

LE TRAVAIL D'ÉQUIPE EFFICACE

Ah, le travail en équipe ! Vous avez peut-être vécu des expériences difficiles à travailler avec autrui. Il ne faut pas pour autant s'isoler et travailler seul parce qu'il y a beaucoup d'avantages à partager avec ses collègues. En voici quelques uns :

- facilite une meilleure compréhension des sujets traités en équipe ;
- favorise une plus grande ouverture aux opinions des autres ;
- développe le sens des responsabilités, les habiletés de communication, le sens de l'organisation, l'autonomie, l'initiative, la confiance en soi, etc.

Cependant, pour que tous les membres de l'équipe soient satisfaits et que le travail d'équipe soit efficace, il est important de prendre en compte les trois éléments suivants :

1. L'ensemble des individus de l'équipe doivent s'investir au maximum pour réaliser la tâche commune ;
2. Le travail d'équipe doit être très bien planifié ;
3. Les relations interpersonnelles doivent être harmonieuses.

Voici plus de détails sur chacun de ces éléments :

1. L'ensemble des individus de l'équipe doivent s'investir au maximum pour réaliser la tâche commune :

Une équipe efficace sait utiliser l'énergie de l'ensemble des individus. Cette énergie se répartie dans trois champs d'action différents :

- a) **réaliser les tâches demandées**, dans ce cas-ci, compléter le scénario, préparer la représentation et faire la synthèse de l'évolution du modèle atomique ;
- b) s'assurer de créer et d'**entretenir la solidarité du groupe** ;
- c) **régler les obstacles et les conflits** qui peuvent entraver le bon fonctionnement de l'équipe.

2. Le travail d'équipe doit être très bien planifié :

- a) s'assurer qu'un bon contact s'établisse lors de la première rencontre (se présenter, échanger les numéros de téléphone, trouver des moments communs pour se rencontrer, etc.) ;
- b) comparer les perceptions individuelles sur les tâches à réaliser pour qu'elles soient les plus claires possible et demander au professeur des éclaircissements, si nécessaire ;

c) définir et se partager les responsabilités et les sous-tâches pour réaliser l'activité ; **se rencontrer régulièrement pour faire le bilan du travail de chacun**. Le partage des responsabilités peut être facilité par l'attribution des rôles suivants :

◆ animateur :

- * répartit le travail entre les membres de l'équipe ;
- * planifie les tâches pour que les délais soient respectés ;
- * anime les réunions en présentant un ordre du jour, en donnant la parole à chacun et en ramenant les membres qui font des digressions à l'ordre du jour.

◆ secrétaire :

- * prend des notes lors des réunions ;
- * s'assure que tout est clair en reformulant les propos des membres et en faisant une synthèse ;
- * rédige les différents documents à remettre ;
- * s'assure que les porte-parole sachent quoi faire ;
- * s'occupe de remettre intacts les textes prêtés ;
- * prend des notes lors de la représentation.

◆ porte-parole :

- * prépare la présentation orale lors de la pièce de théâtre ;
- * joue son rôle le jour de la représentation.

3. Les relations interpersonnelles doivent être harmonieuses :

Pour qu'il y ait une communication optimale et une participation positive, voici quelques suggestions :

- a) participer autant en tant qu'émetteur que récepteur (prendre sa place tout en laissant les autres s'exprimer) ;
- b) s'adresser à l'ensemble du groupe lorsqu'on émet une opinion pour éviter d'isoler certains individus ;
- c) participer de façon positive autant sur le plan affectif qu'organisationnel en rappelant les membres à la tâche, en calmant les esprits, en réduisant les tensions et en encourageant tout le monde ;
- d) éviter la participation négative (arriver en retard, ne pas avoir fait le travail préliminaire aux rencontres, critiquer tout ce qui est dit, adopter des positions et des attitudes rigides, être pessimiste, être indifférent ou silencieux, manipuler pour avoir raison soit par le chantage ou par les sarcasmes, blesser les autres, interrompre les autres lorsqu'ils parlent, etc.) ;
- e) faire preuve d'attention envers les autres ;
- f) communiquer ses sentiments et ses impressions sagement sans blesser les autres pour éviter les frustrations et les malaises pendant le travail. Voici quelques conseils à ce sujet :
 - s'il y a un malaise entre deux individus, attendre après la réunion pour échanger sur le sujet, si possible ;

- discuter avec la personne concernée lorsqu'elle est disponible pour écouter et le faire le plus tôt possible ;
- rester calme, éviter les sarcasmes, la bouderie et les manipulations ;
- être franc et respectueux en évitant les injures et les étiquettes du genre « t'es con », « t'es nul », etc. ;
- éviter les reproches (le *tu* « tue », utiliser le *je*) ;
- **parler du comportement déplaisant** et non de la personne (ex. : « je ne sais pas si tu t'en rends compte mais ça me déplaît lorsque tu arrives en retard parce que j'ai à attendre après toi. Si je savais que tu arriverais à telle heure, je pourrais faire autre chose et je ne perdrais pas mon temps » au lieu de « toi, tu es ce que l'on appelle un retardataire chronique... ») ;
- en général, pour qu'un message à connotation affective passe bien, utiliser les quatre étapes suivantes :
 - i) commencer par une formule du genre : « j'ai un problème et j'aimerais que tu m'aides à le solutionner » (si on en voit la pertinence) ;
 - ii) définir le problème ou la situation (le comportement qui vous a dérangé) à la personne qui vous affecte ;
 - iii) définir les sentiments ou les réactions (colère, tristesse, anxiété, contrariété, frustration, etc.) provoqués par le comportement problématique ;
 - iv) suggérer une solution ou demander à la personne concernée d'en fournir une.

Voici un exemple :

Martin interrompt Josée continuellement lorsqu'elle parle au groupe. Elle commence à être de plus en plus frustrée par ce comportement. Sa première réaction est d'exploser et de lui dire quelque chose du genre : « Martin, as-tu fini de m'interrompre, tu m'énerves... ». Il y a très peu de chance qu'il accueille cette critique favorablement parce que, en l'accusant, il se mettra probablement sur la défensive et ripostera ou encore il ne parlera plus et Josée aura perdu la collaboration précieuse d'un coéquipier.

Voici une formulation qui pourra sûrement être plus fructueuse :

« Martin, lorsque j'essaie d'exprimer mon opinion, je ne sais pas si tu t'en rends compte, mais il t'arrive quelques fois de m'interrompre. Ça me fait perdre le fil de mon idée, et j'ai l'impression que ce que je dis n'est pas important. Pourrais-tu faire plus attention ? » En exprimant ce qu'elle ressent de façon franche sans blesser Martin, il y a de meilleures chances pour que le problème de Josée se règle. Et le travail sera plus satisfaisant pour tout le monde.

En somme, le travail d'équipe s'apprend et peut être une expérience enrichissante s'il y a une **bonne préparation**, de l'**organisation**, du **respect** et de l'**engagement** de la part de chacun.

GRILLE D'ÉVALUATION DE LA PRÉSENTATION ORALE DES ACTEURS

Chaque critère est évalué sur 10 :

Critères d'évaluation	groupe 1	groupe 2	groupe 3	groupe 4	groupe 5	groupe 6
Prononciation, débit, volume adéquats						
Idées bien expliquées						
Utilisation correcte du langage scientifique						
Réponses ou interventions correspondant au scénario						
Présentation originale						
Total (/60)						

Bilan	groupe 1	groupe 2	groupe 3	groupe 4	groupe 5	groupe 6
Présentation (/2)						
Préparation (/1)						
Synthèse (/2)						
Grand total (/5)						

Commentaires :

SCÉNARIO DE LA PIÈCE DE THÉÂTRE

Après une brève présentation des consignes sur le déroulement de la pièce, vous présentez la problématique comme suit :

Comment se fait-il que l'on puisse reconnaître des différences majeures entre les substances qui nous entourent ? Et comment expliquer que ces mêmes substances ont des comportements si variés ?

Cette question a été le sujet de nombreuses réflexions et de recherches depuis très longtemps. Nous allons essayer de faire un survol des idées principales qui ont eu cours sur la nature de la matière à partir de l'époque des Grecs soit, environ cinq siècles avant Jésus-Christ. Cela ne veut pas dire, cependant, qu'il n'y a pas eu de questionnement avant cette période à ce sujet. Malheureusement, le nom de ces penseurs et leurs pensées se sont perdus au cours du temps, bien souvent, par absence de traces écrites.

Vous enchaînez par la suite en posant la première question.

QUESTION OU INTERVENTION	CONSIGNES ET ÉLÉMENTS QUI DOIVENT ÊTRE PRÉSENTS DANS LA RÉPONSE DES ÉLÈVES
<p>QUESTION 1 (aux Grecs)</p> <p>Chers Grecs, pouvez-vous nous expliquer les deux opinions divergentes que vous entretenez au sujet de la nature de la matière?</p>	<p><i>Ils doivent se présenter (deux porte-parole seront nécessaires pour représenter les personnages ayant eu des opinions divergentes sur la nature de la matière).</i></p> <p><i>Ensuite, ils développent les arguments expliquant leurs positions et un exemple si possible pour bien saisir ce qu'ils veulent dire. Ils doivent mentionner ce que signifie le mot " atome ".</i></p>
<p>QUESTION 2 (posée par le groupe de Dalton aux Grecs)</p> <p>Sur quoi basez-vous vos opinions ? Est-ce le fruit de réflexions ou d'expérimentations ?</p>	<p><i>Ils sélectionnent seulement un des deux choix et ne doivent pas trop élaborer parce que cette question sera l'amorce, plus tard, d'une réflexion du groupe de Dalton à ce sujet.</i></p>

<p>QUESTION 3 (posée par les Grecs au groupe de Dalton)</p> <p>Vous qui vous dites modernes, vous êtes bien du début du XIX^e siècle après Jésus-Christ, soit 2 200 ans après notre civilisation ? Est-ce que vous pourriez nous éclairer sur la nature de la matière ? Est-elle continue ou non? Y a-t-il des atomes ? Qui a raison ?</p>	<p><i>Ils se présentent (nom des personnages) et situent leur époque.</i></p> <p><i>Des expériences ont permis d'élaborer la théorie atomique. Ces expériences sont celles qui ont permis de développer :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>la loi de la conservation de la masse;</i> • <i>la loi des proportions définies;</i> • <i>la loi des proportions multiples.</i> <p><i>Ils doivent décrire ces lois et les illustrer par des exemples.</i></p> <p><i><u>Ils ne doivent pas énoncer la théorie atomique tout de suite. Ils doivent se limiter aux lois.</u></i></p> <p><i>Ils font une remarque sur l'importance de l'expérimentation en sciences et justifient leur point de vue.</i></p>
<p>QUESTION 4 (posée par les Grecs au groupe de Dalton)</p> <p>John Dalton, pouvez-vous nous expliquer les points importants de votre théorie ?</p>	<p><i>Il énonce les points importants de sa théorie, l'année de sa parution et dessine au tableau son modèle de l'atome.</i></p>
<p>QUESTION 5 (le porte-parole des Grecs croyant à la continuité de la matière pose cette question au groupe de Dalton)</p> <p>Comment pouvons-nous croire à votre théorie si nous ne pouvons même pas percevoir ces atomes avec nos sens ?</p>	<p><i>À l'aide des trois lois précédentes, ils discutent sur l'idée qu'il est préférable d'avoir plusieurs expériences qui soutiennent un modèle. Ils reviennent sur les trois lois précédentes. Ils mentionnent que ces expériences sont des preuves indirectes de la présence de l'atome... mais ce ne sera toujours qu'un modèle et non la réalité.</i></p> <p><i>Ils concluent en faisant le lien entre les critères d'un bon modèle et leur théorie. Ils reviennent sur les critères d'un bon modèle (voir le document B.1).</i></p>

<p>INTERVENTION 6 (le groupe de Thomson enchaîne avec cette réplique)</p> <p>Nous voudrions intervenir, moi, Joseph Thomson et mon (ma) collègue... Avec le temps, plusieurs expériences ont convaincu nombre de scientifiques du bien-fondé de la théorie de Dalton. Ce modèle n'explique pas, toutefois, certaines expériences.</p>	<p><i>Ils décrivent quand ces expériences ont eu lieu et continuent en expliquant une expérience sur l'électrostatique qui semble mettre en évidence la présence de charges négatives passant d'une substance à l'autre (voir l'expérience annexée au document B.2).</i></p> <p><i>Ils font le lien entre l'expérience et ce qui doit être déduit (ce que cela signifie).</i></p> <p><i>Ils représentent par un dessin, au tableau, la présence de charges négatives qui se déplacent.</i></p> <p><i>Ils continuent en affirmant que le modèle de Dalton doit être repensé pour expliquer le fait que l'on peut facilement arracher des charges négatives appelées aussi " électrons ".</i></p>
<p>INTERVENTION 7 (le deuxième porte-parole du groupe de Thomson continue)</p>	<p><i>Il ajoute qu'il y a aussi une autre expérience appuyant l'existence des électrons: l'expérience avec le tube à rayons cathodiques.</i></p> <p><i>Il explique cette expérience et affirme, encore une fois, que le modèle de Dalton doit être modifié.</i></p> <p><i>Il ne doit pas proposer tout de suite le modèle atomique de Thomson.</i></p>
<p>INTERVENTION 8 (le groupe Becquerel-Curie poursuit en débutant par cette réplique)</p> <p>Nous croyons, moi, Henri Becquerel et ma collègue, ma très chère Marie Curie, être en mesure de vous (groupe de Thomson et compagnie) aider à confirmer que le modèle atomique proposé par Dalton ne serait pas adéquat puisque les expériences que nous avons réalisées contredisent l'idée que l'atome consiste en des sphères solides et fermées...</p>	<p><i>Ils expliquent les expériences démontrant qu'il y a production de radiations (ils expliquent du même coup ce que ce terme signifie) et indiquent qui a fait ces découvertes et en quelle année.</i></p> <p><i>Ils poursuivent en spécifiant ce qu'a été la contribution de Marie Curie et en quelle année.</i></p>

