



HAL
open science

La notion de modèle en classe de seconde. Application au modèle de l'atome

Anne-Lise Dubois

► **To cite this version:**

Anne-Lise Dubois. La notion de modèle en classe de seconde. Application au modèle de l'atome. Education. 2017. dumas-01747963

HAL Id: dumas-01747963

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01747963>

Submitted on 29 Mar 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Année universitaire 2016-2017

Diplôme Universitaire

Métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation

Mention Second degré

Parcours : Sciences Physiques et Chimiques

La notion de modèle en classe de seconde

Application au modèle de l'atome

Présenté par Anne-Lise DUBOIS

Mémoire encadré par Hervé RENAUX

Remerciements

Je remercie mon tuteur de mémoire, Hervé Renaux, pour ses conseils, ses remarques tout au long de l'élaboration de cet écrit, et sa relecture.

Merci à Evelyne CHEVIGNY pour son aide bibliographique.

Un grand merci à mes collègues du lycée BAUDELAIRE, pour leur soutien, leur aide pédagogique et le partage de leurs expériences et ressources ou pour leur relecture.

Merci également à mes camarades de l'ESPE Chambéry, collègues stagiaires, pour les discussions, constructives, les réflexions pédagogiques et didactiques communes que nous avons partagées.

*« Le monde des objets courants n'est pas le monde des objets du physicien, et ce décalage peut être une source de démotivation et d'échec pour les élèves, sauf si on enseigne explicitement l'activité de modélisation qui sépare le monde matériel du monde des théories »,
Cahiers pédagogiques. Faire des sciences physiques et chimiques. N° 469 p 37*

« Le principe d'un modèle, c'est d'avoir des imperfections. », Michel Dirand

Table des matières

Partie Théorique	1
I. Introduction.....	1
II. État de l'art.....	2
1. Qu'est-ce qu'un modèle ?	2
2. Construction d'un modèle	4
3. A quoi sert un modèle ?.....	7
III. Problématique	11
Méthode	13
I. Participants.....	13
II. Matériel	14
III. Procédure	14
Résultats.....	17
I. Résultats de l'analyse pré-expérience	17
1. Analyse du modèle atomique proposé.....	17
2. Définition d'un modèle pour les élèves	17
II. Étude des productions écrites	19
III. Résultats issus de l'expérience	19
1. Analyse du modèle proposé	19
2. Le modèle et sa construction.....	20
3. Effets de l'expérience	22
Discussions	24
I. Rappel du contexte.....	24
II. Mise en lien avec les recherches antérieures	24
III. Limites et perspectives	25
Conclusion.....	28
Annexe I : extraits des propositions d'élèves avant l'expérience	i
Annexe II : extraits des documents proposés aux élèves	ii
Annexe III : extraits des propositions de groupe de modèle d'atome	iii
Annexe IV : extraits des propositions d'élèves après l'expérience	iv

Partie Théorique

I. Introduction

Depuis très longtemps, les démarches de modélisation sont très importantes dans le domaine des sciences. En effet, les scientifiques construisent des modèles et ont depuis longtemps modélisé, même si cela a souvent été fait de manière implicite voire inconsciente car masqué par des conceptions empiristes. Mais lorsqu'en tant qu'enseignant de sciences physiques, on se questionne à propos du concept de modèle, le constat est que malgré le rôle important des modèles et de la modélisation dans les sciences expérimentales, cette dimension de la démarche scientifique n'est malheureusement que trop rarement présente dans nos séances de cours, dans l'enseignement des sciences au collège ou au lycée. En effet, les modèles apparaissent clairement dans les programmes, mais ils sont trop souvent utilisés sans être nommés, ou mal utilisés, c'est-à-dire en négligeant le cadre de modèle ou bien de manière telle que l'apprenant l'interprète comme la réalité même. Et rarement l'élève construit un modèle, ou bien il le construit sans le savoir, sans en être conscient. Ce qui est dommage dans une discipline expérimentale et construite sur l'acceptation et la validation de modèle. Ainsi, le processus de modélisation est largement sous-estimé dans l'enseignement alors qu'il s'agit d'un processus indispensable pour acquérir des savoirs et des compétences en sciences. D'ailleurs, selon Von Neumann, la science ne doit pas essayer d'expliquer, ni même d'interpréter mais doit construire des modèles. D'où l'intérêt de ces recherches et de cette étude dans le cadre de ce mémoire.

Ainsi, en tant qu'enseignante de sciences physiques et chimiques en classe de seconde, il me semble intéressant de se demander si l'approche du modèle par l'histoire des sciences et par construction comparée et progressive est une méthode satisfaisante pour aborder la notion de modèle à propos de la constitution de l'atome. C'est-à-dire placer l'élève dans la peau d'un chercheur scientifique. Il est donc important dans un premier temps de réaliser une réflexion théorique sur l'enseignement du concept du modèle de manière à clarifier cette notion, d'essayer de définir un modèle et d'en comprendre son intérêt et son utilisation puis d'essayer de comprendre la démarche de modélisation. Dans un second temps, une étude issue de cette réflexion et menée dans deux classes de seconde sera détaillée et commentée. Enfin, les résultats obtenus lors de cette expérience seront analysés et discutés pour obtenir une conclusion de cette étude.

II. État de l'art

1. Qu'est-ce qu'un modèle ?

Contrairement à la théorie qui décrit la réalité en elle-même, le modèle est une représentation de la réalité, une représentation formelle d'un problème, d'un processus, ou d'une idée. Donc, le modèle n'est jamais une réplique exacte mais plutôt une image clarifiée, épurée, une représentation souvent simplifiée. Cette représentation est construite dans le but de pouvoir agir sur la réalité et elle permet d'en représenter les aspects essentiels, d'expliquer les propriétés ou le comportement. D'ailleurs, pour beaucoup de théories, les modèles rendent compte des phénomènes. Et des notions intuitives deviennent elles-mêmes des modèles de ces mêmes phénomènes. Ainsi, un modèle constitue « à la fois un outil d'appréhension de la réalité et un schéma organisateur de l'action ». Il faut aussi préciser que le modèle est toujours relationnel, puisqu'on parle toujours de « modèle pour » ou de « modèle de ». Un modèle possède aussi des propriétés notamment pour être qualifié de scientifique : il doit être explicatif, prédictif, pertinent par rapport à son objet, cohérent et doit correspondre avec l'expérience. Comme nous le verrons par la suite. Mais il est tout d'abord nécessaire de comprendre à partir de quel moment et pour quelles raisons, le concept de modèle est né.

a. Approche historique et épistémologie du modèle

Le concept de modèle est né car les scientifiques avaient besoin de justifier l'utilisation d'hypothèses face à une opposition positiviste et phénoménologiste. En effet, ils étaient dans l'obligation de justifier chacune de leur pensée, d'expliquer leur raisonnement. Par exemple, Maxwell a eu recours aux modèles non pas en visant la réalité mais pour élaborer des supports dans le but d'éclairer des concepts de l'électromagnétisme mais aussi et surtout, selon lui, pour permettre de développer les équations différentielles. Ainsi, dans la deuxième partie du XIX^{ème} siècle, modéliser signifie choisir une méthode, une démarche : non pas s'en tenir à des lois et des principes issus de résultats expérimentaux, sans formuler d'hypothèses explicatives (méthode prônée par les positivistes) mais plutôt développer des images du monde, c'est-à-dire des modèles et les faire évoluer au fur et à mesure que la réflexion avance et que les données empiriques recueillies s'enrichissent. Certains modèles pouvaient être considérés comme idéaux puis l'avancée des sciences et des technologies les a mis à rude épreuve, rendant la nécessité de les faire évoluer. Par conséquent, la modélisation est donc liée à un conflit épistémologique.

