est homogène.



Explication du montage

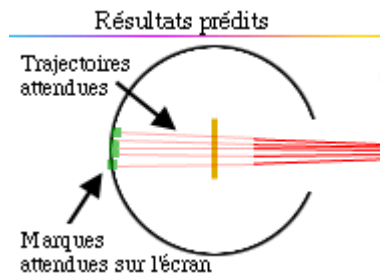
Dans cette expérience, les particules alpha sont produites à partir d'un échantillon de radium radioactif enfermé dans une enceinte de plomb. Elles sont polarisées en un seul faisceau par une fine fente dans le bouclier de plomb. Des écrans fluorescents sont placés derrière la feuille d'or et en avant de celle-ci (en angle bien sûr, afin de ne pas freiner le passage du faisceau). Ces écrans émettent une scintillation (un point brillant) lorsqu'ils sont atteints par une particule alpha. Ils permettent donc de suivre la trajectoire des particules.

En faisant l'expérience, Rutherford et ses assistants font ces observations:

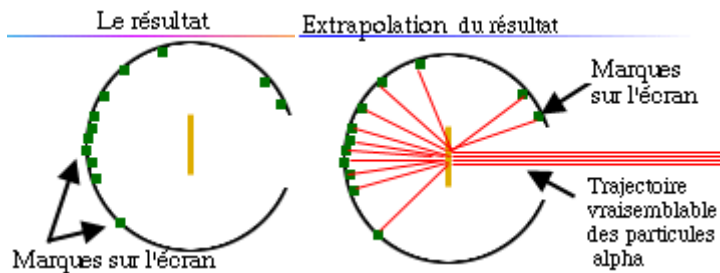


Le but de cette expérience était de justifier la théorie selon laquelle les atomes seraient élémentaires. Rutherford espérait que les particules alpha, chargées et de forte énergie, n'auraient aucun problème pour traverser quelques atomes. Les particules

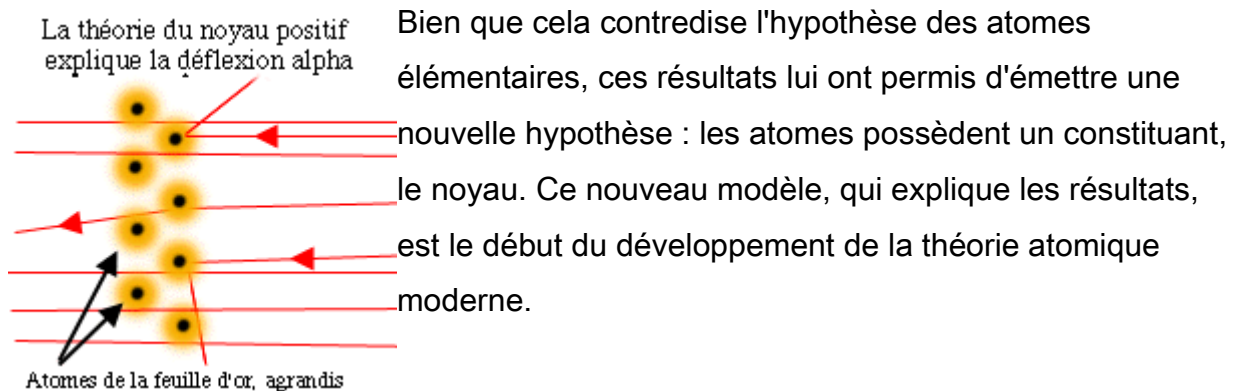
alpha devaient continuer leur trajectoire en ligne droite, à travers la pellicule d'or, et ne laisser sur l'écran qu'une petite région couverte d'impacts.



En fait, l'écran présentait des points d'impact sur toute la surface de l'écran derrière la cible. Et, à la surprise de tous, quelques impacts apparurent même en avant de la cible.



Le raisonnement que fit Rutherford est que la **majorité des particules alpha** a facilement traversé la partie externe de l'atome, mais que **quelques-unes ont rebondi sur quelque chose de petit, dense et de charge positive à l'intérieur de l'atome.**



Quelle était la signification de ces résultats ?