<p>INTERVENTION 9 (le groupe de Becquerel-Curie poursuit)</p> <p>Permettez-moi, mon cher Ernest Rutherford, de reprendre ce que vous croyez être ces radiations.</p> <p><i>(Ils doivent s'assurer de bien identifier où est le groupe de Rutherford pour les regarder lors de cette intervention.)</i></p>	<p><i>Ils décrivent, à l'aide d'un tableau, les types de radiation, leur symbole, leur charge et leur nature. Ils expliquent aussi que ces radiations transportent beaucoup d'énergie et l'impact qu'elles ont sur la matière.</i></p> <p><i>Ils continuent en affirmant que le modèle atomique de Dalton doit être repensé pour expliquer le fait qu'il y a émission de radiations.</i></p>
<p>QUESTION 10 (posée par le groupe de Dalton au groupe de Thomson)</p> <p>Joseph Thomson, quel serait donc votre nouveau modèle atomique qui prendrait en considération les résultats de ces expériences ?</p>	<p><i>Il nomme et explique le modèle plum-pudding.</i></p> <p><i>Il fait le lien entre les résultats expérimentaux et le nouveau modèle et insiste sur la présence de particules subatomiques donc sur le fait que l'atome ne serait pas indivisible et indestructible.</i></p> <p><i>Il doit aussi mentionner que la masse relative des électrons est environ 2000 fois plus petite que celle de l'atome.</i></p>
<p>INTERVENTION 11 (Rutherford continue avec cette réplique)</p> <p><i>Je me présente, Ernest Rutherford. Je tiens à souligner mon désaccord à propos de votre modèle. Un des éléments qui soutient mon opinion est une expérience que j'ai menée sur le bombardement d'une feuille d'or par des rayons α (alpha).</i></p>	<p><i>Il explique en détail l'expérience du bombardement de la feuille d'or par des rayons α. Et il doit spécifier aussi quand cette expérience a été réalisée.</i></p> <p><i>Il dessine le montage expérimental au tableau et démontre ce qui se passerait si le modèle atomique de Thomson était adéquat.</i></p> <p><i>Par la suite, il expose ce qu'il croit être le modèle atomique. Il explique les résultats expérimentaux à la lumière de son modèle. Il donne un nom à ce nouveau modèle atomique et explique l'impact de ce modèle sur les expériences précédentes d'échange d'électrons avec le milieu, la conservation de la masse de l'atome même s'il gagne ou perd des électrons.</i></p> <p><i>Pour finir, il ajoute que le mystère règne encore sur les protons parce qu'il croit que ces particules ne peuvent pas rester ensemble, étant tous de même charge.</i></p>

<p>INTERVENTION 12 (le groupe de Bohr débute avec cette réplique)</p> <p>J'aimerais intervenir à mon tour. Je me présente, Neils Bohr. Votre modèle ne me semble pas adéquat selon ce que je connais d'une expérience où l'hydrogène émet de la lumière constituée de quatre couleurs différentes.</p>	<p><i>Il explique, en premier lieu, les expériences où l'hydrogène émet de la lumière constituée, lorsque séparée par un prisme, de quatre couleurs différentes.</i></p> <p><i>Il spécifie aussi quand ces expériences ont eu lieu.</i></p> <p><i>En second lieu, il explique pourquoi le modèle de Rutherford n'arrive pas à expliquer ces bandes de lumière.</i></p> <p><i>Il décrit, par la suite, son modèle tout en évitant de parler tout de suite de la présence de neutrons.</i></p> <p><i>Il fait le lien entre les résultats de ses expériences et le nouveau modèle. Il insiste sur la discontinuité des bandes et les niveaux d'énergie permis par les électrons. Ces niveaux sont représentés par des orbites spécifiques dans le modèle. Il parle de quantum (quanta au pluriel) et explique ce que ce concept signifie.</i></p>
<p>QUESTION 13 (posée par Rutherford au groupe de Bohr-Chadwick)</p> <p>Je peux croire que les électrons tournent autour du noyau uniquement sur des orbites d'énergie permise, mais je ne comprends toujours pas comment le noyau peut rester dans cet état puisque nos prédécesseurs nous ont démontré que des charges de même signe se repoussent. Avez-vous une explication ?</p>	<p><i>Le deuxième porte-parole du groupe de Bohr-Chadwick se présente, décrit les résultats de ses expériences et en quelle année elles ont eu lieu. Il démontre ainsi la présence de neutrons assurant la cohésion des protons.</i></p>

INTERVENTION 14 (le deuxième porte-parole de Bohr continue avec cette réplique)

Plus précisément, voici en quoi consiste notre modèle atomique en tenant compte cette fois-ci des neutrons. Je m'explique :

Il présente à nouveau leur modèle atomique avec l'ajout des neutrons Et il précise que ce modèle est appelé : le modèle atomique actuel simplifié ou encore le modèle de Rutherford-Bohr.

Il représente au tableau un exemple d'élément (par exemple, le fluor) en spécifiant le nombre d'électrons sur chacun des niveaux énergétiques. Il identifie la particule subatomique qui caractérise la nature de l'élément et qui décrit aussi son numéro atomique. Il identifie la particule qui participe aux réactions chimiques et comment elle y participe. Il explique enfin ce que signifie " isotope " et la particule qui y est en jeu.

NUMÉROS DE LA PRÉSENTATION (À DÉCOUPER)

Q.1

Q.2

Q.3

Q.4

Q.5

I.6

I.7

I.8

I.9

Q.10

I.11

I.12

Q.13	I.14
------	------

RÉTROACTION SUR LA PIÈCE DE THÉÂTRE

1. Comment avez-vous trouvé l'activité sur l'histoire du modèle atomique ?

	Commentaires
Instructions et esquisse du scénario	
Travail préparatoire et temps alloué	
Présentation et pertinence de la documentation	
Travail en équipe	
Déroulement de la pièce de théâtre	
Attitude du professeur	

2. Si vous aviez à revivre cette expérience, quelles améliorations apporteriez-vous ?

3. Qu'avez-vous retiré de cette expérience ?

4. Si vous aviez le choix, quelle formule pédagogique auriez-vous préférée pour apprendre les faits marquants de l'histoire du modèle atomique: un cours magistral par l'enseignant, cette activité ou autre chose (expliquer) ?

INSTRUCTIONS SUR LE FONCTIONNEMENT DE LA PIÈCE DE THÉÂTRE « LES AVEUGLES ET L'ATOME »

Introduction

Pensez à différents objets que vous connaissez...

Pourquoi ont-ils certaines propriétés qui leur sont propres ? Prenons par exemple, les objets en plastique. Certains sont rigides, opaques et résistants, d'autres sont transparents, flexibles et élastiques. Et si l'on pense aux médicaments, certains permettent de diminuer la douleur, d'éliminer certaines infections, de réduire le cholestérol dans le sang, etc. Ou encore, si l'on s'intéresse aux insecticides, certains furent synthétisés et ont éliminé nombre d'insectes qui propageaient des maladies mais, plusieurs, comme le DDT se sont avérés nuisibles pour l'environnement parce qu'ils étaient très stables et s'accumulaient dans la chaîne alimentaire.

On pourrait continuer à l'infini de donner des exemples de propriétés de milliers et de milliers de substances qui nous entourent, mais comment se fait-il que l'on puisse reconnaître des différences majeures entre les substances ?

Auraient-elles des points communs ? De quoi est faite la matière ?

Bien des gens, au cours du temps, se sont posés les mêmes questions, et pour donner un sens à ces questions, ils ont inventé le concept « atome ». Cette activité vous permettra de revivre un pan de l'histoire de l'atome ou plutôt du modèle atomique, puisque l'atome ne peut être perçu par nos sens ni par le prolongement de ces derniers (microscope). Mais avant d'aller plus loin, qu'entendons-nous par « modèle » ?

Le concept de modèle en science

« Un modèle est une représentation visible de la réalité invisible. Cette représentation peut prendre la forme d'une comparaison, d'un dessin, d'une maquette ou simplement d'un ensemble de symboles. C'est une représentation que l'on fait après avoir observé le comportement d'un système réel mais non visible. »¹

Les qualités d'un bon modèle pourraient se résumer ainsi² :

Le modèle doit permettre une meilleure compréhension de certaines propriétés ou de certains comportements qu'il tente de représenter.

Un modèle doit être constitué d'une suite d'idées structurées, plus faciles à comprendre, qui expliquent un certain nombre de phénomènes étudiés.

Un modèle permet la prédiction de nouveaux phénomènes susceptibles d'être vérifiés par des expériences ultérieures.

Un modèle ne pourra jamais être la réalité. Il est donc partiel, puisque limité par la technologie, les connaissances et les valeurs sociales de son époque. Il peut ainsi être amélioré ou être carrément changé à la suite d'expériences faisant ressortir des faits nouveaux.

Pour mieux saisir l'idée de modèle, lisez cette petite histoire.

¹ Eva GRENIER, *En Quête des propriétés et de la structure, module 1*, Laval, Les Éditions HRW ltée, 1991, p.49.

² *Ibid.*

Les aveugles et l'éléphant

Six hommes d'Hindoustan, très enclins à parfaire leurs connaissances, allèrent voir un éléphant (bien que tous fussent aveugles) afin que chacun, en l'observant, puisse satisfaire sa curiosité.

Le premier s'approcha de l'éléphant et perdant pied, alla buter contre son flanc large et robuste. Il s'exclama aussitôt : « Mon Dieu ! Mais l'éléphant ressemble beaucoup à un mur ! »

Le second, palpant une défense, s'écria : « Ho ! qu'est-ce que cet objet si rond, si lisse et si pointu ? Il ne fait aucun doute que cet éléphant extraordinaire ressemble beaucoup à une lance ! »

Le troisième s'avança vers l'éléphant et, saisissant par inadvertance la trompe qui se tortillait, s'écria sans hésitation : « Je vois que l'éléphant ressemble beaucoup à un serpent ! »

Le quatrième, de sa main fébrile, se mit à palper le genou. « De toute évidence, dit-il, cet animal fabuleux ressemble à un arbre ! »

Le cinquième toucha par hasard à l'oreille et dit : « Même le plus aveugle des hommes peut dire à quoi ressemble le plus l'éléphant ; nul ne peut me prouver le contraire, ce magnifique éléphant ressemble à un éventail ! »

Le sixième commença tout juste à tâter l'animal, la queue qui se balançait lui tomba dans la main. « Je vois, dit-il, que l'éléphant ressemble beaucoup à une corde ! »

Ainsi, ces hommes d'Hindoustan discutèrent longuement, chacun faisant valoir son opinion avec force et fermeté. Même si chacun avait partiellement raison, tous étaient dans l'erreur.

John Godfrey Saxe, poète américain (1816-1887) ³

Chaque aveugle en comparant l'éléphant à un objet qui lui est familier produit un modèle de l'animal selon ses observations. Toutefois, chacun d'eux n'a pas une idée complète de cet animal. Leur modèle est partiel. Il n'est pas la réalité. Par contre, s'ils discutaient entre eux de leur modèle, ils en arriveraient à un consensus qui pourrait peut-être ressembler à l'éléphant. Mais comment en être sûrs puisqu'ils ne peuvent le voir. Seulement des expériences indirectes peuvent informer les aveugles de ce que semble être l'éléphant.

Les scientifiques sont dans la même situation avec l'atome. Ils ont élaboré plusieurs modèles de ce dernier à partir d'expériences indirectes mais ne pourront jamais voir l'atome puisqu'il n'est pas accessible par les sens ou leur prolongement.

Alors, pourquoi inventer des modèles si ceux-ci ne sont pas le reflet de la réalité ? Les modèles, malgré le fait qu'ils ne soient que la création de l'esprit expliquant certaines observations, permettent en plus de prédire d'autres phénomènes. Ainsi, de phénomènes en modèles et de modèles en phénomènes, les scientifiques élaborent leurs connaissances qui peuvent servir, par la suite, à développer des applications dans le quotidien et à nourrir d'autres domaines de recherche.

³ *ibid.*, p.48.

Nous allons donc retourner dans le passé et jouer, nous aussi, les aveugles comme les nombreuses personnes qui ont cherché à mieux comprendre la nature de la matière.

Matériel fourni

Avant d'aller plus loin, assurez-vous d'avoir les documents suivants en main :

Instructions sur le fonctionnement de la pièce de théâtre « Les aveugles et l'atome » ;

B.1 Extrait du scénario à compléter propre à votre rôle ;

B.2 Résumé historique sur la partie du scénario à compléter propre à votre rôle ;

B.3 Travail de synthèse sur l'évolution du modèle atomique ;

B.4 Le travail d'équipe efficace.

Préparation de la pièce de théâtre

Pour nous permettre de voir un peu plus clair dans les différentes représentations de la matière, nous allons en reconstituer les étapes importantes en montant une pièce de théâtre. Identifiez le groupe de personnages que votre professeur vous a assigné.

Groupe 1: Les Grecs (le IV^e siècle avant Jésus-Christ)

Groupe 2: Dalton et compagnie (début du XIX^e siècle)

Groupe 3: Thomson et compagnie (fin du XIX^e siècle)

Groupe 4: Becquerel, Curie et compagnie (fin du XIX^e siècle)

Groupe 5: Rutherford et compagnie (début du XX^e siècle)

Groupe 6: Bohr, Chadwick et compagnie (les années 1910-1930)

Votre tâche consistera à composer une partie du scénario et à le présenter au moment opportun (votre professeur vous indiquera quand intervenir à l'aide de cartons numérotés). Progressivement, avec le déroulement de la pièce, l'idée que l'on se faisait de l'atome pourra être connue jusqu'au début du XX^e siècle. Notez bien où vous intervenez (voir tableau, page suivante).

Pour vous aider à préparer votre scénario, vous devez utiliser les documents B.1 et B.2. Le premier document est une esquisse de la partie de la pièce concernant vos personnages. Le second est un résumé historique de votre époque que vous devez utiliser pour compléter l'esquisse.

Lisez bien les consignes, vous devez les suivre à la lettre. Tout y est indiqué : les questions auxquelles vous devrez répondre ou celles que vous devrez poser, les interventions à faire, les éléments dont vous devrez faire mention et les indications sur votre place dans la pièce.

Ces interventions devront respecter les commentaires en italique et le contexte historique présenté dans vos textes ou dans d'autres documentations pertinentes à la bibliothèque. Vous ne pourrez donc pas, par exemple, inventer des expériences mais bien vous limiter aux événements de l'époque. Évidemment, votre scénario devra être prêt le jour de la pièce puisqu'il sera évalué par votre professeur.