La notion de « modèle » apparaît donc comme centrale pour les sciences et leur enseignement. Pourtant cette notion est plus complexe qu'elle n'y paraît et lorsque le concept de modèle est abordé, le plus frappant est la diversité de ces usages, ou bien le nombre de conceptions qui se cachent derrière ce terme. Il est donc nécessaire de commencer par définir ce que l'on entend par modèle. Trouver une définition unique semble difficile, mais essayons d'apporter quelques précisions sur la signification de modèle car très souvent, le mot « modèle » est utilisé pour évoquer différentes idées.

b. Modèle : Image, représentation

Le physicien peut entendre par « modèle » une fonction figurative pour simuler un ensemble de phénomènes au sens alors d'un « instrument d'intelligibilité » (S. Bachelard, 1979) de ces phénomènes. Pour donner un caractère figuratif concret à ce modèle on peut en faire des dessins, des schémas, des maquettes, c'est-à-dire un objet concret, une représentation simplificatrice sous forme d'image concrète ou encore par analogie. Ce qui introduit des problèmes relatifs à la modélisation : plusieurs représentations, symboles peuvent être proposés pour par exemple l'atome et les particules élémentaires qui le composent. Le caractère figuratif introduit alors des propriétés formelles. En particulier la fonction de communication, ayant pour objectif la vulgarisation et la pédagogie, le modèle fait passer un message. En effet, le modèle est autonome, il permet par lui-même de « raconter des histoires » par le biais des propriétés intrinsèques qui laisse paraître, ce qui a des limites et qui est donc source de questions, de problème d'interprétation, ce qui a un rôle positif dans le processus de modélisation. Ces problèmes peuvent également être liés à une autre idée du modèle : la conception.

c. Modèle initial : concept

Quand nous demandons aux élèves de prévoir, de deviner ce qui va se passer lorsqu'on leur décrit une expérience, ou lorsqu'on leur demande de faire des hypothèses avant de manipuler, sans le savoir ils sont amenés à construire un modèle à partir de prédictions, de raisonnements purement qualitatifs ou encore de souvenirs issus de domaines divers. On parle alors de modèle initial, prédictif ou de concepts. En effet, nous commençons toujours par regarder le monde avec un certain nombre d'idées en tête, « des idées » préconçues, des représentations, des modèles scientifiques, intuitifs, ou même mythiques. Mais ces représentations ont toujours une certaine cohérence avec la réalité. Dans ce cas, le modèle prend en compte un événement et comprend généralement une description des grandeurs physiques (température, masse, vitesse...) ou des éléments visuels (formes, couleurs, état physique,...)

avant et après cet événement. Il ne s'agit que de la réalité modélisée : les objets sont idéalisés, l'événement est caractérisé de manière particulière par « avant/après ». Ainsi le modèle prend le sens de concept initial et donc intervient au début d'une démarche scientifique, mais il peut aussi intervenir pendant le processus lorsqu'un modèle est pris au sens d'outil théorique.

d. Modèle comme référence, outil théorique

Le modèle peut être vu comme une référence, c'est-à-dire comme outil qui illustre toute la théorie (ensemble de lois). Dans le domaine du modèle, toutes les lois peuvent être vérifiées. En effet, car il est construit de telle manière à ce que la théorie soit entièrement vérifiée, ce qui le met en opposition avec le domaine expérimental, empirique. Nous pouvons presque parler d'idéal, auquel nous allons chercher à nous rapprocher lorsqu'on fait des expériences. Ce modèle au sens de référence théorique permet donc de se questionner, d'orienter les recherches et les expériences, de choisir les paramètres et les variables, de prévoir les difficultés et de discuter des résultats. Nous pouvons alors considérer le modèle comme une simulation. Ainsi un modèle est un instrument théorique qui permet les opérations d'interprétation et de prévision sur une partie limitée de la réalité expérimentale, une petite partie du monde réel, comme le définit Francis Halbwachs, un modèle est donc un outil permettant l'étude d'une réalité locale d'un point de vue spatiale. C'est ce caractère local de la réalité étudiée qui distingue le modèle de la théorie. Mais un modèle n'est évidemment pas associé à une seule situation physique mais à un ensemble de situations présentant les mêmes caractéristiques. Cet ensemble de situation délimite ce que nous appelons le « champ expérimental de référence » du modèle.

2. Construction d'un modèle

a. Le processus de modélisation

La modélisation est omniprésente dans l'activité humaine puisqu'elle existe à chaque fois que l'individu essaie de comprendre, d'interpréter les divers phénomènes du monde et ou de faire des prévisions. Comme le rappelle J-L. Martinand dans *Enseignements et apprentissage de la modélisation en sciences*, les humains construisent des modèles mentaux à partir de leur perception du monde. Puis ils expriment ces modèles par des symboles, des expressions afin de les transmettre à autrui. Ainsi, pour rendre intelligible le monde qui l'entoure, le physicien construit et utilise des modèles. Cette activité de modélisation nécessite tout d'abord de repérer et d'analyser des faits en utilisant des descripteurs pour permettre par la suite les prévisions de ces mêmes faits et de définir des phénomènes, de donner naissance à des théories. La construction d'un modèle implique donc un découpage du réel de façon à déterminer des aspects

très limités qu'il est possible d'étudier. Ce découpage doit être pertinent par rapport à l'étude, au problème ciblé car le réel est beaucoup trop complexe pour être traité dans sa totalité et en une seule fois. Ainsi on n'en considère qu'une partie limitée. Pour cela, l'isolement se fait soit par une expérience préliminaire soit tout simplement par la pensée et très souvent on ne considère également que certains facteurs ou certains aspects. Par exemple, si on s'intéresse à la charge des particules, inutile à priori de prendre en compte la masse ou la taille de ces particules. Mais que fait-on en modélisant ?

Comme le précise Robardet dans *Eléments d'épistémologie et de didactique des sciences physiques*, la construction d'un modèle se fait nécessairement en plusieurs opérations. Elle résulte de nombreux va et vient entre le champ théorique et le champ empirique. En effet, elle se fait par la formation progressive de modèles hypothétiques élaborés dans le cadre de champ théorique à partir de modèle déjà existants, puis par la confirmation de ces mêmes modèles à travers le champ empirique. On attribue parfois un caractère « théorique » au modèle et un caractère « empirique » de la description expérimentale, c'est à dire à l'analyse des faits, que cherche à traduire le modèle construit. Ainsi la démarche de modélisation peut être résumée en quatre étapes comme le montre le schéma de Walliser (cf. figure 1, d'après *Eléments d'épistémologie et de didactique des sciences physiques*, p. 88) :

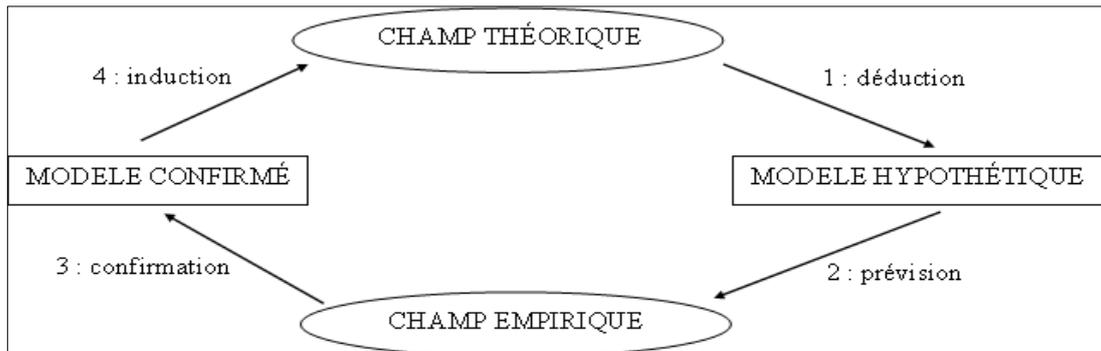


Figure 1 : Phases de modélisation

Premièrement, la phase déductive, c'est-à-dire la mise en question du système : une situation est proposée à l'analyse, il s'agit alors à partir d'un modèle théorique initial de construire un modèle hypothétique contenant des variables observables et susceptibles d'être testées selon des hypothèses.

Deuxièmement, la phase prévisionnelle, soit la mobilisation des données : à partir du modèle hypothétique, des expériences sont imaginées, permettant de tester ce nouveau modèle hypothétique et de prévoir les événements.

Troisièmement, la phase de confirmation ou phase descriptive, autrement dit l'utilisation des données : la construction du modèle qui a été confirmé à partir des résultats

expérimentaux obtenus. Il s'agit notamment de la comparaison entre les valeurs calculées dans le modèle et des valeurs mesurées dans l'expérience. En effet, il ne faut pas confondre les grandeurs mesurées qui font partie des informations recueillies expérimentalement au niveau de la réalité avec les grandeurs calculées dans la construction du modèle. Cette comparaison représente un test essentiel pour la validité du modèle d'où le rôle considérable de la métrologie.