- **La plupart des particules alpha traversent la feuille d'or sans déviation comme si elles n'avaient jamais rencontré les atomes d'or (1).**
- **Plusieurs particules alpha sont légèrement déviées lors de la traversée de la feuille d'or (2).**
- **Certaines particules alpha rebondissent carrément vers la source comme si elles avaient frappé un mur (3).**
- **La déviation des particules alpha est d'autant plus importante que la masse atomique du métal composant la feuille est élevée.**

Ces faits vont complètement à l'encontre des attentes de Rutherford. Très surpris, il s'exclame: **«C'est aussi peu croyable que si nous avons tiré un obus sur du papier de soie et que l'obus nous soit revenu en pleine figure.»**

Rutherford en déduit que cette déviation de particules alpha positives ne peut résulter que de **la présence d'un corps chargé positivement (puisque'il y eu répulsion)**. De plus, puisque la majorité des particules alpha ne sont pas déviées, c'est qu'elles ne rencontrent pas de matière, donc que la **majeure partie des atomes est vide.**



En 1911, Rutherford propose son modèle atomique:

- **L'atome offre des espaces vides immenses.**
- **Le centre de l'atome, qu'il nomme «noyau» est minuscule et dense. Il est chargé positivement.**
- **Les électrons négatifs circulent autour du noyau à une très grande vitesse et se déplacent jusqu'à des distances très éloignées du noyau (si nous imaginons la taille du stade olympique de Montréal, le noyau ne serait pas plus gros qu'une mouche!). Ces derniers sont retenus au noyau par des forces électriques.**
- **La somme des charges des électrons est égale à la charge du noyau, l'atome étant électriquement neutre.**

Rutherford compare l'atome à un minuscule système solaire où des électrons (planètes) gravitent autour d'un noyau central (Soleil).

En 1919, Rutherford utilisera les particules alpha pour provoquer la première désintégration artificielle de l'atome en transmutant des atomes d'azote en atome d'hydrogène. Les véritables réactions nucléaires verront ainsi le jour. Le noyau d'hydrogène produit recevra le nom de **proton**, particule positive du noyau. Ce proton a une masse environ 1836 fois plus élevée que celle de l'électron.

Ce grand scientifique participera avec [Chadwick](#) à la fabrication de la première bombe atomique. Il s'opposera cependant au caractère secret de ce projet et redoutera les conséquences de ce développement destructeur.

L'atome, l'électron et le proton sont maintenant connus. Mais il reste encore quelques mystères. En fait, ce **nouveau modèle planétaire va à l'encontre des lois de la physique. Comment expliquer que les électrons puissent graviter autour du noyau positif de l'atome sans jamais s'écraser dessus? Comment se déplacent-ils autour du noyau? Quelle est leur distribution? Comment les protons chargés positivement surmontent-ils la force de répulsion électrique qui devrait normalement les éloigner les uns des autres et provoquer l'éclatement du noyau?** Les réponses viendront de [Niels Bohr](#) et de [James Chadwick](#).

Wilhem Conrad Röntgen

(1845 - 1923)

Dans la deuxième moitié du XIX^e siècle, des études plus détaillées de la matière sont entreprises par [William Crookes](#). Il fait l'expérience suivante:

En faisant le vide presque total dans un tube de verre dont les extrémités sont munies de pièces métalliques appelées «[électrodes](#)», il applique une différence de potentiel d'environ 10 000 volts à l'électrode négative (cathode). Il remarque alors l'apparition d'une lumière bleutée qui se forme sur la surface du verre. Ce rayonnement provient de la cathode.

En 1876, E. Goldstein donne un nom à ce faisceau lumineux émis par la cathode: il les appelle «rayons cathodiques».

En 1895, le physicien allemand Wilhem Conrad Röntgen commence une série d'expériences qui ont pour but d'étudier la pénétration des [rayons cathodiques](#) dans le verre.

Röntgen enveloppe le tube cathodique d'un papier noir opaque pour ne pas être dérangé par sa lumière émise. En branchant la haute tension, il observe qu'un écran en carton recouvert de platinocyanure de baryum fluorescent, situé à plus de deux mètres du tube cathodique, émet une lueur verdâtre ([fluorescence](#)). Le phénomène arrête dès que le courant est coupé.