Remarque: Si vous le désirez, vous pouvez vous costumer, prendre un accent et apporter des accessoires décrivant soit l'époque ou encore les expériences. Laissez-vous aller, c'est votre pièce... À vous de la rendre drôle, significative et intéressante!

Et gardez en tête, que le but premier est d'avoir du plaisir !

Déroulement des interventions		
Action	Questions posées par	Personnages impliqués
Question 1	Le professeur	Les Grecs
Question 2	Le groupe de Dalton	Les Grecs
Question 3	Les Grecs	Groupe de Dalton
Question 4	Les Grecs	Groupe de Dalton
Question 5	Les Grecs	Groupe de Dalton
Intervention 6		Groupe de Thomson
Intervention 7		Groupe de Thomson
Intervention 8		Groupe de Becquerel et Curie
Intervention 9		Groupe de Becquerel et Curie
Question 10	Le groupe de Dalton	Groupe de Thomson
Intervention 11		Groupe de Rutherford
Intervention 12		Groupe de Bohr et Chadwick
Question 13	Le groupe de Rutherford	Groupe de Bohr et Chadwick
Intervention 14		Groupe de Bohr et Chadwick

Présentation de la pièce

Enfin, le jour de la pièce ! Comment cela va-t-il se passer ?

C'est très simple, la pièce débutera ainsi : votre professeur présentera le but de l'activité et quelques règles dont l'une, très importante est qu'il se réserve le droit d'intervenir à tout moment si certaines explications ne semblent pas claires. Ces interventions serviront à ne pas perdre le fil de l'histoire pour que tout le monde puisse saisir la pertinence de chacun des commentaires.

Par la suite, la première question sera posée par le professeur aux porte-parole du groupe des Grecs. Les porte-parole répondront à partir du texte qu'ils auront préparé avec leurs collègues en évitant bien sûr de le lire et en se servant du tableau ou de tout autre accessoire, si nécessaire. Ensuite, le groupe de Dalton posera la deuxième question aux Grecs. Ces derniers y répondront et continueront en posant une question au groupe de Dalton et ainsi de suite. Le professeur sera le chef d'orchestre et dirigera la pièce avec des cartons numérotés indiquant l'ordre d'intervention. De fil en aiguille, vous pourrez alors être en mesure de « voir » l'évolution du questionnement sur la nature de la matière, à partir des Grecs jusqu'au modèle atomique simplifié de Bohr-Rutherford.

Les membres de l'équipe n'intervenant pas directement dans la pièce auront à prendre des notes pour faciliter la rédaction de la synthèse de l'évolution du modèle atomique.

Après la pièce

Soyez attentifs pendant la pièce parce que vous aurez comme synthèse finale à résumer, en équipe, les modèles de chaque époque ainsi que l'explication des expériences pertinentes ayant amené chacun des modèles. Le document B.4 présente les consignes. Ce texte ne devra pas excéder 5 pages et vous devrez le remettre la semaine suivante.

Bibliographie des résumés historiques

BENSAUDE-VINCENT, Bernadette et Isabelle STENGERS. *Histoire de la chimie*, Paris, La Découverte, 1995, 360 p.

CHANG, Raymond et Luc PAPILLON, *Chimie fondamentale*, Montréal, Chenelière/McGraw-Hill, 1998, 701 p.

CREVIER, Françoise et JOSEPH, Bernard. *Les sciences: toute une expérience!*, Laval, Mondia, 1992, 317 p.

FEINBERG, J.-G. *Histoire de l'atome*, Nevers, Corrêa, 1953, 314 p.

GLASHOW, Sheldon L. *Le charme de la physique*, Paris, Albin Michel, 1997.

GRENIER, Eva., *En quête des propriétés et de la structure*, module 1, Laval, HRW limitée, 1991, 150 p.

KOZMAN, Nabil., *et al., Incursion*, Laval, Beauchemin, 1992, 432 p.

Mc QUARRIE, Donald A. et Peter A. ROCK, *Chimie générale*, 3^e édition, Bruxelles, De Boeck-Wesmael, 1992, 1155 p.

ROUSSEAU, P. *Histoire de l'atome*, Paris, Librairie Arthème Fayard, 1959, 311 p.

TOURNIER, Michèle., *Chimie, Structure de la Matière*, 3^e édition, Montréal, CEC, 1986, 90 p.

ZUMDAHL, Steven S., *Chimie Générale*, 2^e édition, Montréal, CEC, 1998, 498 p.

EXTRAIT DU SCÉNARIO À COMPLÉTER

Groupe 1 : Les Grecs

Après une brève présentation des consignes sur le déroulement de la pièce, votre professeur présente la problématique comme suit :

Comment se fait-il que l'on puisse reconnaître des différences majeures entre les substances qui nous entourent ? Et comment expliquer que ces mêmes substances ont des comportements si variés ?

Cette question a été le sujet de nombreuses réflexions et de recherches depuis très longtemps. Nous allons essayer de faire un survol des idées principales qui ont eu cours sur la nature de la matière à partir de l'époque des Grecs soit, environ cinq siècles avant Jésus-Christ. Cela ne veut pas dire, cependant, qu'il n'y a pas eu de questionnement avant cette période à ce sujet. Malheureusement, le nom de ces penseurs et leurs pensées se sont perdus au cours du temps, bien souvent, par absence de traces écrites.

Il enchaîne par la suite en vous posant la première question.

Question ou intervention	Consignes et éléments qui doivent être présents dans votre réponse
<p>QUESTION 1 (posée par votre professeur)</p> <p>Chers Grecs, pouvez-vous nous expliquer les deux opinions divergentes que vous entretenez au sujet de la nature de la matière?</p>	<p><i>Vous devez vous présenter (deux porte-parole seront nécessaires pour représenter les personnages ayant eu des opinions divergentes sur la nature de la matière).</i></p> <p><i>Ensuite, développez les arguments expliquant vos positions et un exemple, si possible, pour bien saisir ce que vous voulez dire. N'oubliez pas de mentionner ce que signifie le mot «atome».</i></p>
<p>QUESTION 2 (posée par le groupe de Dalton)</p> <p>Sur quoi basez-vous vos opinions ? Est-ce le fruit de réflexions ou d'expérimentations ?</p>	<p><i>Sélectionnez seulement un des deux choix, ne pas trop élaborer, cette question sera l'amorce, plus tard, d'une réflexion du groupe de Dalton à ce sujet.</i></p>

Question ou intervention	Consignes et éléments qui doivent être présents dans votre réponse
<p>QUESTION 3 (vous posez cette question au groupe de Dalton)</p> <p>Vous qui vous dites modernes, vous êtes bien du début du XIX^e siècle après Jésus-Christ, soit 2 200 ans après notre civilisation ? Est-ce que vous pourriez nous éclairer sur la nature de la matière ? Est-elle continue ou non? Y a-t-il des atomes ? Qui a raison?</p>	<p><i>Le groupe de Dalton répond.</i></p>
<p>QUESTION 4 (vous posez cette question au groupe de Dalton)</p> <p>John Dalton, pouvez-vous nous expliquer les points importants de votre théorie ?</p>	<p><i>Le groupe de Dalton répond.</i></p>
<p>QUESTION 5 (le porte-parole croyant à la continuité de la matière pose cette question au groupe de Dalton)</p> <p>Comment pouvons-nous croire à votre théorie si nous ne pouvons même pas percevoir ces atomes avec nos sens ?</p>	<p><i>Le groupe de Dalton répond.</i></p>

EXTRAIT DU SCÉNARIO À COMPLÉTER

Goupe 2 : Dalton et compagnie

Introduction

Les Grecs viennent de parler de leur questionnement sur la continuité de la matière. Démocrite a eu l'intuition qu'elle est constituée d'atomes, mais ne pouvait pas le prouver expérimentalement. Vous vous interrogez à ce sujet puisque, pour vous, scientifiques, il est essentiel que les affirmations soient appuyées par des faits expérimentaux. À la fin de leur exposé sur la continuité de la matière vous leur demandez :

Question ou intervention	Consignes et éléments qui doivent être présents dans votre réponse
<p>QUESTION 2 (vous posez cette question au groupe des Grecs)</p> <p>Sur quoi basez-vous vos opinions ? Est-ce le fruit de réflexions ou d'expérimentations ?</p>	<p><i>Les Grecs répondent.</i></p>
<p>QUESTION 3 (posée par les Grecs)</p> <p>Vous qui vous dites modernes, vous êtes bien du début du XIX^e siècle après Jésus-Christ, soit 2 200 ans après notre civilisation ? Est-ce que vous pourriez nous éclairer sur la nature de la matière ? Est-elle continue ou non? Y a-t-il des atomes ? Qui a raison?</p>	<p><i>Présentez-vous (nom des personnages) et situez votre époque.</i></p> <p><i>Des expériences ont permis d'élaborer la théorie atomique. Ces expériences sont celles qui ont permis de développer :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>la loi de la conservation de la masse ;</i> • <i>la loi des proportions définies ;</i> • <i>la loi des proportions multiples.</i> <p><i>Illustrez par des exemples ces lois. Écrivez au tableau si nécessaire.</i></p> <p><i>N'énoncez pas encore la théorie atomique, parlez seulement des lois.</i></p> <p><i>Faites une remarque sur l'importance de l'expérimentation en sciences et justifiez votre point de vue.</i></p>
<p>QUESTION 4 (posée par les Grecs)</p> <p>John Dalton, pouvez-vous nous expliquer les points importants de votre théorie ?</p>	<p><i>Énoncez les points importants de votre théorie, l'année de sa parution et dessinez au tableau le modèle de l'atome.</i></p>

Question ou intervention	Consignes et éléments qui doivent être présents dans votre réponse
<p>QUESTION 5 (posée par le porte-parole des Grecs croyant à la continuité de la matière)</p> <p>Comment pouvons-nous croire à votre théorie si nous ne pouvons même pas percevoir ces atomes avec nos sens ?</p>	<p><i>À l'aide des trois lois précédentes, discutez sur l'idée qu'il est préférable d'avoir plusieurs expériences qui soutiennent un modèle. Revenez sur les trois lois précédentes. Mentionnez que ces expériences sont des preuves indirectes de la présence de l'atome... mais ce ne sera toujours qu'un modèle et non la réalité.</i></p> <p><i>Concluez en faisant le lien entre les critères d'un bon modèle et votre théorie. Revenez sur les critères d'un bon modèle (voir document B.1).</i></p>

Thomson et compagnie interviennent (**interventions I.6 et I.7**), le groupe de Becquerel, Curie et compagnie suit (**I.8 et I.9**).

Après leurs interventions remettant en question votre modèle, vous posez la question suivante :

Question ou intervention	Consignes et éléments qui doivent être présents dans votre réponse
<p>QUESTION 10 (vous posez cette question au groupe de Thomson)</p> <p>Joseph Thomson, quel serait donc votre nouveau modèle atomique qui prendrait en considération les résultats de ces expériences ?</p>	<p><i>Le groupe de Thomson répond.</i></p>

EXTRAIT DU SCÉNARIO À COMPLÉTER

Groupe 3 : Thomson et compagnie

Introduction

Le groupe de Dalton et compagnie a expliqué la théorie atomique, mais un point de cette théorie ne concorde pas avec vos données expérimentales : « Toute matière est constituée de particules, indivisibles et indestructibles, appelées atomes ».

À la fin de leur exposé, vous enchaînez (deux porte-parole seront nécessaires, le premier fait l'**intervention I.6**, après le deuxième porte-parole continue avec l'**intervention I.7**).

Question ou intervention	Consignes et éléments qui doivent être présents dans votre réponse
<p>INTERVENTION 6 (vous enchaînez avec cette réplique)</p> <p>Nous voudrions intervenir, moi, Joseph Thomson et mon (ma) collègue... Avec le temps, plusieurs expériences ont convaincu nombre de scientifiques du bien-fondé de la théorie de Dalton. Ce modèle n'explique pas, toutefois, certaines expériences.</p>	<p><i>Décrivez quand ces expériences ont eu lieu et continuez en expliquant une expérience sur l'électrostatique qui semble mettre en évidence la présence de charges négatives passant d'une substance à l'autre (voir la démonstration à la fin du résumé historique).</i></p> <p><i>Faites le lien entre l'expérience et ce qui doit être déduit (ce que cela signifie).</i></p> <p><i>Représentez par un dessin, au tableau, la présence de charges négatives qui se déplacent.</i></p> <p><i>Continuez en affirmant que le modèle de Dalton doit être repensé pour expliquer le fait que l'on peut facilement arracher des charges négatives appelées aussi « électrons ».</i></p>
<p>INTERVENTION 7 (le collègue de Thomson, c'est-à-dire, le deuxième porte-parole continue)</p>	<p><i>Ajoutez qu'il y a aussi une autre expérience appuyant l'existence des électrons: l'expérience avec le tube à rayons cathodiques.</i></p> <p><i>Vous expliquez cette expérience et affirmez, encore une fois, que le modèle de Dalton doit être modifié.</i></p> <p><i>Ne proposez pas tout de suite le modèle atomique de Thomson.</i></p>

Par la suite, il y aura deux interventions (**interventions I.8 et I.9**) du groupe Becquerel, Curie et compagnie qui confirmeront, d'une certaine manière, vos résultats expérimentaux. À la fin de leurs interventions, vous aurez à répondre à la question suivante de Dalton :

Question ou intervention	Consignes et éléments qui doivent être présents dans votre réponse
<p>QUESTION 10 (posée par le groupe de Dalton)</p> <p>Joseph Thomson, quel serait donc votre nouveau modèle atomique qui prendrait en considération les résultats de ces expériences ?</p>	<p><i>Nommez et expliquez le modèle plum-pudding.</i></p> <p><i>Faites le lien entre les résultats expérimentaux et le nouveau modèle, insistez sur la présence de particules subatomiques donc sur le fait que l'atome ne serait pas indivisible et indestructible.</i></p> <p><i>N'oubliez pas de mentionner la masse relative (environ 2000 fois plus petite) des électrons par rapport à l'atome.</i></p>

EXTRAIT DU SCÉNARIO À COMPLÉTER

Groupe 4 : Becquerel-Curie et compagnie

Introduction

Le groupe de Dalton et compagnie a expliqué la théorie atomique, mais un point de cette théorie ne concorde pas avec vos données expérimentales: « Toute matière est constituée de particules, indivisibles et indestructibles, appelées atomes ».