Dernièrement, la phase inductive, c'est-à-dire l'interprétation théorique des données : il s'agit enfin d'analyser les écarts entre le modèle confirmé et le modèle hypothétique. Il s'agit également d'induire les modifications nécessaires au modèle théorique préalable ou de changer le modèle théorique initial.

A partir de là, une situation nouvelle, mais souvent très voisine de la précédente est proposée à l'analyse et le cycle reprend au niveau de la phase déductive. Comme on peut le constater ici, la démarche de modélisation suivie ici utilise le modèle comme un instrument pour expliquer une réalité locale. Et par ce fonctionnement cyclique, les modèles sont successivement confirmés et ils remplacent ou affinent leurs prédécesseurs. Et ce quasi sans fin puisqu'on découvre des instruments d'étude de plus en plus performants, précis, et complexes. Ainsi les références sont elles-mêmes appelées à se complexifier.

Donc, un aspect principal de la modélisation est la mise en relation de plusieurs niveaux de description, le passage de l'une à l'autre de ces descriptions nécessite des règles de correspondance, de communication appelées registres sémantiques qui assurent la signification du modèle. Mais la construction d'un modèle, c'est également faire des choix pour représenter la réalité car plusieurs représentations sont possibles, c'est un choix d'interprétation de la réalité. En étudiant la place des modèles explicatifs et de la modélisation en sciences, nous voyons à la fois leur rôle fondamental dans les activités scientifiques et la place qu'ils tiennent dans l'idée que l'on se fait de la science. Nous comprenons alors toute l'importance que les modèles et la modélisation ont pour une réflexion didactique. En effet, ce processus de modélisation peut s'adapter et être une stratégie pédagogique pour l'enseignement des sciences physiques.

b. La démarche de modélisation dans l'enseignement des sciences physiques

Le processus de modélisation au sein de l'enseignement, c'est-à-dire faire en sorte que les élèves prennent en charge tout ou en partie la construction du modèle est plus profitable que les modèles plus ou moins « arrangés » que nous pouvons présenter dans nos séances de cours au nom de la science ou des programmes. D'autant plus, que selon différents enseignants, l'accent a été mis principalement soit sur le modèle lui-même considéré comme utile à faire

connaître, soit sur la modélisation considérée comme démarche relevant de l'activité du physicien. Selon ce choix, la stratégie pédagogique est plus ou moins inductive, et le modèle de l'atome mis en jeu plus ou moins élaboré, plus ou moins proche de celui du physicien.

Ainsi, l'implication des élèves dans la construction du modèle suppose la compréhension de la notion de modèle et donc évite le sentiment de mensonge. En effet, les élèves qui n'ont pas assimilé la notion de modèle, confondent le modèle avec la réalité. Puis, en progressant dans leur cursus scolaire, les élèves acquièrent plus de savoir, ce qui permet de leur enseigner des modèles plus élaborés. Or pour eux, ce n'est pas une amélioration du modèle, mais ils pensent qu'au début, on ne leur a pas dit la vérité. Nous, enseignants, nous ne nous rendons pas compte que les élèves ont l'impression de « lire » la réalité et non de la décrire de façon simplifiée. D'ailleurs, dans les manuels scolaires, la plupart des schémas ne sont pas commentés, les informations qu'ils véhiculent ne sont pas explicitées et surtout il n'y a pas ou peu de justification du choix de leur représentation. La démarche de modélisation permet donc d'insister sur le fait que la fonction d'un modèle est bien la représentation et non la description de la réalité.

Cependant, le recours à la notion de modèle dans l'enseignement scientifique est fondamental, pour plusieurs raisons. Tout d'abord, les théories sont trop complexes, très mathématisées pour être enseignées tel quelles dans les établissements du secondaire. Ainsi, il est généralement plus simple d'enseigner des théories simplifiées et de les présenter comme des connaissances générales qui pourront être complétées par la suite, mais fréquemment le domaine de validité des connaissances introduites est négligé. Un deuxième avantage de la démarche de modélisation dans l'enseignement des sciences physiques est que l'accent est mis sur l'étude du champ expérimental, de ses objets et de leurs propriétés, ce qu'on appelle relations praxéologiques. Ce n'est qu'ensuite que le modèle est présenté comme une structure théorique cohérente, permettant d'interpréter et de prévoir les situations physiques étudiées. Alors que dans un enseignement plus traditionnel, les notions et les lois sont introduites et vérifiées une à une. Par conséquent, la prise en compte ou non de la modélisation dans l'enseignement n'est donc pas neutre quant à l'idée de la science que nous souhaitons promouvoir. En menant cette activité de modélisation en classe, un élève pourrait nous demander quelle est l'utilité d'un modèle, ce que nous allons étudier maintenant.

3. A quoi sert un modèle ?

Un modèle est donc, comme nous l'avons vu, une construction théorique dont le rôle est de permettre d'expliquer en partie la réalité locale. Dans l'enseignement des sciences

physiques, la question des rapports entre concret et abstrait, entre l'expérimental et le théorique passe forcément par la prise en compte des modèles. Le rôle des modèles consiste donc à représenter des situations physiques nombreuses mais qui sont souvent très proches. Cependant à l'inverse, dans une situation donnée, les objets ou événements ne sont pas choisis au hasard mais en fonction de leur pertinence vis-à-vis du modèle que l'on souhaite construire ou valider.

De plus, beaucoup de notions en sciences physiques sont difficiles voire impossibles à comprendre comme le rayon lumineux, l'atome, il faut donc ruser pour permettre aux élèves de se représenter les choses. Le modèle permet donc d'interpréter un phénomène complexe, de le transcrire de manière à rendre les nombreuses données offertes par la réalité, intelligibles et surtout manipulables. Dans cette perspective, deux fonctions principales sont attribuées au modèle. Premièrement, l'interprétation des faits et des phénomènes, deuxièmement, la prédiction de ces mêmes faits et phénomènes. Par conséquent, le modèle permet de faire le lien entre la théorie et l'expérience.

a. Lien entre l'expérimental et la théorie

Avec le progrès et le développement scientifique, les théories sont devenues beaucoup trop lourdes mathématiquement et très complexes. Si bien que les scientifiques sont amenés à élaborer des outils théoriques moins ambitieux mais qui restent adaptés à l'interprétation de la situation. Ces outils plus modestes et plus fonctionnels sont appelés des modèles. Ainsi un modèle est utilisé dans le but de faire appel à la théorie en contournant le côté complexe quand l'expérience le nécessite. L'utilisation de modèle facilite considérablement l'apport de la théorie dans les démarches expérimentales. Finalement, on constate que l'intérêt d'un modèle réside principalement dans sa simplicité et dans son grand pouvoir explicatif en référence à un champ expérimental aussi vaste que possible. Comme le précise J.-L. Martinand, le modèle permet aux scientifiques voire même aux enseignants de faire des allers-retours sans cesse entre le monde réel, celui de l'expérience et le monde théorique. Ce passage de l'un à l'autre est d'autant plus facile que les modèles sont affinés, proche de l'un comme de l'autre. Plus un modèle est fidèle à la réalité, plus la théorie sera claire et complète.

b. Outil d'étude

Il est important de savoir que les scientifiques construisent des modèles pour comprendre et pour interpréter les propriétés macroscopiques qu'ils observent lors d'expérience. Dans ce sens, le modèle doit être considéré comme un outil pour l'étude de la réalité et non pas seulement comme un objet de connaissance de cette même réalité. Ainsi

l'enseignement des sciences physiques doit amener l'élève à comprendre que la fonction du modèle n'est pas de décrire, de mettre en évidence le fonctionnement de la réalité mais bien d'élaborer des outils de pensée et de langage pour comprendre, expliquer la réalité. Ainsi, le résultat d'une réflexion scientifique n'est pas de parler de la « réalité » à proprement dite, mais plutôt l'invention d'un système théorique « qui se comporte comme la réalité ». D'où l'importance de dire dans notre discours d'enseignant « tout se passe comme si » et non « tout se passe ainsi ». Un rôle de la science est donc de construire un modèle de la nature, afin d'en comprendre son fonctionnement. Une grande partie de l'activité scientifique consiste ainsi à mettre en relation un domaine empirique et un domaine théorique.