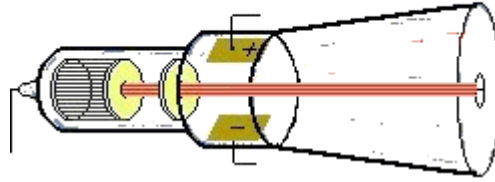
Le physicien refait l'expérience en reculant l'écran de plusieurs centimètres. Le même phénomène se produit de nouveau. Il en déduit donc que cet effet ne peut pas être dû aux rayons cathodiques eux-mêmes.

Un rayonnement invisible, inconnu, semble traverser le papier noir du tube cathodique pour aller exciter la fluorescence de l'écran. Ces rayons sont-ils vraiment pénétrants, peuvent-ils véritablement traverser la matière? Pour répondre à ses interrogations, il décide de placer divers objets entre le tube cathodique et l'écran fluorescent: une feuille de papier, de carton, d'aluminium, du bois, du verre, du caoutchouc... Il constate que la fluorescence persiste. En plaçant sa main entre le tube et l'écran, il en voit le squelette projeté sur l'écran. Il constate cependant qu'une mince feuille de plomb ou de platine fait disparaître complètement cette fluorescence. Pour convaincre les gens de la réalité de ce qu'il voit, il enregistre ces images sur des plaques photographiques (ensemble de poids enfermés dans une boîte, boussole dont l'aiguille est complètement enfermée dans du métal, etc.). Ne sachant comment baptiser ces rayons invisibles et pénétrants, Röntgen les nomme «rayons X».



Il observe aussi que ces rayons ne sont pas déviés par un champ magnétique, donc qu'ils ne portent pas de charge électrique. Ils sont donc différents des rayons cathodiques observés Jean-Baptiste Perrin la même année. Ces derniers étaient déviés par

un champ magnétique et [J. J. Thomson](#) démontrera qu'ils le seront aussi par un champ électrique.



On apprendra plus tard que les rayons X sont des ondes électromagnétiques de même nature que celles de la lumière visible. Leur vitesse est identique, mais leur longueur d'onde est beaucoup plus courte. Ils contiennent donc beaucoup plus d'énergie.

Les rayons X vont rapidement conduire à une connaissance plus approfondie de l'atome. Un an après leur découverte, le Français [Henri Becquerel](#) tentera de voir si un sel d'uranium émet des rayons X lorsqu'il est exposé à la lumière. Il fera une autre découverte très surprenante et spectaculaire: la radioactivité naturelle.

Henri Becquerel

(1852 - 1908)

En 1896, Henri Becquerel poursuit les recherches sur les mystérieux rayons X découverts par [Röntgen](#) l'année précédente. Il veut savoir si le rayonnement émis par des sels d'uranium exposés à la lumière du soleil sont de même nature que les rayons X. Il se demande aussi si les rayons X ne sont pas produits par la fluorescence de l'extrémité du tube de Crookes.

Becquerel expose donc un sel d'uranium au soleil (donc aux ultraviolets) pendant quelques heures. Il place ensuite le sel sur une plaque photographique emballée de papier noir. Il enferme le tout dans une boîte, à l'obscurité en espérant qu'un rayonnement émanant du sel viendra impressionner la plaque. Celle-ci est effectivement impressionnée lors de son développement.



Un certain matin, il ne peut poursuivre ses expériences, car le temps est trop maussade et le soleil ne se montre pas. Il laisse, par hasard dans le même tiroir, le sel d'uranium et les plaques photographiques. Le 1^{er} mars 1896, le soleil pointe. Le physicien peut continuer ses expériences. Guidé par une intuition géniale, il vérifie d'abord l'état de l'une des plaques photographiques restée à l'obscurité à côté du sel d'uranium. À son grand étonnement, la plaque est impressionnée et l'image a la même forme que son échantillon d'uranium.