Les expériences de Thomson remettent en question le modèle de Dalton et semblent démontrer que l'atome serait constitué de particules plus petites chargées négativement et facilement arrachables (**Interventions I.6 et I.7**). Les résultats de vos recherches, à la même époque, renforceront l'idée que l'atome n'est pas indivisible puisqu'il peut dégager autre chose...

Après la présentation du groupe de Thomson (explication de l'expérience du tube cathodique mettant en évidence la présence d'électrons, **Intervention I.7**), vous intervenez en commençant comme suit :

Question ou intervention	Consignes et éléments qui doivent être présents dans votre réponse
<p>INTERVENTION 8 (vous débutez avec cette réplique)</p> <p>Nous croyons, moi, Henri Becquerel et ma collègue, ma très chère Marie Curie, être en mesure de vous (groupe de Thomson et compagnie) aider à confirmer que le modèle atomique proposé par Dalton ne serait pas adéquat puisque les expériences que nous avons réalisées contredisent l'idée que l'atome consiste en des sphères solides et fermées...</p>	<p><i>Expliquez les expériences démontrant qu'il y a production de radiations (expliquez du même coup ce que ce terme signifie) et indiquez qui a fait ces découvertes et en quelle année. Ne pas décrire tout de suite la nature de ces radiations.</i></p> <p><i>Vous poursuivez en spécifiant ce qu'a été la contribution de Marie Curie et en quelle année.</i></p>
<p>INTERVENTION 9 (vous poursuivez avec cette réplique)</p> <p>Permettez-moi, mon cher Ernest Rutherford, de reprendre ce que vous croyez être ces radiations.</p> <p>(Assurez-vous de bien identifier où est le groupe de Rutherford pour les regarder lors de cette intervention.)</p>	<p><i>Vous décrivez, à l'aide d'un tableau, les types de radiation, leur symbole, leur charge et leur nature. Vous expliquez aussi que ces radiations transportent beaucoup d'énergie et l'impact qu'elles ont sur la matière.</i></p> <p><i>Vous continuez en affirmant que le modèle atomique de Dalton doit être repensé pour expliquer le fait qu'il y a émission de radiations.</i></p>

EXTRAIT DU SCÉNARIO À COMPLÉTER

Groupe 5 : Rutherford et compagnie

Introduction

Le groupe de Dalton demande au groupe de Thomson (**Question Q.10**) de décrire leur modèle atomique qui prend en compte les particules subatomiques.

Ce modèle se résume en une sphère de charge positive avec, à l'intérieur, des électrons de charge négative. Le tout ressemble à un gâteau « plum-pudding » où les raisins, qui représentent les électrons, sont dispersés dans une pâte à gâteau positive. Vous tentez de vérifier expérimentalement ce modèle. Après la présentation de leur modèle atomique, vous prenez la parole pour affirmer que vous n'êtes pas d'accord avec ce modèle.

Question ou intervention	Consignes et éléments qui doivent être présents dans votre réponse
<p>INTERVENTION 11 (vous débutez avec cette réplique)</p> <p>Je me présente, Ernest Rutherford. Je tiens à souligner mon désaccord à propos de votre modèle. Un des éléments qui soutient mon opinion est une expérience que j'ai menée sur le bombardement d'une feuille d'or par des rayons α (alpha).</p>	<p><i>Vous expliquez en détail l'expérience du bombardement de la feuille d'or par des rayons α. Et vous spécifiez aussi quand cette expérience a été réalisée.</i></p> <p><i>Dessinez le montage expérimental au tableau et démontrez ce qui se passerait si le modèle atomique de Thomson était adéquat.</i></p> <p><i>Par la suite, exposez ce que vous croyez être le modèle atomique. Expliquez les résultats expérimentaux à la lumière de votre modèle. Donnez un nom à ce nouveau modèle atomique et expliquez l'impact de ce modèle sur les expériences précédentes d'échange d'électrons avec le milieu, la conservation de la masse de l'atome même s'il gagne ou perd des électrons.</i></p> <p><i>Pour finir, ajoutez que le mystère règne encore sur les protons parce que vous croyez qu'ils ne peuvent pas rester ensemble, étant tous de même charge.</i></p>

Niels Bohr s'objecte à votre modèle (**Intervention I.12**) et présente son nouveau modèle. À la fin de la présentation de son modèle, vous réitérez votre inconfort face au noyau de protons avec la question suivante :

Question ou intervention	Consignes et éléments qui doivent être présents dans votre réponse
<p>QUESTION 13 (posée au groupe de Bohr)</p> <p>Je peux croire que les électrons tournent autour du noyau uniquement sur des orbites d'énergie permise, mais je ne comprends toujours pas comment le noyau pourrait rester dans cet état puisque nos prédécesseurs nous ont démontré que des charges de même signe se repoussent. Avez-vous une explication?</p>	<p><i>Le groupe de Bohr répond.</i></p>

EXTRAIT DU SCÉNARIO À COMPLÉTER

Groupe 6 : Bohr, Chadwick et compagnie

Introduction

Vous êtes le dernier groupe à intervenir. Le groupe de Rutherford vient tout juste de présenter leur modèle atomique nucléaire où l'atome serait représenté par un noyau de protons entouré par des électrons (**Intervention I.11**). Ce modèle ne vous convainc pas parce qu'il ne réussit pas à expliquer certaines de vos expériences qui semblent démontrer que l'atome absorbe de l'énergie pour en réémettre sous forme de lumière.

Deux porte-parole seront nécessaires, le premier expliquera les expériences et le modèle de Bohr, le second s'occupera des expériences de Chadwick révélant la présence de neutrons.

Question ou intervention	Consignes et éléments qui doivent être présents dans votre réponse
<p>INTERVENTION 12 (vous débutez avec cette réplique)</p> <p>J'aimerais intervenir à mon tour. Je me présente, Niels Bohr. Votre modèle ne me semble pas adéquat selon ce que je connais d'une expérience où l'hydrogène émet de la lumière constituée de quatre couleurs différentes.</p>	<p>Vous expliquez, en premier lieu, les expériences où l'hydrogène émet de la lumière constituée, lorsque séparée par un prisme, de quatre couleurs différentes.</p> <p>N'oubliez pas de mentionner quand ces expériences ont eu lieu.</p> <p>En second lieu, vous expliquez pourquoi le modèle de Rutherford n'arrive pas à expliquer ces bandes de lumière.</p> <p>Décrivez, par la suite, votre modèle tout en évitant de parler tout de suite de la présence de neutrons.</p> <p>Faites le lien entre les résultats de vos expériences et le nouveau modèle. Insister sur la discontinuité des bandes et les niveaux d'énergie permis par les électrons. Ces niveaux sont représentés par des orbites spécifiques dans le modèle. Parlez de quantum (quanta au pluriel) et expliquez ce que ce concept signifie.</p>

Rutherford intervient, par la suite, en vous posant la question suivante :

Question ou intervention	Consignes et éléments qui doivent être présents dans votre réponse
<p>QUESTION 13 (posée par Rutherford)</p> <p>Je peux croire que les électrons tournent autour du noyau uniquement sur des orbites d'énergie permise, mais je ne comprends toujours pas comment le noyau peut rester dans cet état puisque nos prédécesseurs nous ont démontré que des charges de même signe se repoussent. Avez-vous une explication ?</p>	<p>Le deuxième porte-parole du groupe de Bohr-Chadwick se présente, décrit les résultats de ses expériences en quelle année elles ont eu lieu. Il démontre ainsi la présence de neutrons assurant la cohésion des protons.</p>
<p>INTERVENTION 14 (vous débutez avec cette réplique)</p> <p>Plus précisément, voici en quoi consiste notre modèle atomique en tenant compte cette fois-ci des neutrons. Je m'explique :</p>	<p>Présentez à nouveau votre modèle atomique avec l'ajout des neutrons. Et précisez que ce modèle est appelé : le modèle atomique actuel simplifié ou encore le modèle de Rutherford-Bohr.</p> <p>Représentez au tableau un exemple d'élément (par exemple, le fluor) en spécifiant le nombre d'électrons sur chacun des niveaux énergétiques. Identifiez la particule subatomique qui caractérise la nature de l'élément et qui décrit aussi son numéro atomique. Identifiez la particule qui participe aux réactions chimiques et comment elle y participe.</p> <p>Expliquez ce que signifie « isotope » et la particule qui y est en jeu.</p>

RÉSUMÉ HISTORIQUE

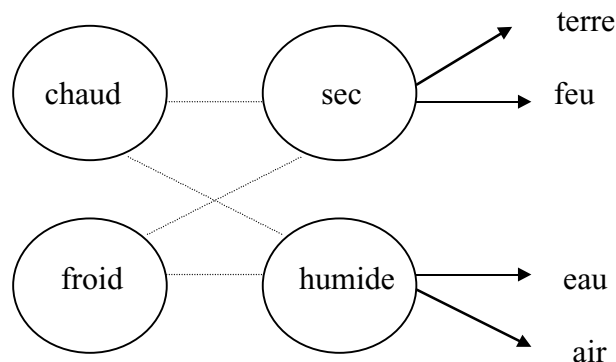
La continuité et la discontinuité de la matière, fruit de la réflexion des Grecs

Au V^e siècle avant Jésus-Christ, en Grèce antique, des philosophes s'interrogent sur la nature de la matière. De quoi sont faits le ciel, la mer et tout ce qui nous entoure ? Comment la glace peut-elle fondre et l'eau devenir de la vapeur ? Tout en ayant des apparences différentes, la glace, l'eau et la vapeur sont tout de même une seule et même matière. Pourquoi en est-il ainsi ?

Démocrite et d'autres penseurs de cette époque se posèrent donc ces questions. Leurs réflexions ont abouti à ce qu'on appelle des modèles de la nature de la matière. À la différence de certains, Démocrite affirme que la matière est discontinue et qu'elle est composée d'un ensemble de particules indivisibles. Ainsi, on pourrait diviser un bijou en argent en morceaux de plus en plus petits et, éventuellement, on obtiendra un minuscule morceau indivisible, une particule qui néanmoins conservera toutes les propriétés de l'argent. Il est le premier à utiliser le terme atome du grec *atomos* qui signifie indivisible. Selon lui, c'est l'arrangement et la disposition de ces particules identiques qui font varier les caractéristiques de la matière.

Son modèle implique aussi la notion de vide, d'espace entre les particules comme les grains d'un tas de sable séparés des autres par un vide. Pour bien illustrer le concept de vide entre les particules, on n'a qu'à penser à l'ajout de sucre dans un verre d'eau; s'il n'y avait pas de vide, le sucre ne disparaîtrait pas après l'avoir bien mélangé à l'eau. Par contre, s'il y a de l'espace entre les particules, il est beaucoup plus facile de s'imaginer que le sucre se disperse entre ces particules donnant l'impression qu'il a disparu. C'est une théorie audacieuse car Démocrite, par ailleurs, exclut l'intervention des dieux dans une société où on croit que ces derniers interviennent dans toutes les sphères de la vie.

Au siècle suivant, le modèle de Démocrite en prend pour son rhume. Un dénommé Aristote, inspiré par le philosophe Empédocle, soutient que la matière est continue, qu'elle remplit complètement l'espace qu'elle occupe. Il ne peut ni concevoir le vide autour des particules, ni rejeter l'intervention divine dans la création de la matière. Comment reconnaître l'existence des atomes, si on ne peut les percevoir avec nos sens ? Selon lui, les différentes formes de la matière sont plutôt un mélange en proportion variée des quatre éléments suivants : la terre, l'eau, l'air et le feu. Ces éléments serviraient de support aux qualités fondamentales (chaud, sec, froid, humide). Le chaud et le sec engendrent le feu, le chaud et l'humide produisent l'air, le froid et le sec donnent la terre et le froid et l'humide créent l'eau.



Prenons l'exemple d'une bûche qu'on brûle. Selon cette conception, la sève a une forte proportion de l'élément eau, les cendres sont composées surtout de terre et la fumée, d'air. Pourquoi ? Eh bien, la sève n'est-elle pas comme de l'eau, froide et humide ? Les cendres deviennent froides et sèches comme la terre. Et la fumée a les qualités de l'air, elle peut être chaude et humide. Pendant les vingt siècles suivants, c'est ce modèle de la matière continue qui a prévalu.

Pour finir, les théories sur la continuité ou la discontinuité de la matière des Grecs sont basées sur des réflexions. Ce sont néanmoins ces réflexions qui ont forgé la base de la démarche scientifique telle que nous la connaissons aujourd'hui avec son cortège d'hypothèses et d'expérimentation.

Références

GRENIER, Eva. *En quête des propriétés et de la structure*, module 1, Laval, Les Éditions HRW ltée, 1991, 150 p.

KOZMAN, Nabil *et al. Incursion, Sciences physiques 416-436*, Laval, Éditions Beauchemin ltée, 1992, 432 p.

LAFFERTY, Peter. *La matière*, Paris, Gallimard, 1993, 64 p.

MASSAIN, R. *Chimie et chimistes*, Paris, Magnard, 1963, 392 p.

RÉSUMÉ HISTORIQUE

Les lois fondamentales de la chimie et le modèle de Dalton

Ce n'est qu'au XVII^e siècle que le modèle d'Aristote, qui veut que la matière soit continue, sera remis en question. Les idées sur la nature de la matière se raffinent petit à petit grâce à l'évolution des instruments de mesure et grâce à la diffusion des connaissances qu'amène l'imprimerie. C'est le début de la révolution scientifique.

À la fin du XVIII^e siècle, la chimie est considérée comme une science à part entière. Cette époque est marquée par l'apport d'un scientifique qu'on nomme, à raison, le père de la chimie moderne : Antoine de Lavoisier (1743-1794). Fasciné par la science, Lavoisier doit malheureusement se rendre à l'évidence que sa passion coûte cher. Pour financer ses travaux, il se fit percepteur d'impôts et épousa la fille de l'un des directeurs de l'entreprise où il travaillait. Avec l'aide de sa femme, Marie-Anne, il pesa rigoureusement les réactifs et les produits des réactions. Lavoisier pesa même des gens et des animaux pendant de longues périodes pour savoir ce qui arrivait à l'air, la nourriture et l'eau qu'ils absorbaient. Ainsi, il déduit la quantité de gaz absorbée par ces personnes en mesurant la quantité de nourriture et d'eau consommée ! C'est donc grâce à un instrument bien banal à nos yeux, la balance, principal instrument de mesure du chimiste du XVIII^e siècle, que Lavoisier en vient à énoncer, en 1789, le principe de la conservation de la masse:

Rien ne se perd, rien ne se crée.