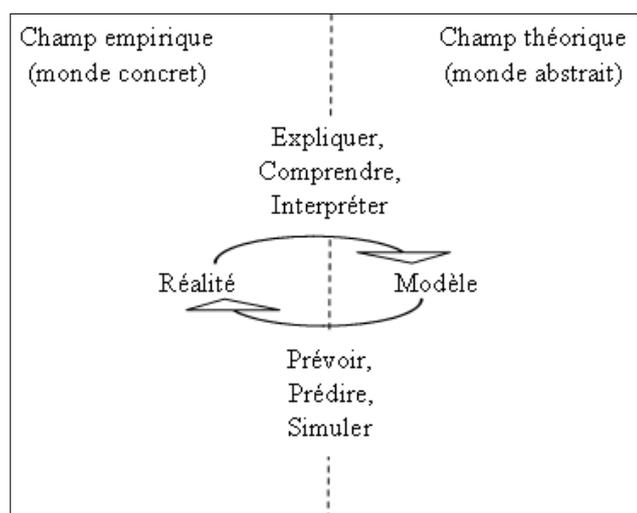


Figure 2 : modèle, outil comprendre pour la réalité

Et donc le modèle est vu comme un outil d'étude, si bien que la construction d'un modèle peut se résumer dans ce cas à l'invention d'un outil, c'est-à-dire un système théorique qui va se comporter comme une partie du réel (cf. figure 2, dans *Les modèles, des incontournables pour enseigner les sciences*, p.37). Le modèle fait appel à l'imagination et surtout permet un questionnement important. Il permet d'apporter des questions puis des réponses à ces questions. C'est aussi par la construction des modèles erronés, des essais-erreur que le rôle du modèle se confirme, puisque ces constructions permettent de chercher de l'information, de cibler le problème.

c. Validité du modèle

Une grande question quand on parle de modèle est la validité de ce modèle. Mais plus précisément, les questions pertinentes ne sont pas celles de l'objectivité ou de la vérité mais plutôt celles de sa cohérence d'un point de vue logique, et de ses pouvoirs explicatif et prédictif (Delattre, 1979). Plus un modèle a un domaine de validité étendu, plus il sera utile. C'est à dire

qu'il permettra d'expliquer un ensemble plus large de phénomènes, de faire des prévisions plus précises. Un modèle simple pourra également être utile si le cadre, c'est-à-dire le champ de référence est défini avec précision et que les propriétés du système étudié que l'on cherche à modéliser soient assurées par la sémantique du modèle.

Au contraire, lorsqu'un modèle hypothétique est réfuté par l'expérience, différentes attitudes sont possibles. Il est possible de remettre en cause les conditions de l'expérience, de remettre en cause le modèle théorique initial, ou la construction du modèle hypothétique invalidé, en particulier vérifier s'il est bien adapté au champ expérimental auquel il est censé se référer.

Ainsi si le modèle est donné entièrement aux élèves, sans que ces derniers l'aient construit, il est important que les activités menées en classe par la suite permettent de vérifier ce modèle, c'est-à-dire qu'il permet d'interpréter et de prédire le fonctionnement de situation de référence. Dans ce cas, le modèle est admis et il s'agit uniquement d'une appropriation d'un outil. Mais l'utilisation d'un modèle peut aussi être considérée comme activité de modélisation. Pour valider le modèle, les élèves doivent s'entraîner à utiliser le modèle dans un nombre important de situation du champ expérimental de référence et d'identifier une situation hors de ce champ pour constater que le modèle peut parfois ne pas fonctionner. Par exemple, l'utilisation de modèle moléculaire permet d'aborder les réactions chimiques, mais confronté à une dissolution d'un sel ionique, l'élève se rend compte qu'il ne pourra pas modéliser les ions formés. Au contraire dans la démarche de modélisation, les élèves construisent eux-mêmes leur modèle, à partir de leur conception. Il s'agit de modèles hypothétiques. Ces derniers sont ensuite testés au moyen d'expériences proposées et réalisées, dans la mesure du possible par les élèves eux-mêmes. Le raisonnement prend alors un caractère hypothético-déductif puisque les

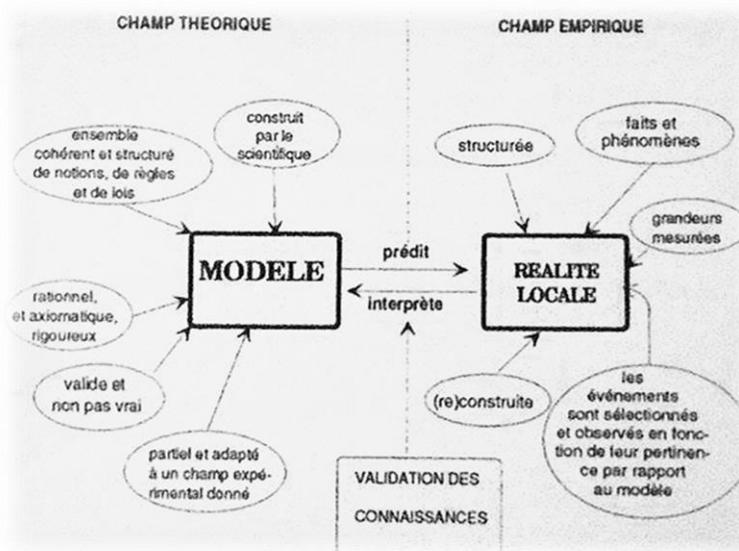


Figure 3 : Liens entre modèle et réalité

expériences ont pour fonction la validation du modèle. Cette validation est dite « explicite » puisque les élèves sont amenés à choisir, parmi plusieurs modèles hypothétiques, celui qui sera retenu et confirmé. Ainsi la validation d'un modèle consiste à confronter le modèle au système étudié, c'est-à-dire, vérifier les hypothèses, la cohérence des résultats avec les calculs, la prédiction des phénomènes, ... Par conséquent, il est possible de résumer cette deuxième partie par un schéma illustrant la définition, la démarche de construction et l'intérêt d'un modèle (cf. figure 3, dans *Eléments d'épistémologie et de didactiques des sciences physiques*, p. 82).

III. Problématique

A travers la partie état de l'art précédente, nous sommes donc amenés à constater que la notion de modèle s'avère complexe aussi bien pour les élèves que pour les enseignants et que la démarche de modélisation n'est pas une tâche simple, puisqu'elle impose différentes étapes, notamment en faisant intervenir des hypothèses, des expériences, des vérifications. Cependant, il est possible de remarquer, dans le programme de physique de classe de seconde générale et technologique présent dans le bulletin officiel spécial n°4 du 29 avril 2010 (cf. Annexe I), la place importante de la notion et de la construction de modèle. En effet, nous pouvons lire dans le préambule « l'enseignement de la physique et de la chimie donne une place plus importante aux lois et aux modèles qui permettent de décrire et de prévoir le comportement de la nature », « Connaître les conditions de validité d'un modèle permet à l'élève d'en déterminer les exploitations possibles et de le réinvestir ». De même, nous pouvons voir dans les notions et contenus à aborder « un modèle de l'atome », « modèles moléculaires », « Loi de Boyle-Mariotte, un modèle de comportement de gaz, ses limites » et même la construction de modèle apparaît dans les compétences attendues : « *Pratiquer une démarche expérimentale pour établir un modèle à partir d'une série de mesures* ». Puis en s'intéressant au programme du collège de l'enseignement de physique-chimie du Bulletin officiel spécial n°6 du 28 août 2008 (celui que les élèves relatifs à l'expérience ont reçu) (cf. Annexe I), nous pouvons alors penser que la notion de modèle et la démarche de modélisation sont en partie acquises par les élèves. En effet, nous lisons : « [...] l'idée qu'un modèle peut fournir une certaine représentation de la réalité », « [...] les modèles qui les sous-tendent, sur leurs limites, sur la distinction nécessaire entre réel et virtuel [...] », et dans les connaissances, « Constituants de l'atome : noyau et électrons ».

Ainsi, nous constatons que la notion de modèle doit être aujourd'hui enseignée aux élèves, mais comment l'enseignant doit s'y prendre, à quelles méthodes ou à quels outils peut-il avoir recours pour faire comprendre cette notion de modèle. Il s'agit alors d'apporter une réponse à la question suivante : l'approche du modèle de l'atome par l'histoire des sciences et

par construction comparée permet-elle une meilleure compréhension de cette notion ? L'objectif de ce mémoire sera de proposer des pistes à propos de cette problématique et d'essayer d'y répondre autant que le permet l'échantillon d'élèves qui a été choisi pour cette étude et qui sera décrit au cours de la partie suivante de ce mémoire.