Il conclut que le sel d'uranium émet des rayons et qu'il n'y a aucun lien avec la fluorescence: tous les composés d'uranium en produisent, peu importe leur formule chimique. Ce n'est donc pas un phénomène chimique. De plus, le sel d'uranium émet des radiations pendant des semaines, et ce, en l'absence de toute lumière extérieure.

Le rayonnement puissant provient donc du cœur même du sel d'uranium et ce sel n'a pas besoin d'être excité par la lumière du soleil pour émettre des rayons. Ces rayons peuvent même décharger un électroscope, donc ils possèdent une charge électrique. Ils les nomment «rayons uraniques». *Ce phénomène sera connu par la suite sous le nom de radioactivité.*

Becquerel continuera à étudier ces mystérieux rayons, mais uniquement sur les sels d'uranium. Ainsi, il ne pourra pas accomplir le grand pas que réaliseront ses amis [Pierre et Marie Curie](#). Il aura été «l'allumeur de l'étoile».

Durant cette même période, d'autres physiciens poursuivent leurs expériences sur le comportement des [rayons cathodiques](#) provenant du [tube de Crookes](#). Parmi eux, [J. J. Thomson](#) fera une découverte qui contribuera à connaître davantage les caractéristiques de l'atome.

[Compteur Geiger](#)

Marie Curie

(1867 - 1934)

Vers la fin de l'année 1897, Marie Curie, une jeune femme d'origine polonaise naturalisée française, s'intéresse aux rayonnements uraniques découverts par Henri [Becquerel](#) un an plus tôt. Elle choisit l'étude de ce phénomène curieux comme sujet de thèse de doctorat. Elle se propose d'examiner si d'autres substances présentent cette propriété d'émettre spontanément des rayonnements. Elle étudie plusieurs métaux, sels, oxydes et minéraux. Elle constate que le thorium émet aussi ces rayonnements. Elle donne le nom de [radioactivité](#) à la propriété atomique qu'ont certains éléments d'émettre un rayonnement.

Elle mesure aussi l'intensité du rayonnement émis par divers composés d'uranium et découvre qu'un de ces minéraux, la [pechblende](#), émet plus de rayonnements que l'uranium lui-même. Elle en déduit que ces substances contiennent, en très petite quantité, un élément beaucoup plus actif que l'uranium. Son mari, Pierre Curie, quitte ses recherches sur le magnétisme pour



seconder sa femme afin de parvenir à isoler l'élément radioactif inconnu et à en déterminer les propriétés. Ils font subir une série de traitements à la pechblende et, en 1898, ils aboutissent à la découverte de deux nouveaux éléments radioactifs, le polonium, nommé d'après le pays d'origine de Marie, et le radium, beaucoup plus radioactif que l'uranium.

La découverte de la radioactivité est une grande étape dans le développement de la pensée scientifique. Elle vient confirmer le fait que l'atome ne représente pas la plus petite parcelle de matière. De plus, comme les atomes radioactifs donnent naissance à de nouveaux éléments en se désintégrant, le rêve des alchimistes et enfin réalisé: la matière connaît le secret de la transmutation des éléments.

Cette découverte fait de l'atome une source d'énergie inépuisable, mais elle bouleverse également la conception traditionnelle du monde, de la matière et du temps. À l'origine du

traitement du cancer, des techniques de datation, de la biologie moléculaire et de la génétique moderne, la radioactivité sera aussi la source de l'énergie nucléaire et de la bombe atomique...

Marie Curie ne s'est jamais méfiée de la nocivité de la radioactivité. Elle en subira les effets. Épuisée, presque aveugle, les doigts brûlés, elle mourut d'une leucémie après avoir été trop exposée aux rayonnements qu'elle a découverts. Elle aura ouvert la voie de la thérapie du cancer en payant de sa propre vie... Après sa mort, on trouvera la trace de ses mains sur des plaques photographiques non utilisés, signe que ses mains étaient devenues radioactives!

[Becquerel](#) ainsi que les Curie ont constaté que la matière émet des rayonnements: sont-ils de même nature que les rayons X? Les recherches de [Rutherford](#) et de Villard démontreront que ces rayonnements sont fort différents des rayons découverts par [Röntgen](#).