En d'autres mots, dans toute réaction chimique, la masse des substances produites (les produits) est exactement la même que la masse des substances utilisées (les réactifs). Par exemple, lorsque l'on fait chauffer du mercure en présence d'air dans un vase clos, la masse du vase clos avec les réactifs au départ pèse exactement la même chose que la masse du vase clos avec les substances produites après la réaction. Ainsi, la masse de la quantité d'oxygène de l'air disparue (qui a réagi) ne fait qu'être transférée au produit rouge et terreux obtenu qui est plus lourd que le mercure de départ.

Par ailleurs, dans son *Traité élémentaire de chimie*, premier traité de chimie moderne, Lavoisier nomme 33 éléments dont 23 sont encore conservés aujourd'hui. Malheureusement, sa carrière de scientifique s'achèvera abruptement en 1794, année où il fut guillotiné sous le régime de la Terreur, durant la Révolution française. Sa situation de bien nanti et de percepteur d'impôts pour le roi lui valut ce traitement fatal.

Dans la même veine, Joseph Proust (1754-1826) expérimente aussi de façon quantitative. Il étudie les composés chimiques pour en venir à la conclusion suivante :

Un composé contient toujours les mêmes éléments combinés dans les mêmes proportions.

C'est la loi de Proust aussi connue sous le nom de loi des proportions définies. Dans un article publié en 1799, il montre que l'oxyde de mercure a toujours la même composition, qu'il soit produit en laboratoire ou extrait d'une mine au Pérou. La proportion de mercure en masse par rapport à l'oxygène dans l'oxyde de mercure est toujours fixe, soit une partie d'oxygène pour 25,07 parties de mercure.

Le principe de Lavoisier et la loi de Proust ouvrent la voie aux travaux de John Dalton (1766-1844) au début du XIX^e siècle. Météorologiste minutieux, il tint un registre des conditions climatiques pendant 46 ans. Il savait, par exemple, que l'air est composé d'oxygène, de gaz carbonique, d'azote et de vapeur d'eau. Il travailla sur les mélanges gazeux et l'absorption de l'eau par l'air atmosphérique. Pourquoi les gaz peuvent-ils rester mélangés au lieu de se séparer en couches ? C'est en cherchant à expliquer les différences de solubilité des gaz qu'il est amené à reprendre le concept de Démocrite :

*« Nous avons tenté de montrer que la matière, bien qu'elle soit divisible à un degré extrême, ne l'est cependant pas indéfiniment, et qu'il doit exister un point que nous ne pouvons pas dépasser dans sa division. L'existence de ces ultimes particules ne fait guère de doute, bien qu'elles soient probablement bien trop petites pour jamais s'offrir notre regard... J'ai choisi le mot atome pour nommer ces particules fondamentales, de préférence à particule, à molécule ou à tout autre terme réducteur, parce que je le considère comme beaucoup plus expressif ; il contient en lui-même la notion d'indivisibilité ce que ne font pas les autres. »*¹ écrit-il en 1808 dans *A New System of Chemical Philosophy*.

Dans ce même ouvrage, il proposa ainsi sa théorie atomique :

1. Les atomes sont les constituants ultimes de la matière et ne peuvent se décomposer en unités plus petites.
2. Tous les atomes d'un même élément sont identiques en taille, forme et masse et possèdent les caractéristiques propres à cet élément (voir figure 1).
3. Les atomes d'éléments différents se distinguent soit par leur taille, soit par leur masse, ce qui explique les différences existant entre les éléments eux-mêmes.
4. Les atomes se combinent les uns aux autres pour former des composés. La proportion des atomes pour un composé donné est toujours la même.
5. Les atomes, lors des réactions chimiques, ne subissent aucune modification. Elles n'entraînent ni destruction, ni création d'atomes. Il n'y a que séparation des atomes entre eux, combinaison nouvelle ou réarrangement des atomes pour former de nouveaux composés.

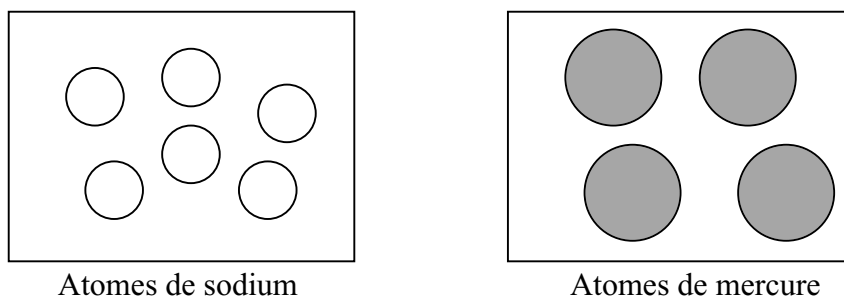


Figure 1 : Modèle atomique proposé par Dalton

1. Sheldon L. Glashow, p. 122.

Donc, Dalton considère les atomes comme étant des sphères solides (indivisibles), de dimension et de masse variables selon les éléments.

À la lumière de cette théorie, il est possible de mieux comprendre la loi des proportions définies de Proust.

Si l'oxyde de mercure a toujours la même proportion de mercure par rapport à l'oxygène, soit une partie d'oxygène pour 25,07 parties de mercure en masse dans n'importe quel échantillon, il semble donc logique de croire que le rapport du nombre d'atomes de chaque soit constant aussi. On pourrait prétendre, par exemple, qu'il y aurait toujours un atome d'oxygène pour deux atomes de mercure (Hg_2O).

Enfin, il approfondit son étude des composés en formulant la *loi des proportions multiples* :

Si deux éléments peuvent se combiner pour former plus d'un composé, les rapports entre les masses du second élément des différents composés qui s'associent à un gramme du premier élément peuvent toujours être réduits à de petits nombres entiers.

Exemple ²	Masse d'oxygène combinée à 1g de carbone
composé I	1,33 g
composé II	2,66 g

Si on calcule le rapport des masses d'oxygène pour la même quantité de carbone des deux composés, on obtient :

$$\frac{\text{composé I}}{\text{composé II}} = \frac{1,33 \text{ g}}{2,66 \text{ g}} = \frac{1}{2}$$

Il y a effectivement, selon la loi des proportions multiples, un rapport de petits nombres entiers (1 : 2) entre la masse d'oxygène des deux composés.

Donc, on peut conclure que le nombre d'atomes d'oxygène du composé II est deux fois plus grand que le nombre d'atomes d'oxygène du composé I; il est alors raisonnable de croire que le composé I pourrait être du monoxyde de carbone (CO) et que le composé II pourrait être du dioxyde de carbone (CO_2). Et s'il y avait un composé III possible, la masse de l'oxygène pourrait être trois fois plus grande que celle du composé I, soit 3,99 g (rapport 1 : 3). Et conséquemment, on pourrait prétendre que le composé III aurait comme formule CO_3 ³.

À l'aide de la loi des proportions multiples, Dalton établit la masse relative des atomes les uns par rapport aux autres en utilisant l'hydrogène comme référence. Il composa le premier tableau des éléments. Toutefois, il fit des hypothèses sur la formule de certains composés qui s'avèrent inexactes, ce qui engendra des erreurs dans la masse atomique de quelques éléments.

Les masses atomiques calculées par Dalton furent, cependant, d'une grande utilité aux chimistes qui ont pu caractériser ainsi une quantité croissante de substances simples et de composés.

² Stevens S. Zumdahl. p.36 et 37.

³ Il est à noter cependant que ce composé ne se retrouve pas dans la nature parce qu'il est beaucoup trop instable.

Références

BENSAUDE-VINCENT, Bernadette et Catherine KOUNELIS, *Les atomes : une anthologie*, Paris, Presses Pocket, 1991, 334 p.

GLASHOW, Sheldon L. *Le charme de la physique*, Paris, Albin Michel, 1997, 321 p.

LAFFERTY, Peter. *La matière*, Paris, Gallimard, 1993, 64 p.

ZUMDAHL, Steven S. *Chimie générale*, Montréal, Centre Éducatif et Culturel inc. 1988, 481 p.

RÉSUMÉ HISTORIQUE

De l'électricité statique à l'électron de Thomson

La découverte de l'électricité remonte aux Grecs qui avaient noté qu'un morceau d'ambre frotté pouvait attirer à lui des objets.

Des siècles plus tard, un physicien anglais, William Gilbert (1540-1603) a démontré que d'autres substances pouvaient agir comme l'ambre. Vers 1600, pour nommer la force d'attraction de ces objets, il suggère le terme électricité du grec *ēlektron* qui signifie ambre.

En 1733, le Français Charles François de Cisternay du Fay (1698-1739) découvre qu'il existe deux types de charges électriques : l'une dérivant du verre (la vitreuse) et l'autre dérivant de l'ambre (la résineuse). Une substance ayant les charges de l'une est susceptible d'attirer l'autre, mais deux substances ayant le même type de charge se repousseront.

Benjamin Franklin (1706-1790), un scientifique américain et diplomate de surcroît, suggère vers 1740 que l'électricité est un fluide. Quand une substance contient une grande quantité de ce fluide électrique, elle possède un type de charge et lorsqu'elle contient moins de fluide, elle possède l'autre type. Ce scientifique soutenait, par exemple, que le verre contenait une quantité de fluide plus importante que la « normale » et que le tissu possédait moins de fluide que la « normale ». Lorsque ces deux corps chargés différemment se touchaient, il s'ensuivait une circulation du fluide électrique de l'un vers l'autre afin de rétablir un équilibre neutre.

Ainsi, ces scientifiques amorcèrent les premiers jalons de la théorie moderne de l'électrostatique. Mais revenons à la théorie atomique. Si la matière est constituée d'atomes indivisibles, comment peut-on expliquer la circulation de charges électriques d'une substance à l'autre ? Plusieurs autres expériences vont mener à la remise en question de la théorie atomique de John Dalton et à la découverte de particules encore plus petites que l'atome : les électrons.

En mettant au point le tube à rayons cathodiques, le physicien anglais William Crookes (1832-1919) participa aux expériences qui mirent en lumière la présence d'électrons. Son succès reposa, entre autres, sur sa capacité à produire un excellent vide à l'intérieur de son tube. Plus le vide est intense, plus le courant qui passe entre les deux électrodes métalliques est important. Le courant électrique part de la cathode (électrode négative) et voyage vers l'anode (électrode positive) en émettant une lumière verte. Or, les physiciens de l'époque ne connaissaient ni la nature de ce courant électrique, ni pourquoi il était attiré par la borne positive (anode). On nomma ce flot de lumière, le rayonnement cathodique.

C'est l'Anglais Joseph John Thomson (1856-1940) qui résolut l'énigme. Il travaille, en 1897, à Cambridge où il occupe une chaire de physique expérimentale. Entouré d'étudiants diplômés, dont Ernest Rutherford, un autre acteur de l'histoire du modèle atomique, il produisait des rayons cathodiques en présence de gaz à basse pression dans le dispositif de Crookes en utilisant des électrodes faites de différents métaux. En faisant passer les rayons cathodiques dans un champ électrique créé par deux électrodes de bornes opposées perpendiculaires à ces rayons, il observa que ces derniers étaient attirés par l'électrode positive (anode) provoquant une déviation de leur trajectoire (voir figure 1). Il supposa alors que ces rayons étaient constitués de particules chargées négativement. Il détermina aussi le rapport entre la charge et la masse de ces particules qu'il appela électrons.

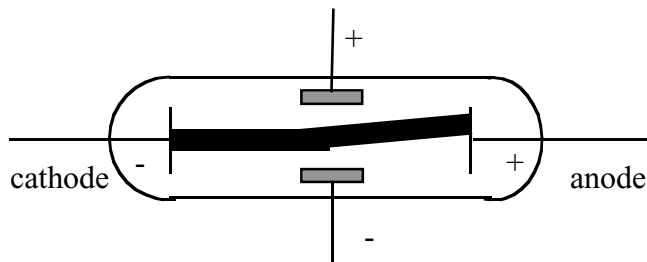


Figure 1 : Déviation des rayons cathodiques vers l'électrode positive d'un champ électrique.

Dans une conférence sur la théorie atomique, donnée en 1914, il présente la somme des connaissances du temps sur l'atome et, plus particulièrement, sur l'électron :

... Lorsque nous analysons un gaz à travers lequel passe une décharge électrique, nous trouvons, ..., des particules d'un type entièrement différent; ces particules sont toujours chargées d'électricité négative, et leur masse est une fraction excessivement faible (1/1700) de celle du plus petit atome connu, l'atome d'hydrogène. Elles sont si minimes que le rapport de leur volume à celui de l'atome est tout à fait comparable au rapport du volume d'une petite boule à celui de cette salle. Ces particules ont reçu le nom d'électrons ou corpuscules, et quelle que soit la nature matérielle du gaz, que ce soit de l'hydrogène, de l'hélium ou de la vapeur de mercure, toujours la qualité des électrons reste invariable; en fait, il n'y a qu'une seule espèce d'électron, et nous pouvons l'extraire de chaque sorte de matière. La conclusion s'impose que l'électron ou corpuscule est un constituant de tout atome...

Sachant que l'atome est neutre, Joseph Thomson soupçonna la présence de charges positives. Il proposa alors le modèle suivant : un atome consiste en une sphère uniforme de charge positive dans laquelle sont dispersés au hasard des électrons négatifs. On désigne souvent ce modèle - *modèle plum-pudding* - en référence au traditionnel gâteau aux raisins anglais (voir figure 2).

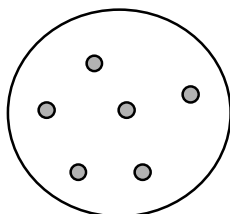


Figure 2 : Modèle atomique *plum-pudding* proposé par Thomson.

Plus tard, en 1909, s'aidant du rapport charge/masse trouvé par Thomson, Robert Millikan calculera précisément la masse de l'électron ($9,09 \times 10^{-28}$ g) en effectuant des expériences mesurant la charge de ce dernier et confirma, ainsi, la nature particulière des électrons constituant les rayons cathodiques.

Références

BENSAUDE-VINCENT, Bernadette et Catherine, KOUNELIS, *Les atomes : une anthologie*, Paris, Presses Pocket, 1991, 334 p.