Méthode

I. Participants

L'étude menée a été réalisée au lycée Charles Baudelaire à Cran-Gevrier dans l'agglomération d'Annecy, dans les deux groupes classes de seconde que j'ai en responsabilité en enseignement de sciences physiques. Le premier, noté V par la suite, que je vois le vendredi (1h30 en classe entière le matin et 1h30 en dédoublement l'après-midi) est constitué de 9 élèves de 2nde 3 et de toute la classe de 2nde 4, c'est-à-dire 27 élèves. Parmi ces 36 élèves, 9 ont en option Art du son (AdS), 9 Littérature et société (LSO) et 18 Méthodes et pratiques scientifiques (MPS), ce qui permet de voir leur intérêt pour les sciences. D'ailleurs, une quinzaine de ces élèves évoque le choix d'une orientation en filière scientifique. De plus, 17 élèves sont en horaires aménagés sport et beaucoup sont internes, ce qui explique peut-être la bonne entente et l'esprit d'entraide présents dans cette classe. Il s'agit donc d'un groupe classe à effectif élevé avec un bon niveau mais avec lequel il est agréable de travailler.

En parallèle, le deuxième groupe classe, noté L par la suite, que je vois le lundi (1h30 en dédoublement le matin et 1h30 en classe entière l'après-midi) est bien différent du premier. Il se compose de 5 élèves de 2nde 17 et de 27 élèves de 2nde 18. Parmi ces 32 élèves, aucun n'a choisi l'option MPS et seulement 5 souhaitent s'orienter en filière scientifique, beaucoup sont présents en classe de seconde car ils n'ont pas obtenu la filière professionnelle de leur choix et une majorité souhaite préparer un bac STMG (sans enseignement de sciences physiques). Il s'agit donc d'une classe beaucoup moins intéressée et impliquée dans la physique chimie, pour laquelle la gestion de classe n'est pas facile et le niveau est faible. Ces deux ensembles représentent alors 68 élèves (31 filles et 37 garçons) âgés de 14 à 16 ans. Ce qui est résumé dans le tableau suivant :

	Classe L	Classe V
Effectif	32	36
Pourcentage de fille	25 %	64 %
Pourcentage de garçon	75 %	36 %
Pourcentage de redoublant	6 %	6 %
Pourcentage d'élèves avec un choix de filière scientifique (S ou STI2D en 1 ^{er} vœux d'orientation)	22 %	47 %

II. Matériel

Pour réaliser cette expérience, très peu de matériel a été nécessaire. Les élèves avaient à disposition des feuilles de papier blanc et des stylos, feutres, crayons de couleurs. J'ai utilisé un vidéoprojecteur pour projeter les dates, la description des expériences de Thomson (découverte de l'électron), de Rutherford (bombardement de la feuille d'or), pour projeter les conclusions de Bohr et de Chadwick, en prenant soin de ne jamais représenter d'atome, de schéma mais en n'utilisant que des mots (sauf pour les expériences, où le dispositif était représenté).

III. Procédure

Les analyses précédentes nous ont permis de faire des choix pédagogiques pour aborder la notion de modèle de l'atome en classe de seconde. Le choix fait est non pas de faire connaître un modèle préélaboré et très performant ou bien d'en découvrir une multitude d'applications diverses et variées, mais plutôt de développer chez l'apprenant une structure cognitive lui permettant de pratiquer des activités de modélisation seul ou en groupe. Mon objectif consistait à mettre au point une stratégie pédagogique permettant aux élèves de seconde de construire eux-mêmes et progressivement un modèle précis de l'atome en utilisant l'histoire des sciences. Le choix de cette démarche de modélisation a pour ambition que l'élève se mette dans la peau d'un chercheur, d'un scientifique pour élaborer le modèle de l'atome de son choix, issu de ses connaissances, de discussion avec ses pairs, ...avec l'objectif d'illustrer le réel de manière précise, complète mais surtout compréhensible par la communauté.

L'expérience a alors commencé de façon individuelle, j'ai demandé aux élèves de répondre aux questions suivantes, et ce de manière spontanée, en leur précisant que ce n'était pas une évaluation notée mais que c'était pour analyser leurs connaissances au niveau atomique :

- Qu'est-ce qu'un modèle en sciences physiques ?
- Représenter un atome.

Ainsi, les élèves ont présenté leur proposition de modèle de façon orale et individuelle pour permettre une interprétation de cette représentation du modèle de l'atome (cf. annexe I) mais aussi pour utiliser le fait qu'un modèle doit posséder la propriété de verbalisation. Chaque proposition a pour l'élève une signification, qu'il défend avec des arguments devant ses camarades, il doit pouvoir expliquer de manière claire sa représentation atomique. Cette présentation orale a permis de trouver un terrain de discussion possible entre les élèves, a suscité

de la curiosité, a permis aussi de s'assurer de la communication pour permettre une co-construction par la suite.

En effet pendant les deux séances qui ont suivi, les élèves ont progressé par groupe de 4 ou 5, que j'ai moi-même construit à partir des premières propositions individuelles des modèles d'atomes qui avaient été faites pour les rendre homogènes les uns par rapport aux autres et pour générer de la discussion constructive au sein même des groupes. Avec des documents expliquant des expériences et la bibliographie des scientifiques (cf. Annexe II) de l'époque, ils devaient représenter le modèle de l'atome tel qu'il était décrit, tel qu'ils le comprennent, ou de manière à ce qu'il illustre les résultats issus de l'expérience décrite. Et cela sans consulter le manuel scolaire. Ensuite, avait lieu un débat entre un élève représentant de chaque groupe pour se mettre d'accord ou non sur le modèle à adopter (cf. Annexe III). Les représentations proposées par les élèves sont alors discutées d'un point de vue syntaxique, c'est-à-dire la cohérence du modèle proposé avec le modèle précédemment établi. Mais aussi d'un point de vue sémantique : correspondance du modèle proposé avec la description phénoménologique et le résultat des expériences. C'est ce travail d'abord de production et puis de discussion de ces représentations qui permet d'élaborer le modèle en s'appuyant sur son caractère figuratif. Puis l'opération de modélisation a été renouvelée en présentant aux élèves un nouveau scientifique, c'est-à-dire une nouvelle découverte, de nouvelles idées qu'il faut prendre en compte et avec toutes les interrogations qu'elles impliquent. Les élèves doivent confronter le dernier modèle dont ils disposent à de nouvelles situations (expériences historiques), ce qui a pour résultat de faire évoluer, d'enrichir ce modèle puisqu'ils doivent traduire ces nouvelles hypothèses en schémas. La succession des situations proposées a été organisée pour permettre un enrichissement progressif et une remise en cause du modèle avec un critère de cohérence. Chaque proposition écrite de modèle individuelle ou de groupe a été précieusement récupérée, pour ensuite être analysée. Ces données recueillies seront présentées par la suite.

Pendant ces séances, le rôle de l'enseignant, c'est-à-dire mon rôle était de faire progresser cette construction du modèle par le rappel des points de vue, des termes d'un accord en lien avec les expériences faites, d'enjeu d'activité en passant dans les différents groupes d'élèves pour questionner, contre-questionner, analyser l'évolution de la construction, l'efficacité du travail en groupe.

A la fin de la quatrième et dernière séance concernant la modélisation de l'atome, j'ai de nouveau demandé aux élèves de répondre de manière individuelle à quelques questions que sont suivantes (cf. Annexe IV) :

- Qu'est-ce qu'un modèle en sciences physiques ? A quoi sert-il ?
- Existe-t-il un ou plusieurs modèles de l'atome ? Pourquoi ?
- Représenter un modèle d'atome.

Ce dernier questionnement a pour objectif d'évaluer l'évolution de la notion de modèle chez l'élève, de savoir ce qu'il en retient.

Puis je leur ai distribué une feuille retraçant l'évolution du modèle de l'atome qui sert de résumé pour le cahier. Lors de l'évaluation sommative, je leur ai demandé de représenter un modèle de l'atome légendé. Par conséquent, par cette démarche hypothético-déductive, l'objectif n'est pas d'introduire le modèle de l'atome mais d'enrichir le modèle que les élèves connaissent déjà de l'atome à partir des connaissances acquises au collège c'est-à-dire de leur conception.