Niels Bohr

(1885 - 1962)

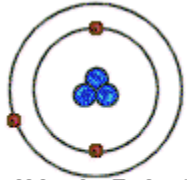
Le physicien danois Niels Bohr passa du temps dans les laboratoires de [Rutherford](#). Il était d'accord avec le modèle planétaire de l'atome énoncé par son collègue. Toutefois, il ne pouvait expliquer pourquoi les électrons en mouvement autour du noyau ne s'écrasaient pas sur le noyau, ce qui aurait provoqué une destruction de l'atome. Il ne comprenait pas pourquoi les atomes d'un même élément, si ses électrons gravitaient à des endroits différents, pouvaient tous réagir de la même façon chimiquement.

De plus, selon les lois de la physique classique, une charge électrique (électron) en mouvement dans un champ électromagnétique devrait irradier de la lumière ou une autre forme d'énergie et ainsi perdre toute son énergie.

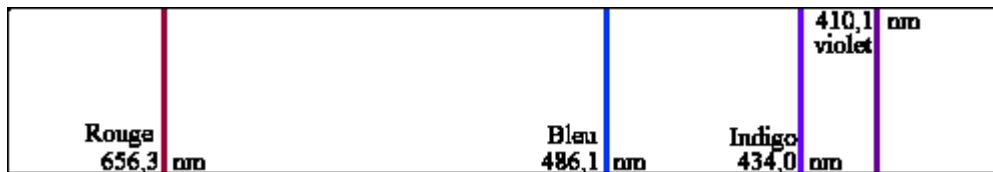
Pour solutionner cette problématique capitale, Bohr est parti du principe que l'électron ne dissipe pas son énergie. Il a pu ainsi constater plus tard que l'atome émet seulement un [rayonnement électromagnétique](#) lorsqu'un électron se déplace d'un niveau énergétique à un autre. Pour appuyer son postulat, il s'est servi

de la théorie du quantum de Max Planck, énoncée en 1901. Dans sa théorie, Planck prétend qu'un corps chauffé émet de l'énergie par «paquets», soit des quanta d'énergie.

En analysant les atomes d'hydrogène (l'hydrogène ne possède qu'un électron) excités dans un tube cathodique, il remarque que ceux-ci émettent une lumière caractéristique qu'un prisme décompose en bandes de lumière appelées **spectre de raies**. Comme chacune de ces raies possèdent une énergie spécifique, Bohr décide d'associer chacune d'elles à une couche sur laquelle peuvent se retrouver les électrons.



Modèle de Bohr (Li)
1914



Spectre de raies de l'hydrogène



Atome d'hydrogène excité

Lorsque l'atome est excité par un «paquet» d'énergie extérieure, l'électron passe alors à un niveau d'énergie supérieure et ce, d'un seul bond, car l'électron ne peut se trouver entre deux niveaux. Lorsque les électrons reviennent à leur état fondamental ou stationnaire (le plus près du noyau), ils perdent le même «paquet» d'énergie qu'ils ont reçu sous forme de lumière.

En 1914, à partir de sa théorie du spectre d'émission de l'hydrogène, Bohr propose son modèle atomique en modifiant celui de Rutherford. Il situe les électrons sur des orbites particulières nommées couches électroniques ou niveaux énergétiques. L'énergie d'un électron sur sa couche électronique

fondamentale est constante. Par conséquent, il n'y a aucune énergie émise lorsque l'électron est sur cette couche stationnaire, donc il n'y a pas de perte d'énergie.

Le nombre maximum d'électrons sur une couche électronique est donné par la formule $2n^2$ où n égale le nombre de couches. Ainsi, la première couche ne peut recevoir que deux électrons, alors que les autres couches en recevront huit ou davantage. Actuellement, sept niveaux d'énergie suffisent pour représenter les éléments du tableau périodique.

La dernière couche électronique d'un atome ne possède jamais plus de 8 électrons. Les atomes sont plus stables lorsque leur couche extérieure est remplie; ils tendent vers cette stabilité en participant à des réactions chimiques au cours desquelles ils gagnent, perdent ou partagent des électrons.