CHANG, Raymond et Luc PAPILLON. *Chimie fondamentale*, Montréal, Chenelière/McGraw-Hill, 1998, 697 p.

CREVIER, Françoise et Bernard JOSEPH. *Les sciences, toute une expérience !*, Laval, Mondia, 1991, 319 p.

GRENIER, Eva. *En quête des propriétés et de la structure*, module 1, Laval, Les Éditions HRW ltée, 1991, 150 p.

KOZMAN, Nabil *et al. Incursion*, Laval, Beauchemin ltée, 1992, 432 p.

ZUMDAHL, Steven S. *Chimie générale*, Montréal, Centre Éducatif et Culturel inc. 1988, 481 p.

Démonstration sur l'électricité statique (à réaliser lors de votre intervention)

Attachez deux ballons par une corde sur un support universel. Frottez tout le tour des deux ballons avec un morceau de fourrure de lapin (de la laine ou des cheveux). Et maintenez-les éloignés.

Rapprochez progressivement les deux ballons et soulignez qu'il y a répulsion des ballons.

Frottez à nouveau un des ballons avec la fourrure de lapin (de la laine ou des cheveux). Rapprochez le ballon de la peau de lapin (de la laine ou des cheveux) et soulignez qu'il y a attraction.

Expliquez, par la suite, cette expérience, en n'oubliant pas de mentionner les points importants qui suivent:

- il faut supposer que les atomes sont constitués de particules plus petites (subatomiques) de charges négatives et positives ;
- les atomes doivent être neutres initialement. Ils contiendraient donc autant de charges positives que de charges négatives ;
- l'électricité statique serait créée par un échange de charges négatives seulement ;
- certaines substances attirent davantage les charges négatives que d'autres ;
- en ordre de force d'attraction, il y a le caoutchouc, l'ébonite, le polyéthylène (attirent fortement les charges négatives) et ensuite viendraient le coton, la soie, le verre, l'acétate et les poils de lapin (cèdent facilement les charges négatives) ;
- les charges opposées s'attirent et les charges identiques se repoussent.

Par conséquent, les charges négatives passent du poil de lapin vers le caoutchouc des ballons. Ces derniers ont un excès de charges négatives (ils deviennent chargés négativement) et les poils de lapin ont un excès de charges positives (ne pas oublier que les atomes, étant neutres au départ, se retrouvent donc avec plus de charges positives que de charges négatives).

Lorsque les deux ballons sont près l'un de l'autre, il y a répulsion parce que les charges identiques se repoussent (les deux sont chargés négativement).

Lorsque le ballon (chargé négativement) est près de la peau de lapin (chargée positivement), il y a attraction parce que les charges opposées s'attirent.

Cette petite démonstration permettra de convaincre Dalton que les atomes ne sont pas des unités indivisibles (limites du modèle atomique de Dalton) puisque vous prétendez que les charges négatives appelées aussi électrons peuvent être arrachés facilement des atomes.

RÉSUMÉ HISTORIQUE

Becquerel, Curie et la radioactivité

La présence de particules positives à l'intérieur de l'atome a été suggérée par toute une série d'expériences reliées à la découverte de la radioactivité. Deux noms français sont fortement associés à la radioactivité. Il s'agit d'Antoine-Henri Becquerel (1852-1908) et de Marie Sklodowska-Curie (1867-1934).

Avant de s'intéresser à la contribution de ces deux personnages, attardons-nous un moment sur les recherches du physicien allemand Wilhelm Röntgen (1845-1923). En 1895, ce dernier était intrigué par un phénomène étrange. Lorsqu'il étudiait les rayons cathodiques du tube de Crookes (rayons verts émis lorsqu'un courant électrique passe d'une cathode chargée négativement vers une anode chargée positivement dans un tube vidé de tout gaz, voir figure 1), il remarqua que toutes les plaques photographiques vierges se retrouvant dans le laboratoire étaient voilées. Il n'arrivait pas à comprendre comment les rayons cathodiques pouvaient impressionner les plaques parce qu'il était connu, à cette époque, que ces rayons ne franchissaient pas plus que quelques millimètres de distance.

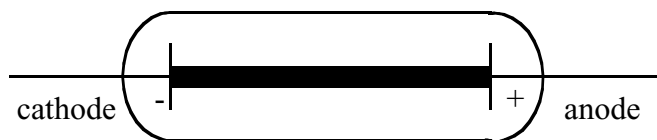


Figure 1 : Tube à rayons cathodiques de Crookes.

Pour s'assurer que ce n'était pas la lumière qui imprégnait les plaques photographiques, il fit l'obscurité totale dans la salle et plaça du papier noir autour du tube. Il approcha un papier imprégné d'une composition fluorescente et fut surpris de voir ce papier devenir lumineux. Il y avait donc un rayon invisible émis par le tube qui réussissait à provoquer la fluorescence du papier comme la lumière de phares d'auto sur les panneaux de signalisation d'aujourd'hui. Par la suite, il recommença avec un papier fluorescent mais à une distance plus grande, il brilla toujours. Il plaça un carton entre le tube et le papier : ce dernier brilla à nouveau. Il plaça le papier derrière la porte, il éclaira encore... Il plaça même sa main entre la plaque et le tube : l'ombre de ses os apparut sur la plaque. À la fin de l'année 1895, après plusieurs autres expériences, il communiqua ses résultats à la Société de physique de Wurzburg :

Des rayons de nature inconnue - qu'il appela rayons X - sont émis de la partie fluorescente du tube de Crookes et ont la propriété de passer à travers des corps opaques, du bois, du métal et même à travers le corps humain rendant visible le squelette.

Plusieurs physiciens étudièrent ces rayons mystérieux. Becquerel, spécialisé dans l'étude de la fluorescence, voulut vérifier si les minéraux fluorescents naturels produisent, eux aussi, des rayons X. Il plaça des cristaux de sels d'uranium sur une plaque photographique vierge soigneusement enveloppée. Pour rendre les cristaux fluorescents, il les exposa à la lumière du soleil. Il supposa que la lumière développerait de la fluorescence et que celle-ci engendrerait les rayons X qui impressionneraient la plaque. Après quatre heures d'exposition, il développa la plaque photographique et distingua la silhouette des cristaux. Il crut que les minéraux émettaient donc des rayons X. Il répéta, par la suite, l'expérience dans différentes conditions.

Un jour, le temps étant couvert, Becquerel rangea la plaque photographique dans un tiroir sous des sels d'uranium. Quelle ne fut pas sa surprise lorsqu'il développa plus tard sa plaque photographique ! La plaque avait été voilée par les sels d'uranium. La tache épousait parfaitement le contour des sels d'uranium. Ces sels émettaient donc des radiations pénétrantes sans la présence de lumière. Il conclut que la radiation émise par les cristaux était donc d'une nature différente des rayons X.

Marie Curie nomma ce phénomène la radioactivité. Elle démontra que l'intensité du rayonnement de Becquerel dépend seulement de la quantité d'uranium présent invariablement de la température, de la dissolution et de la composition du sel d'uranium. Que l'uranium soit simplement sous forme d'élément ou combiné en composé, il demeure radioactif.

À la suite de conseils de Becquerel, elle entreprit l'étude de l'activité radioactive. En compagnie de son mari Pierre Curie, elle voulut isoler de nouveaux éléments provenant d'un minerai appelé pechblende qui émettait quatre fois plus de radioactivité que l'uranium pur. Dans un misérable hangar appartenant à l'École de physique et de chimie de la ville de Paris, ils effectuèrent les longues étapes de purification du minerai à partir de tonnes de pechblende. En 1898, leurs efforts furent couronnés de succès lorsqu'ils réussirent à en isoler deux nouveaux éléments. Ils baptisèrent le premier polonium, en souvenir du pays d'origine de Marie (la Pologne), et le second radium, du latin *radius* pour rayonnement. Le radium servit par la suite d'étalon de mesure pour permettre aux laboratoires de différents pays de mesurer la radioactivité de leurs produits.

En 1898, Becquerel emprunta du radium à Pierre et Marie Curie pour tenter de déterminer la nature du rayonnement radioactif. Il le déposa dans une boîte de plomb dont le couvercle était percé. Pour vérifier si les rayons étaient des corpuscules chargés positivement ou négativement, il les fit passer à travers un champ électrique et fut surpris d'observer non pas un seul rayon sur l'écran fluorescent mais trois. Deux rayons étaient opposés l'un à l'autre, il en conclut qu'ils devaient être de charges opposées, et un rayon était au centre de ces derniers. Il supposa qu'il était neutre parce qu'il n'était pas influencé par le champ électrique. Il étudia le rayon le plus dévié qu'il appela rayon β (bêta). Il détermina qu'il était composé d'électrons parce qu'il était attiré par l'électrode positive (anode) et que ces particules avaient la même masse et la même charge ($1-$) que les électrons caractérisés plus tôt.

À la même époque, Ernest Rutherford étudia aussi le rayonnement radioactif provenant de l'uranium et en conclut que le rayon opposé au rayon β était constitué de noyaux d'hélium chargés $2+$; il l'appela rayon α (alpha). Le rayon central neutre était de l'énergie émise sous forme de rayonnement ondulatoire comme les rayons X. Il le nomma rayonnement γ (gamma).

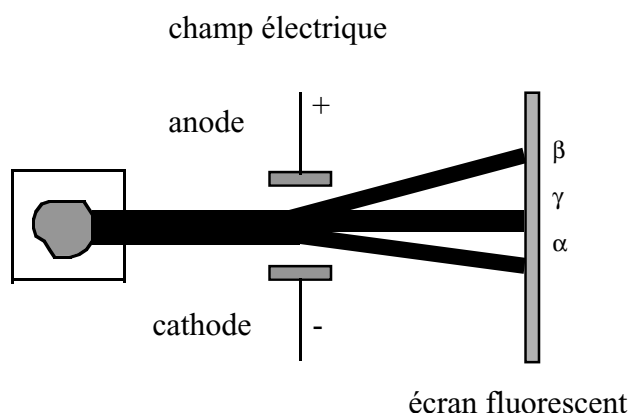


Figure 2 : Déviation du rayonnement radioactif du radium.

Plus tard, il a été possible de caractériser la force de pénétration de chacun de ces rayons. Les particules α sont arrêtées par une feuille de papier. Les particules β peuvent franchir jusqu'à 1 à 2 cm d'eau ou de chair humaine tandis que les rayons γ peuvent traverser jusqu'à un mètre de béton.

Finalement, en 1903, le prix Nobel de physique fut attribué simultanément à Henri Becquerel et à Pierre et Marie Curie pour la découverte de la radioactivité. Puis, en 1911, Marie Curie reçut le prix Nobel de chimie, cette fois, pour l'isolement du radium.

Références

BENSAUDE-VICENT, Bernadette et Isabelle STENGERS. *Histoire de la chimie*, Paris, La Découverte, 1992, 360p.

FEINBERG, J.-G. *Histoire de l'atome*, Paris, Corrêa, 1953, 314 p.

GRENIER, Eva. *En quête des propriétés et de la structure*, module 1, Laval, Les Éditions HRW ltée, 1991, 150 p.

KOZMAN, Nabil *et al.* *Incursion, Sciences physiques 416-436*, Laval, Éditions Beauchemin ltée, 1992, 432 p.

ROUSSEAU, Pierre. *Histoire de l'atome*, Paris, Librairie Arthème Fayard, 1959, 307 p.

RÉSUMÉ HISTORIQUE

Rutherford et l'analogie du système solaire

À la même époque de l'isolement du radium, c'est-à-dire en 1902, Ernest Rutherford (1871-1937) travaillait à l'université McGill à Montréal. Avec l'aide du chimiste anglais Frederick Soddy (1877-1956), il observa le phénomène de la désintégration radioactive du thorium en thorium x. Ils en conclurent que la radioactivité n'est pas une propriété élémentaire, mais l'indice de la transformation d'un élément en un autre. De plus, ils démontrèrent que l'activité radioactive décroît de façon exponentielle et ils utilisèrent le terme demi-vie pour qualifier le temps requis pour qu'un élément perde la moitié de son activité radioactive. Ces travaux sur la radioactivité ont valu à Rutherford le prix Nobel en 1908 et à Soddy en 1922.

En 1907, Rutherford retourna en Angleterre à l'université de Manchester où il continua son étude de la nature de la radioactivité. Il montra que l'un des composants du rayonnement radioactif est composé de particules de charge positive qu'il nomma α (alpha). Avec son assistant Hans Geiger (1882-1945), il poursuivit des travaux qui le menèrent à élaborer un nouveau modèle atomique.

En 1911, Hans Geiger et un autre étudiant, Ernest Marsden, entreprirent alors de lancer des particules α sur des feuilles de métal pour tester le modèle de Thomson. À leur grande surprise, ils virent les particules rebondir et ce, indépendamment du type de métal: elles rebondirent sur du plomb, de l'or, du platine, de l'étain, de l'argent, du cuivre, du fer et de l'aluminium. Plus la masse atomique de l'élément était élevée et plus les particules réfléchies étaient nombreuses.

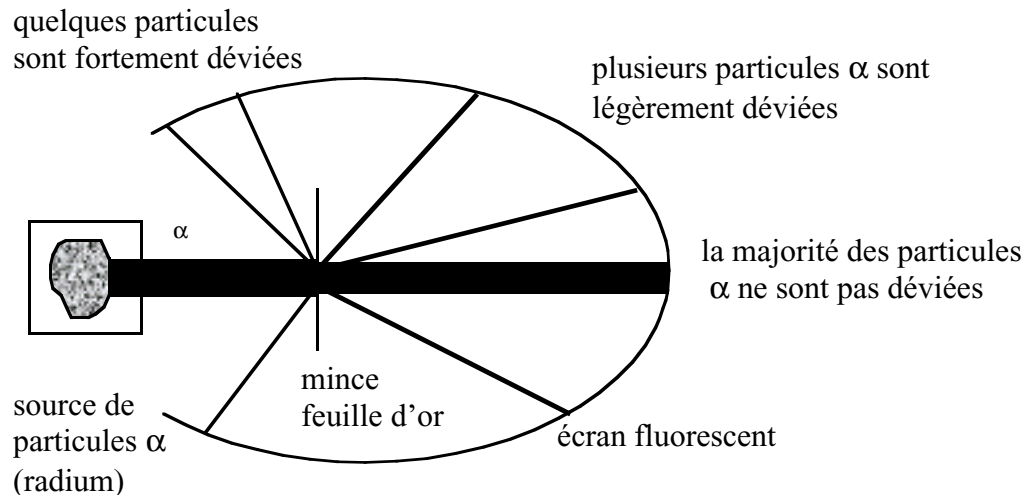


Figure 1 : Déviation de la trajectoire des particules alpha lorsqu'elles passent à travers une mince feuille d'or.