Le temps consacré à cette séquence d'enseignement à propos de la modélisation de l'atome est de 4 séances d'1h30, soit environ 6h d'enseignement en classe entière. Ce temps est beaucoup plus long que le temps habituellement accordé à cette partie du programme, qui est en général d'une heure.

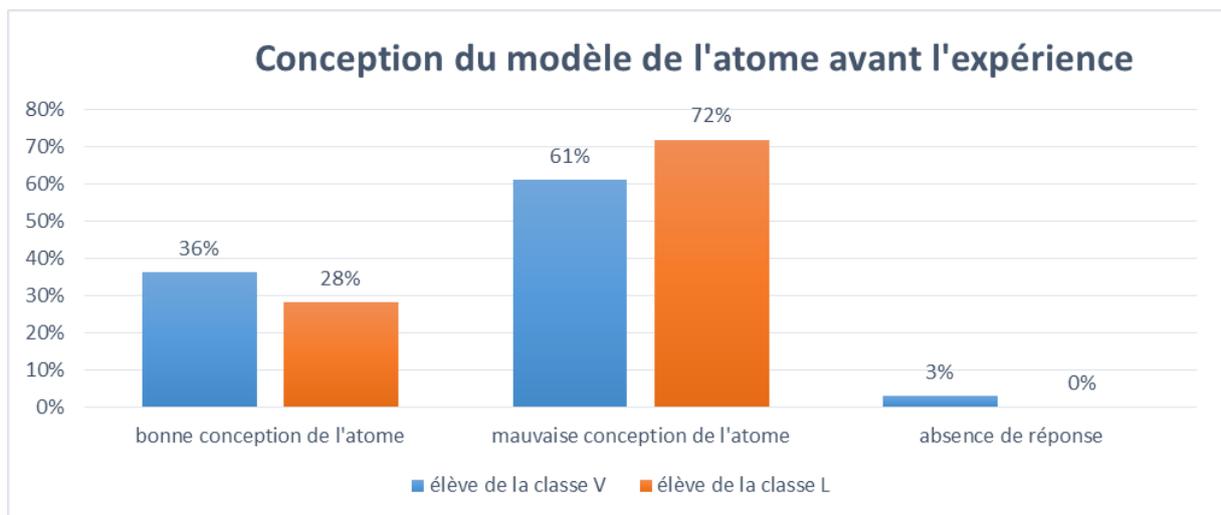
Résultats

I. Résultats de l'analyse pré-expérience

Chaque élève essaie de donner de façon individuelle une définition du modèle en sciences physique et de représenter un modèle de l'atome. Regardons les productions écrites des 68 élèves (cf. Annexe I).

1. Analyse du modèle atomique proposé

Il s'agit donc d'un modèle mental issu de la conception qu'ont les élèves de l'atome avant toute discussion en classe de seconde.

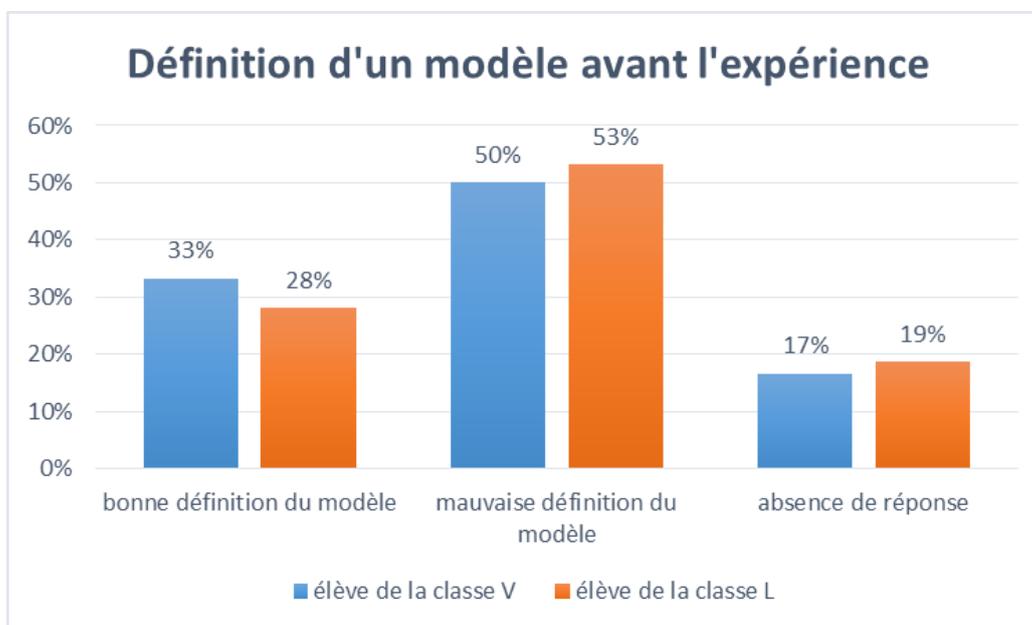


On remarque que pour la grande majorité des élèves (66 % des élèves, classes confondues), la conception de l'atome est inexacte à l'entrée en classe de seconde. Parmi cette majorité, beaucoup (60 %) ont représenté une molécule, c'est-à-dire qu'ils considèrent qu'un atome est constitué de plusieurs molécules, car ils ont représenté des ronds/boules reliés par les traits/bâton ou bien plusieurs petits ronds à l'intérieur d'un cercle. D'autres (13 %) ont confondu l'atome avec un brin d'ADN. Le graphique montre également que l'écart entre les deux classes est très faible, avec malgré tout, un peu plus de bonne conception dans la classe V, mais c'est également dans cette classe qu'on relève une absence de réponse, que j'explique peut-être par une peur de l'erreur.

2. Définition d'un modèle pour les élèves

Regardons combien d'élève de seconde ont une définition acceptable pour un modèle de sciences physiques. Encore une fois, on peut voir sur le graphique que pour seulement 31 %

des élèves, une définition du modèle est acceptable, et qu'à ce niveau de l'expérience, la distinction des deux classes est minime. Nous pouvons aussi remarquer la part non négligeable d'absence de réponse. Ce qui témoigne sûrement que certains élèves n'ont jamais ou ne se souviennent pas avoir entendu parler de modèle en sciences physiques.



Regardons plus en détails, les définitions données par les élèves :

<i>définitions proposées</i>	pourcentage d'élèves
<i>une démonstration</i>	3%
<i>une formule</i>	12%
<i>un exemple</i>	26%
<i>une personne scientifique</i>	1%
<i>une mesure, une expérience</i>	4%
<i>une représentation du réel</i>	16%
<i>un schéma</i>	12%
<i>un moyen de comprendre</i>	1%
<i>une maquette</i>	6%

On constate à travers ce tableau que lorsqu'on parle de modèle aux élèves, ils pensent à plusieurs et diverses idées. C'est donc à partir de ces données que nous allons travailler, réaliser l'expérience.