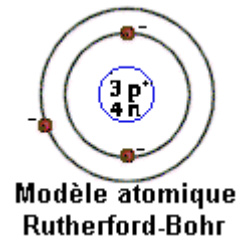
Le modèle de Bohr explique maintenant le comportement et la distribution des électrons autour du noyau de l'atome. Le mystère s'éclaircit. Toutefois, il reste encore celui des protons. Comment surmontent-ils la force de répulsion électrique qui devrait normalement les éloigner les uns des autres et provoquer l'éclatement du noyau? [James Chadwick](#) répondra à cet énigme en découvrant une nouvelle particule dans le noyau de l'atome.

James Chadwick

(1891 - 1974)

Le modèle atomique est de plus en plus raffiné. [Thomson](#) a découvert l'électron, [Rutherford](#) a identifié le proton et [Bohr](#) a déterminé l'emplacement des électrons autour du noyau. Une autre énigme reste à solutionner dans le modèle atomique: Comment les protons chargés positivement surmontent-ils la force de répulsion électrique qui devrait normalement les éloigner les uns des autres et provoquer l'éclatement du noyau?

En 1919, la découverte des [isotopes](#) avait amené Rutherford à prédire que le noyau devait contenir des particules neutres. De plus, des physiciens avaient découvert un rayon très pénétrant en bombardant le béryllium avec des particules alpha. Toutefois, ce rayon était impossible à détecter directement.



En 1932, le physicien anglais James Chadwick, élève de Rutherford, prouve que ces rayons pénétrants non identifiés par les physiciens contiennent une particule dépourvue de charge électrique et de masse égale à celle du proton. Il la nomme **neutron**.

Ce sont donc les neutrons qui empêchent l'éclatement du noyau et qui le conservent stable! Cette découverte permettra la production d'une variété de nouveaux [radio-isotopes](#) et entraînera les réactions nucléaires en chaînes. Elle mènera directement à la [fission nucléaire](#) et à la [bombe atomique](#).

De 1943 à 1945, Chadwick fera de nombreuses recherches sur le développement de la bombe atomique. Il participera aussi au [Projet Manhattan](#).

Le modèle atomique de Rutherford modifié par Bohr et amélioré par Chadwick se nomme le modèle atomique de Rutherford-Bohr. Il est encore en vigueur aujourd'hui et on l'appelle aussi *modèle atomique actuel simplifié*. Il présente l'atome comme une unité divisible comportant des particules positives (protons) et des particules neutres (neutrons), concentrées dans un noyau minuscule et dense, et des particules négatives (électrons) évoluant sur des couches électroniques.

La masse du proton (p^+) égale $1,673 \times 10^{-27}$ kg ou 1 u (unité de masse atomique). Le **numéro atomique** ou **nombre Z** correspond au nombre de protons.

La masse du neutron (n^0) égale $1,675 \times 10^{-27}$ kg ou 1 u.

Le **nombre de masse** ou **nombre A** d'un atome correspond au nombre total de nucléons (protons + neutrons) contenus dans son noyau. On néglige la masse des électrons (e^-), car leur masse est 1836 fois moindre que celle du proton.

Théorie moderne

Malgré le succès remporté par le modèle de Rutherford-Bohr, il sera impossible de développer une théorie générale de tous les phénomènes atomiques en se basant sur la *mécanique quantique*. [Erwin Schrödinger](#) partira de l'idée fondamentale de [Louis de Broglie](#) d'associer une onde à tout corpuscule pour

élaborer les principes de la *mécanique ondulatoire*. La position, la vitesse et la direction d'un électron ne pouvant pas être définies, on déterminera la probabilité qu'il a de se trouver dans un certain volume de l'espace situé autour du noyau, et que l'on appellera masse électronique. Cette probabilité de présence de l'électron, ou densité électronique, est déterminée en recherchant la fonction qui satisfait une équation aux dérivées partielles du second degré, proposé par Schrödinger.

De plus, plusieurs chercheurs ont apporté des modifications au modèle atomique, de sorte que le modèle de Rutherford-Bohr est maintenant extrêmement raffiné.