Selon le modèle de Thomson, qui consistait en un nuage sphérique positif contenant des électrons de masse négligeable, l'équipe de Rutherford s'attendait à voir les particules alpha traverser l'atome un peu comme un couteau passe à travers du beurre mou. Or, il n'en était rien. Bien que la majorité des particules alpha traversaient la feuille métallique en ligne droite, certaines étaient légèrement déviées et d'autres rebondissaient à un angle supérieur à 90 degrés. Ces observations permirent à Rutherford de dégager un nouveau modèle atomique et de remettre en question celui de Thomson.

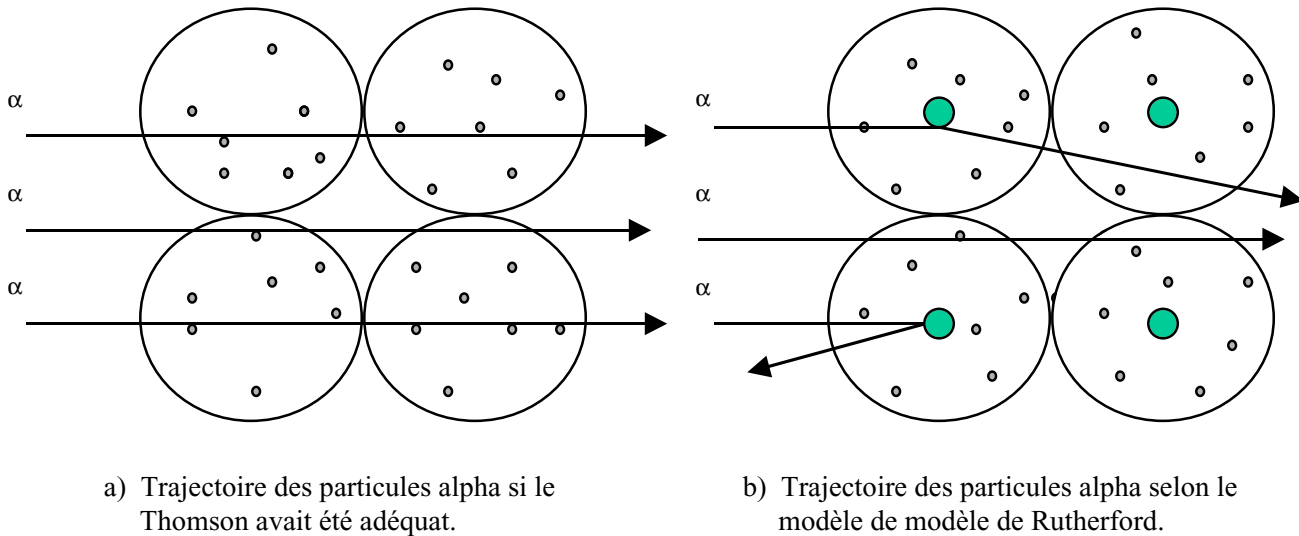


Figure 2 : Hypothèses émises par Rutherford pour expliquer la trajectoire des particules alpha : a) selon le modèle de Thomson, b) selon le modèle de Rutherford.

Voici les déductions qu'il fit pour élaborer son modèle :

- L'atome est en grande partie composé de vide, car la majorité des particules alpha traversent la feuille sans être déviées. Conséquemment, la matière elle-même est constituée surtout de vide.
- Les particules déviées à plus de 90 degrés ont dû entrer en collision avec quelque chose de massif à l'intérieur de l'atome. Compte tenu du fait qu'une faible proportion de particules est déviée (1/100 000), cet obstacle est donc de faible dimension. Rutherford lui donna le nom de noyau. Pour mieux saisir la dimension du noyau, on pourrait le comparer à une petite bille : si le noyau est une bille, l'atome serait de la taille du stade olympique.
- Si les particules alpha sont légèrement ou fortement déviées, c'est qu'il doit y avoir quelque chose dans l'atome qui les empêche de continuer leur chemin, comme un énorme champ électrique positif à l'intérieur de l'atome. Il supposa alors que le noyau au centre de l'atome porterait donc la totalité de la charge positive de l'atome.

À la lumière de ces déductions, Rutherford rejeta le modèle de Joseph Thomson pour proposer plutôt ce dernier :

Un noyau dense positif avec des électrons gravitant autour, sorte de système solaire miniature.

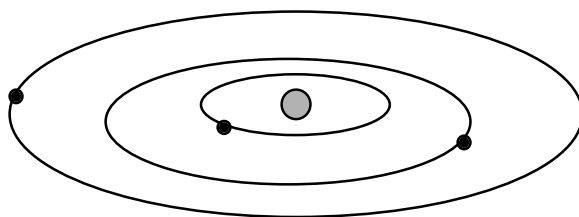


Figure 3 : Modèle atomique proposé par Rutherford.

Cette nouvelle représentation de l'atome permettait en plus d'expliquer les faits suivants:

- Étant situés à la périphérie, les électrons peuvent passer d'un atome à l'autre expliquant, de ce fait, l'attraction et la répulsion électrostatique (électricité statique) et les rayons cathodiques constitués d'électrons émis par la cathode vers l'anode du tube de Crookes.
- Dans le cas où un atome perd des électrons, sa masse demeure inchangée, la masse des électrons étant négligeable par rapport au noyau.

Cependant, à son tour, ce modèle suscitait d'autres questions :

- Comment des particules positives existant dans un espace très petit peuvent-elles coexister ensemble sans se repousser ?
- Comment les électrons, de charge négative, peuvent-ils circuler autour d'un noyau positif sans têt ou tard s'y précipiter ?

Références

BENSAUDE-VICENT, Bernadette et Isabelle STENGERS. *Histoire de la chimie*, Paris, La Découverte, 1992, 360p.

CHANG, Raymond et Luc PAPILLON. *Chimie fondamentale*, Montréal, Chenelière/McGraw-Hill, 1998, 700 p.

FEINBERG, J.-G. *Histoire de l'atome*, Paris, Corrêa, 1953, 314 p.

GRENIER, Eva. *En quête des propriétés et de la structure*, module 1, Laval, Les Éditions HRW ltée, 1991, 150 p.

KOZMAN, Nabil *et al.* *Incursion, Sciences physiques 416-436*, Laval, Éditions Beauchemin ltée, 1992, 432 p.

ROUSSEAU, Pierre. *Histoire de l'atome*, Paris, Librairie Arthème Fayard, 1959, 307 p.

RÉSUMÉ HISTORIQUE

Le modèle atomique proposé par Niels Bohr : les électrons circulent sur des orbites définies

Un jeune Danois, Niels Bohr (1885-1962), fut séduit en 1912 par le modèle atomique que proposa Ernest Rutherford, son patron. Ce dernier croyait, à cette époque, que l'atome était constitué d'un noyau composé de protons chargés positivement et d'électrons chargés négativement tournant autour de ce noyau comme les planètes autour du Soleil.

Bohr voulut tester ce modèle. L'expérience qu'il entreprit consista à faire passer un courant électrique dans un tube contenant de l'hydrogène gazeux et d'en étudier la lumière émise (voir figure 1). On pourrait comparer ce tube aux néons d'aujourd'hui. Voici ce qu'il constata :

1. Lorsque les atomes d'hydrogène sont excités par de l'énergie électrique, ils dégagent une lumière rosée.
2. Cette lumière décomposée par un prisme se sépare en quatre raies de couleur différente (rouge, bleu, violet pâle et violet foncé). L'ensemble de ces couleurs est appelé spectre d'émission.

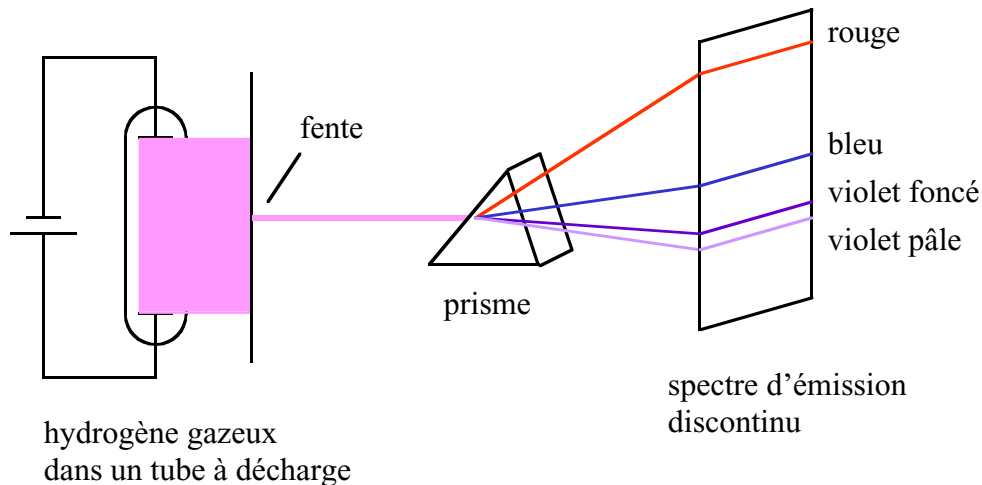


Figure 1 : Spectre d'émission discontinu de l'hydrogène.

Ces observations l'amènèrent à se poser les questions suivantes : comment le modèle de Rutherford pourrait-il expliquer ces couleurs ? Pourquoi n'y a-t-il que quatre couleurs (spectre d'émission discontinu) alors que la lumière blanche décomposée par un prisme émet l'ensemble des couleurs de l'arc-en-ciel (spectre d'émission continu) ?

Ces questions restèrent sans réponse jusqu'au jour où il se rappela une théorie très contestée émise dix ans plus tôt par un certain Max Planck. Ce dernier, dans son mémoire, soutint qu'un corps, tel que le fer, chauffé progressivement libère de l'énergie par petits paquets qu'il appela des quanta d'énergie (quantum au singulier). Selon Bohr, cette émission d'énergie provenait des atomes eux-mêmes. Cependant, une question demeure : comment le font-ils ? Il émit l'hypothèse suivante qui bouleversa complètement les lois de la physique de l'époque :

Lorsqu'un atome gagne de l'énergie de son environnement, ce sont les électrons qui gagnent cette énergie et deviennent excités. Si cette énergie est suffisante, ils s'éloignent du noyau pour, par la suite, retourner à leur état initial en dégageant cet excédent d'énergie sous forme de lumière.

Pour expliquer le spectre d'émission discontinu de l'hydrogène, il supposa que l'électron se situe « au repos » (état fondamental) sur une orbite circulaire près du noyau qu'il appela le premier niveau d'énergie ($n = 1$). Lorsque l'électron gagne suffisamment d'énergie, il peut passer à une orbite de niveau d'énergie supérieur (ex. $n = 3$). Cet électron se trouvant dans un état instable que l'on appelle « état excité », retournera par la suite à un niveau d'énergie inférieur émettant toute l'énergie gagnée ou une partie sous forme de lumière d'une couleur particulière ou sous forme de radiations invisibles. Les quatre couleurs correspondraient donc à des atomes d'hydrogène ayant capté des quantités différentes d'énergie. Par exemple, certains voient leur électron monter au niveau 3, d'autres au niveau 4 ou encore au niveau 5. Lorsque ces électrons retournent à un niveau plus près du noyau, ils libéreraient de l'énergie sous forme de lumière de couleurs différentes. Les radiations visibles que l'on observe sous forme de couleur correspondrait à l'énergie émise d'atome d'hydrogène ayant un électron retournant au niveau 2 seulement (voir figure 2).

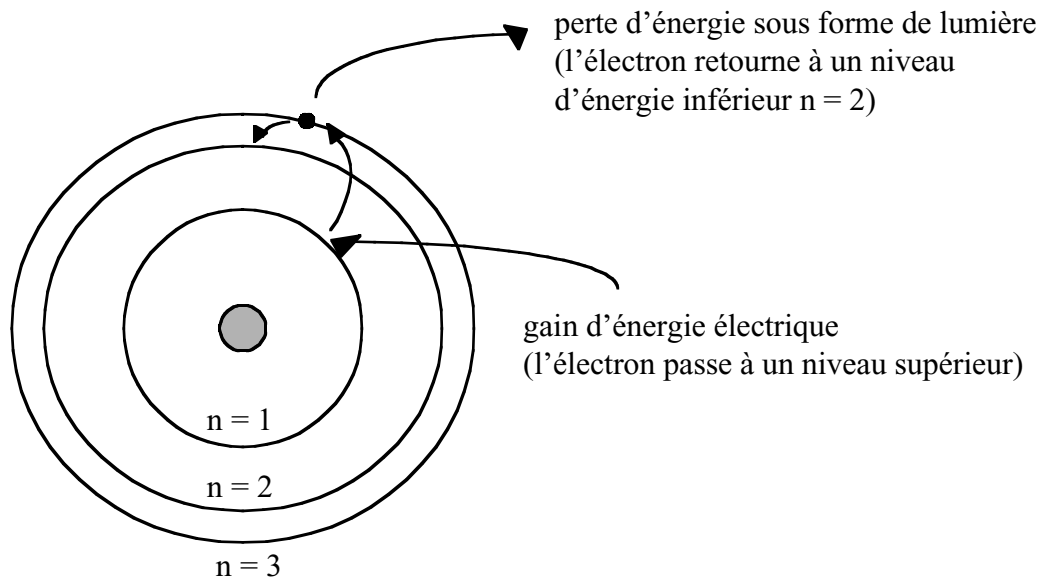


Figure 2 : Explication du spectre d'émission discontinu de l'hydrogène : les rayons lumineux de différentes couleurs seraient la conséquence de paquets différents d'énergie (quanta) émis lorsque l'électron passerait d'un niveau d'énergie donné à un niveau d'énergie inférieur.