II. Étude des productions écrites

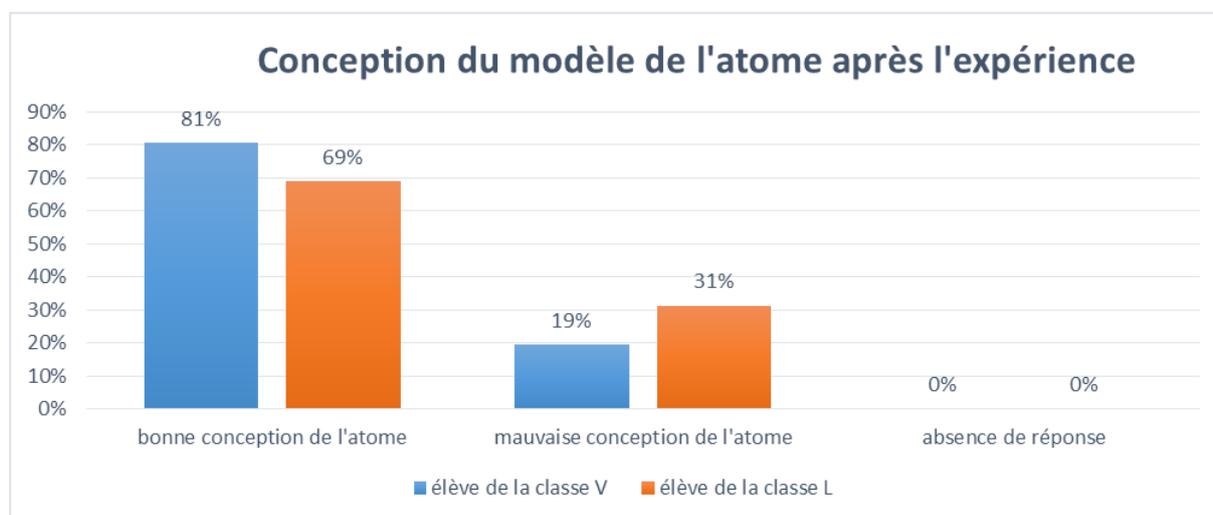
Les élèves réfléchissent donc maintenant en groupe homogène. Chaque groupe produit des modèles d'atome au début après simple discussion entre eux puis selon les avancées historiques proposées (cf. Annexe II). Entre chacun des modèles représentés, un membre de chaque groupe vient présenter le modèle du groupe et un débat s'installe. Les productions écrites (cf. Annexe III) sont ramassées par le professeur. Ces productions ont permis aux élèves de discuter sur leur idée de représentation de l'atome mais aussi d'apporter des corrections nécessaires à propos de la constitution de l'atome, la taille du noyau, la prise en compte du vide, l'agencement spatiale, le nombre et la charge des différentes particules. Mais aussi la cohérence avec les hypothèses en lien avec les expériences ou encore les divers codes de représentation, couleurs, légendes sont sujets de discussion au sein des groupes d'élèves. Regardons alors maintenant les résultats issus de cette expérience.

III. Résultats issus de l'expérience

Analysons les résultats à la fin de cette expérience de la même manière que les résultats au début de cette même expérience. C'est-à-dire la conception de l'atome, la définition d'un modèle en sciences physiques et aussi la réponse aux questions : Existe-t-il un ou plusieurs modèles ? Pourquoi ? Et quel est le rôle d'un modèle ? (cf. Annexe IV)

1. Analyse du modèle proposé

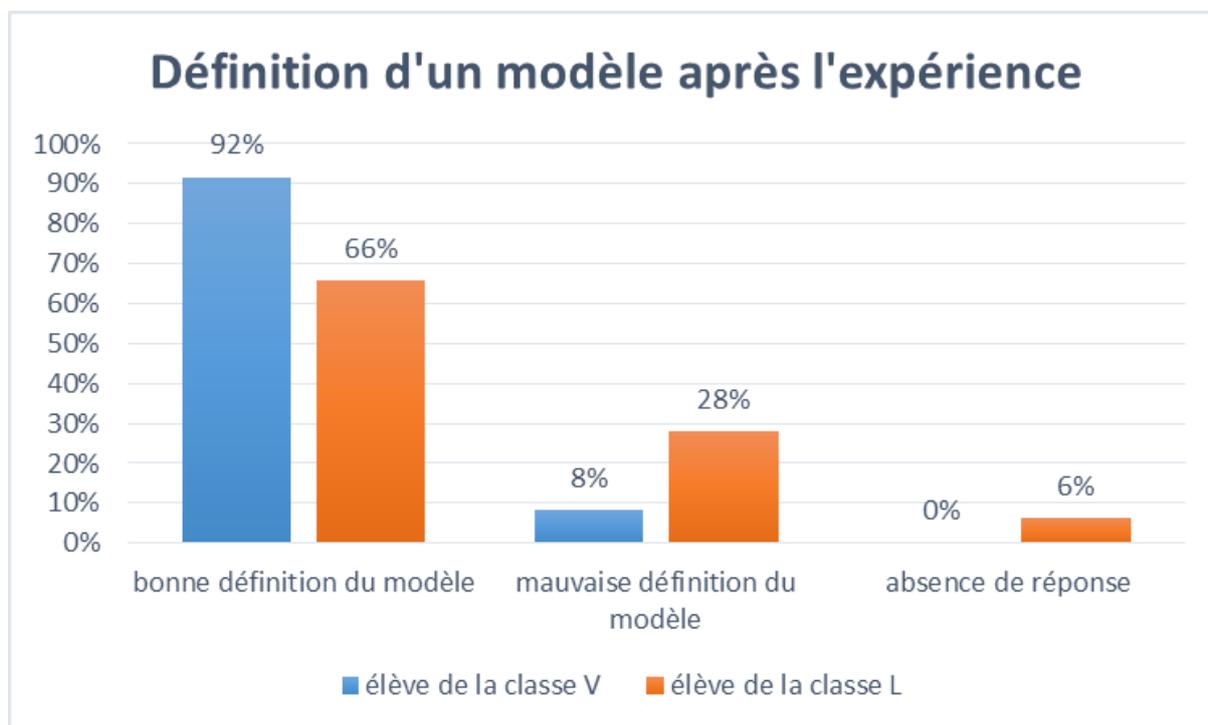
Regardons combien d'élèves ont acquis une bonne conception de l'atome après avoir participé à cette expérience.



On constate qu'après l'expérience, la tendance s'est inversée car 75 % des élèves semblent avoir acquis une bonne conception de l'atome. L'expérience semble alors avoir été bénéfique. En revanche, parmi les élèves qui ont toujours une mauvaise conception de l'atome, 59 % confondent toujours atome et molécule et 24 % confondent l'atome avec l'ion, une confusion qui est apparue avec l'expérience car elle était inexistante avant. Nous pouvons se satisfaire d'une absence totale de non réponse. Puis en comparant les histogrammes, nous constatons que malgré le même déroulement de l'expérience dans les deux classes, la distinction entre les deux est beaucoup plus nette qu'au début. La classe V semble avoir mieux acquis la conception de l'atome et donc une modèle de l'atome que la classe L, ce qui est cohérent avec les résultats scolaires.

2. Le modèle et sa construction

De la même façon, regardons si les élèves ont acquis la notion de modèle (cf. annexe IV). Combien d'élèves peuvent donner une bonne définition d'un modèle en sciences physiques ?



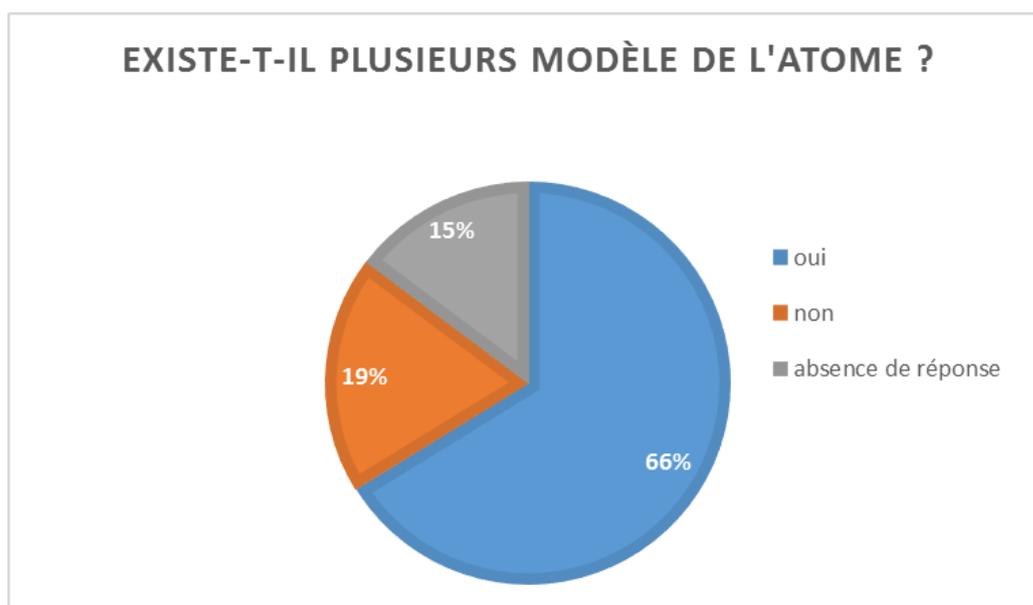
Nous pouvons établir le même bilan que précédemment, c'est-à-dire qu'une nouvelle fois, nous constatons l'écart entre les deux classes. Cependant, l'expérience a permis d'augmenter le nombre de bonne définition du modèle dans les deux classes.