En 1913, il proposa ce nouveau modèle pour représenter l'atome d'hydrogène :

- Le noyau est constitué d'un proton de charge positive ;
- L'électron de charge négative se situe sur une orbite circulaire bien définie dans un état stationnaire, c'est-à-dire qu'il est dans un état où la force qui l'attire vers le noyau (les charges opposées s'attirent) est la même que la force centrifuge qui l'éloigne de ce dernier. L'électron ne peut circuler sur des orbites n'importe où autour du noyau comme le laissait croire le modèle de Rutherford.
- Des orbites avec un diamètre de plus en plus grand succèdent à ce premier niveau d'énergie ($n = 2$, $n = 3$, $n = 4$, etc.). Elles sont inoccupées tant et aussi longtemps que l'électron n'a pas assez d'énergie pour s'y rendre.

Ce modèle remplaça celui de Rutherford parce qu'il réussit à expliquer le spectre d'émission discontinu de l'hydrogène. Le modèle que proposa Rutherford fut, tout de même, d'un grand apport, car il introduisit l'idée que l'atome possédait un noyau. Toutefois, ce modèle n'était plus adéquat. Les électrons circulant sur des orbites à n'importe quelle distance autour du noyau auraient émis un spectre d'émission continu alors que les observations ont démontrées le contraire.

L'apport de James Chadwick : les neutrons

En 1913, John J. Thomson, celui-là même qui découvrit l'électron une trentaine d'années plus tôt, s'intéressa à « peser » des atomes. Il développa un appareil qui fut le prototype du spectromètre de masse d'aujourd'hui. Cet appareil étudie la trajectoire d'atomes chargés électriquement après leur passage à travers des champs électrique et magnétique. Selon la déviation de la trajectoire, il est possible d'établir la masse relative des atomes. Ainsi, Thomson fut surpris, un jour, lorsqu'il remarqua que le néon de masse atomique 20,2 était, en fait, constitué de deux types d'atome ayant la même charge nucléaire (même nombre de protons) mais avec une masse atomique différente (Néon-20 et Néon-22). La même année, les types d'atome du même élément ont été nommés isotopes par le physicien Frédérick Soddy qui étudia aussi ce phénomène. Par la suite, on constata que tous les éléments étaient, en fait, eux aussi constitués d'un mélange d'isotopes. De plus, avec l'avènement du spectromètre de masse, il fut possible de confirmer la masse atomique de nombreux éléments.

On confirma alors le fait que la masse atomique est toujours environ le double du nombre de protons. Sachant que la masse des électrons est négligeable (environ 1840 fois plus légers), comment peut-on expliquer cette divergence entre la charge et la masse ?

C'est en 1932 que l'on supposa l'existence de particules neutres dans le noyau. La fille de Marie Curie, Irène, et son mari Frédéric Joliot, ayant entendu parler de rayons mystérieux émis par du béryllium à la suite du bombardement de rayons alpha (α) chargés positivement, tentèrent l'expérience suivante : ils bombardèrent du béryllium à l'aide de rayons α provenant du radium. Le béryllium dégagea de nouvelles radiations qui, elles, furent interceptées par de la paraffine (cire de chandelle). Ils constatèrent alors que la paraffine libérait des protons voyageant à une vitesse fantastique. Ils supposèrent que ces rayons mystérieux devaient plutôt être des particules solides qui entrent en collision avec les noyaux des atomes de paraffine provoquant l'expulsion de protons.

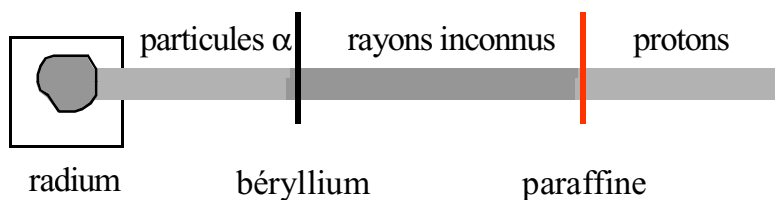


Figure 3 : Expulsion de protons des noyaux des atomes de paraffine provoquée par les rayons inconnus émis par le béryllium.

Quelques mois plus tard, le physicien anglais, James Chadwick, répéta la même expérience avec, à la place de la paraffine, de l'azote ou du bore. En mesurant le recul des atomes d'azote provoqué par les particules inconnues, il supposa que ces particules étaient de masse presque égale à celle du proton. Par ailleurs, en bombardant les atomes de bore de ces particules mystérieuses, il remarqua que la masse des noyaux augmentait d'une masse équivalente à celle d'un proton. Ceci confirma que la nouvelle particule était neutre, n'étant pas repoussée par le noyau de charge positive, et qu'elle est de taille comparable au proton. Il nomma cette particule neutron.

Cette particule permit de mieux comprendre la divergence entre la masse du noyau et sa charge. La masse du noyau, équivalente au double de la charge positive des protons, était due à la présence de neutrons. Par exemple, l'hélium a une charge de $2+$ mais a une masse de 4, cela signifie que le noyau a deux protons et deux neutrons. Elle permit aussi d'expliquer la présence d'isotopes. Ces derniers sont constitués de noyaux ayant le même nombre de protons mais un nombre de neutrons différent. Ainsi, le Néon-20 a 10 protons et 10 neutrons tandis que le Néon-22 a 10 protons et 12 neutrons.

Le modèle atomique actuel simplifié (Rutherford-Bohr)

Nous pouvons enfin avoir une image complète du modèle atomique appelé Rutherford-Bohr en regroupant les informations antérieures. Le modèle atomique serait constitué :

- d'un noyau qui est 100 000 fois plus petit que le diamètre d'un atome. Il est composé de protons et de neutrons représentant la masse de l'atome :
 - ⇒ le proton est une particule de charge positive et détermine la sorte d'atome ;
 - ⇒ le neutron est une particule neutre de masse équivalente au proton. Il favorise la cohésion des protons ;
- d'électrons circulant sous forme d'orbite circulaire autour du noyau à des niveaux d'énergie définis : $n = 1, n = 2, n = 3$, etc. :
 - ⇒ ces électrons sont chargés négativement et de masse négligeable soit environ 1840 fois plus légers que les protons ;
 - ⇒ si les atomes ont plus qu'un électron, ils remplissent les orbites les plus près du noyau au plus loin comme suit : $n = 1$ (maximum 2 électrons), $n = 2$ (maximum 8 électrons), $n = 3$ (maximum 18 électrons), $n = 4$ (maximum 32 électrons) respectant la formule $2n^2$.

Les isotopes sont des types d'atome du même élément ayant un nombre de neutrons différent.

Références

FEINBERG, J.-G. *Histoire de l'atome*, Paris, Corrêa, 1953, 314 p.

GRENIER, Eva. *En quête des propriétés et de la structure*, module 1, Laval, Les Éditions HRW ltée, 1991, 150 p.

KOZMAN, Nabil *et al.* *Incursion, Sciences physiques 416-436*, Laval, Éditions Beauchemin ltée, 1992, 432 p.

ROUSSEAU, Pierre. *Histoire de l'atome*, Paris, Librairie Arthème Fayard, 1959, 307 p.

TRAVAIL DE SYNTHÈSE SUR L'ÉVOLUTION DU MODÈLE ATOMIQUE

1. Complétez le tableau ci-joint. Donnez la période historique, les modèles atomiques et leurs caractéristiques ainsi que les expériences critiques qui ont permis d'élaborer ces modèles ainsi que leur limites.

	Période	Expérience(s) critique(s)	Modèle	Limites du modèle
Les Grecs				
Dalton et Cie				

	Période	Expérience(s) critique(s)	Modèle	Limites du modèle
Becquerel et Curie				
Thomson et Cie				

	Période	Expérience(s) critique(s)	Modèle	Limites du modèle
Rutherford et Cie				
Bohr et Cie				

2. Décrire en détail les particules subatomiques, leur charge, leur masse et leur dimension relative en utilisant le modèle Bohr-Rutherford pour l'aluminium qui a un numéro atomique de 13 et un nombre de masse de 27.

LE TRAVAIL D'ÉQUIPE EFFICACE

Ah, le travail en équipe ! Vous avez peut-être vécu des expériences difficiles à travailler avec autrui. Il ne faut pas pour autant s'isoler et travailler seul parce qu'il y a beaucoup d'avantages à partager avec ses collègues. En voici quelques uns :

- facilite une meilleure compréhension des sujets traités en équipe ;
- favorise une plus grande ouverture aux opinions des autres ;
- développe le sens des responsabilités, les habiletés de communication, le sens de l'organisation, l'autonomie, l'initiative, la confiance en soi, etc.

Cependant, pour que tous les membres de l'équipe soient satisfaits et que le travail d'équipe soit efficace, il est important de prendre en compte les trois éléments suivants :

- 1. L'ensemble des individus de l'équipe doivent s'investir au maximum pour réaliser la tâche commune ;**
- 2. Le travail d'équipe doit être très bien planifié ;**
- 3. Les relations interpersonnelles doivent être harmonieuses.**

Voici plus de détails sur chacun de ces éléments ;

L'ensemble des individus de l'équipe doivent s'investir au maximum pour réaliser la tâche commune :

Une équipe efficace sait utiliser l'énergie de l'ensemble des individus. Cette énergie se répartit dans trois champs d'action différents :

- réaliser les tâches demandées, dans ce cas-ci, compléter le scénario, préparer la représentation et faire la synthèse de l'évolution du modèle atomique ;
- s'assurer de créer et d'entretenir la solidarité du groupe ;
- régler les obstacles et les conflits qui peuvent entraver le bon fonctionnement de l'équipe.

Le travail d'équipe doit être très bien planifié

- s'assurer qu'un bon contact s'établisse lors de la première rencontre (se présenter, échanger les numéros de téléphone, trouver des moments communs pour se rencontrer, etc.) ;
- comparer les perceptions individuelles sur les tâches à réaliser pour qu'elles soient les plus claires possible et demander au professeur des éclaircissements, si nécessaire ;
- définir et se partager les responsabilités et les sous-tâches pour réaliser l'activité ; **se rencontrer régulièrement pour faire le bilan du travail de chacun.** Le partage des responsabilités peut être facilité par l'attribution des rôles suivants :

animateur :

- répartit le travail entre les membres de l'équipe ;
- planifie les tâches pour que les délais soient respectés ;
- anime les réunions en présentant un ordre du jour, en donnant la parole à chacun et en ramenant les membres qui font des digressions à l'ordre du jour.

secrétaire :

- prend des notes lors des réunions ;
- s'assure que tout est clair en reformulant les propos des membres et en faisant une synthèse ;
- rédige les différents documents à remettre ;
- s'assure que les porte-parole sachent quoi faire ;
- s'occupe de remettre intacts les textes prêtés ;
- prend des notes lors de la représentation.

porte-parole :

- prépare la présentation orale lors de la pièce de théâtre ;
- joue son rôle le jour de la représentation.

Les relations interpersonnelles doivent être harmonieuses

Pour qu'il y ait une communication optimale et une participation positive, voici quelques suggestions :

- participer autant en tant qu'émetteur que récepteur (prendre sa place tout en laissant les autres s'exprimer) ;
- s'adresser à l'ensemble du groupe lorsqu'on émet une opinion pour éviter d'isoler certains individus ;
- participer de façon positive autant sur le plan affectif qu'organisationnel en rappelant les membres à la tâche, en calmant les esprits, en réduisant les tensions et en encourageant tout le monde ;
- éviter la participation négative (arriver en retard, ne pas avoir fait le travail préliminaire aux rencontres, critiquer tout ce qui est dit, adopter des positions et des attitudes rigides, être pessimiste, être indifférent ou silencieux, manipuler pour avoir raison soit par le chantage ou par les sarcasmes, blesser les autres, interrompre les autres lorsqu'ils parlent, etc.) ;
- faire preuve d'attention envers les autres ;
- communiquer ses sentiments et ses impressions sainement sans blesser les autres pour éviter les frustrations et les malaises pendant le travail. Voici quelques conseils à ce sujet :
 - s'il y a un malaise entre deux individus, attendre après la réunion pour échanger sur le sujet, si possible ;
 - discuter avec la personne concernée lorsqu'elle est disponible pour écouter et le faire le plus tôt possible ;
 - rester calme, éviter les sarcasmes, la bouderie et les manipulations ;

- être franc et respectueux en évitant les injures et les étiquettes du genre « t’es con », « t’es nul », etc. ;
- éviter les reproches (le *tu* « tue », utiliser le *je*) ;
- **parler du comportement déplaisant** et non de la personne (ex. : « je ne sais pas si tu t’en rends compte mais ça me déplaît lorsque tu arrives en retard parce que j’ai à attendre après toi. Si je savais que tu arriverais à telle heure, je pourrais faire autre chose et je ne perdrais pas mon temps » au lieu de « toi, tu es ce que l’on appelle un retardataire chronique... ») ;
- en général, pour qu’un message à connotation affective passe bien, utiliser les quatre étapes suivantes :
 - commencer par une formule du genre : « j’ai un problème et j’aimerais que tu m’aides à le solutionner » (si on en voit la pertinence) ;
 - définir le problème ou la situation (le comportement qui vous a dérangé) à la personne qui vous affecte ;
 - définir les sentiments ou les réactions (colère, tristesse, anxiété, contrariété, frustration, etc.) provoqués par le comportement problématique ;
 - suggérer une solution ou demander à la personne concernée d’en fournir une.

Voici un exemple :

Martin interrompt Josée continuellement lorsqu’elle parle au groupe. Elle commence à être de plus en plus frustrée par ce comportement. Sa première réaction est d’exploser et de lui dire quelque chose du genre : « Martin, as-tu fini de m’interrompre, tu m’énerves... ». Il y a très peu de chance qu’il accueille cette critique favorablement parce que, en l’accusant, il se mettra probablement sur la défensive et ripostera ou encore il ne parlera plus et Josée aura perdu la collaboration précieuse d’un coéquipier.

Voici une formulation qui pourra sûrement être plus fructueuse :

« Martin, lorsque j’essaie d’exprimer mon opinion, je ne sais pas si tu t’en rends compte, mais il t’arrive quelques fois de m’interrompre. Ça me fait perdre le fil de mon idée, et j’ai l’impression que ce que je dis n’est pas important. Pourrais-tu faire plus attention ? » En exprimant ce qu’elle ressent de façon franche sans blesser Martin, il y a de meilleures chances pour que le problème de Josée se règle. Et le travail sera plus satisfaisant pour tout le monde.

En somme, le travail d’équipe s’apprend et peut être une expérience enrichissante s’il y a une **bonne préparation**, de l’**organisation**, du **respect** et de l’**engagement** de la part de chacun.