Examinons alors la définition de modèle donnée par les élèves après l'expérience :

<i>définitions proposées</i>	pourcentage d'élèves
<i>une recette</i>	1%
<i>une méthode pour savoir la vérité</i>	4%
<i>une hypothèse</i>	6%
<i>une interprétation de la réalité</i>	18%
<i>une représentation du réel</i>	47%
<i>un schéma</i>	21%

Nous pouvons voir que le nombre de définition a diminué. Il est passé de 9 avant l'expérience à 6 après l'expérience) et que toutes les définitions proposées ici peuvent être mises en lien avec l'expérience menée en classe, car même les définitions erronées sont compréhensibles (en lien avec l'expérience, vocabulaire utilisé). Nous pouvons nous satisfaire globalement de l'expérience car presque la moitié des élèves (47 %) définissent un modèle comme une représentation du réel, mais surtout 18 % ont bien compris qu'un modèle est une interprétation de la réalité. La définition « schéma » est aussi importante (21 %), ce qui est tout aussi acceptable pour un niveau de seconde à propos du modèle de l'atome.

Voici les réponses des élèves à la question « Existe-t-il un ou plusieurs modèle de l'atome ? » :



Ce graphe montre bien que la plupart des élèves ont compris que plusieurs modèles de l'atome étaient possibles, ce qui est un résultat satisfaisant issu de l'expérience, malgré les 15 %

de non réponse à la question. Mais parmi ces 66 % des élèves qui ont répondu oui, quelle est leur réponse à « Pourquoi existe-t-il plusieurs modèles ?

<i>Explications données</i>	Pourcentage d'élèves
<i>Plusieurs explications du réel possibles</i>	24%
<i>Evolution des sciences</i>	40%
<i>Plusieurs formes d'atomes possibles</i>	16%
<i>La vérité n'est pas connue</i>	20%

Nous constatons que beaucoup ont compris qu'un modèle pouvait évoluer au cours du temps (40 %), que certains ont compris qu'il existait plusieurs modèles car il y avait plusieurs explications possibles du réel. Mais au contraire, le fait d'avoir manipulé plusieurs modèles de l'atome au cours de l'expérience a engendré de mauvaises conceptions dans la tête des élèves. En effet, nous remarquons malheureusement que pour certains élèves (16 %) il existe plusieurs modèles car selon eux plusieurs formes d'atome existent ou sont possibles. A eux, s'ajoutent 20 % des élèves qui pensent que plusieurs modèles de l'atome existent car la vérité est encore inconnue. Ces deux explications, certes erronées, sont cohérentes avec l'expérience puisque avec les élèves ont vu différentes formes d'atomes. Et l'histoire des sciences étant très présente, à plusieurs reprises les modèles ont été mis en défaut ou en question, les élèves ont compris que les scientifiques n'avaient pas encore découverte la véritable constitution de l'atome.

3. Effets de l'expérience

L'expérience menée ici dans deux classes de seconde a eu plusieurs effets. Certains attendus et souhaités, d'autres inattendus voire surprenants. En effet, grâce aux résultats, nous pouvons voir que l'expérience a permis à certains élèves de corriger leur conception erronée de l'atome mais surtout de comprendre la notion de modèle au niveau seconde. Les élèves ont pris la modélisation comme un défi c'est-à-dire que pour eux c'était presque un jeu de construire un modèle qui permet d'expliquer les résultats des expériences historiques liées à la constitution de l'atome. Le fait que les élèves se corrigent et construisent eux-mêmes leur savoir, a pour beaucoup fait disparaître les mauvaises conceptions visibles dans les résultats pré-expérience et a développé leur esprit critique qui est important en sciences. Le fait de prendre en compte et de valoriser les productions des élèves en les introduisant dans une trace écrite commune leur de l'institutionnalisation a permis de comprendre qu'il n'y avait pas un seul bon modèle mais que plusieurs étaient possibles dans la mesure où un modèle doit être hypothétique, modifiable et pertinent pour certain problème ou contexte.

En revanche, cette expérience de modélisation a aussi engendré de mauvaises conceptions et n'a pas corrigé parfaitement ni totalement des erreurs scientifiques importantes comme nous avons pu le voir précédemment à travers les résultats. Ainsi, cette expérience a eu un effet à nuancer sur les élèves de secondes. Même si globalement les résultats pédagogiques sont acceptables, l'expérience en elle-même ne peut pas être totalement considérée comme satisfaisante.

Discussions

I. Rappel du contexte

Rappelons que pour construire un modèle, il est nécessaire de définir un champ de référence pour délimiter le domaine du modèle. Ce choix de champ de référence est à priori pour cette expérience familier puisque les élèves partent de ce dont ils se souviennent de leur enseignement au collège, de ce qu'ils ont vu ou entendu et retenu des informations scientifiques qu'ils ont reçues dans leur propre environnement familial et social. Ceci est analysé en amont de l'expérience à travers différentes questions posées de manière individuelle aux élèves à propos de la constitution de l'atome et de la notion de modèle en sciences physiques. A partir de cela, la démarche de modélisation est engagée puisque les élèves vont travailler par groupe de quatre pour construire des modèles cohérents avec un contexte qui leur est proposé. En se mettant dans la peau de scientifiques, les élèves vont faire évoluer leur modèle mental grâce aux découvertes scientifiques historiques qui leur sont proposées qu'ils devront comprendre et analyser en groupe. Ils vont également défendre leur proposition de modèle de l'atome en argumentant leurs choix de représentation lors d'un débat entre élèves de chaque groupe. Après cette modélisation collective, chaque élève donne par écrit et de façon individuelle sa nouvelle conception de l'atome et la définition de modèle qu'il a maintenant. Ces résultats sont analysés afin de voir si l'expérience a permis de corriger des conceptions antérieures erronées et si elle a permis de comprendre la notion et le rôle d'un modèle. Ce qui me semble important en sciences physiques.

II. Mise en lien avec les recherches antérieures

Les élèves qui ont participé à l'expérience ont pour la plupart subi un cursus axé sur le modèle en lui-même. Ainsi toute valeur de l'hypothèse et de l'information théorique sont perdues. On leur a parlé éventuellement de modèle mais sans préciser le champ de référence, d'analogie, sans leur parler de description partielle et microscopique de la réalité, on n'explique pas les différentes propriétés. Le modèle n'a alors aucun rôle explicatif, « le modèle qui donne à voir ne donne à voir qu'à l'initié qui connaît le support conceptuel qui justifie ce modèle » (Bachelard, 1979) mais ne possède que le caractère représentatif. Si bien que très peu en donne une définition acceptable en entrant en seconde, comme le montrent les résultats en amont de l'expérience.

L'organisation et le fonctionnement physico-chimique du monde est enseigné sans que l'idée de modèle apparaisse, comme si tous les processus n'étaient qu'une description fine de la réalité révélée par les observations et les expériences. C'est-à-dire une vision empiriste et naïvement réaliste des sciences. Or un élève doit être conscient qu'un modèle relève de choix arbitraires de représentation et qu'il est largement modifiable, que plusieurs modèles peuvent exister et même coexister, et qu'ils ont des limites et qu'on peut toujours les sophistiquer. Je pense que l'expérience menée a permis d'apporter une solution pédagogique pour répondre à cette ambition comme l'illustrent les résultats, c'est-à-dire l'analyse des réponses des élèves après cette expérience. Nous pouvons constater qu'après l'expérience, le nombre de définitions satisfaisantes d'un modèle est plus important qu'avant l'expérience. Ce qui nous permet de dire que l'expérience a été bénéfique aux élèves à propos de la notion de modèle. Cependant, cette expérience a malgré tout des limites comme nous l'avons déjà signalé précédemment, et ce dans les deux classes de secondes malgré leurs divergences.

III. Limites et perspectives

Apprendre aux élèves à modéliser, c'est enseigner de nouvelles démarches de pensée, d'appréhension des phénomènes. Or, il n'y a pas de modèle sans concept, ainsi les premiers modèles proposés par élèves sont issus de concepts qu'ils ont acquis de l'atome au collège. Ce sont des modèles dits « mentaux » qui montrent une très grande divergence d'idée. Par conséquent, il s'annonce forcément difficile de pouvoir corriger tous les élèves, mais le point positif est déjà de pouvoir les repérer.

L'élève apprend avec ce qu'il maîtrise déjà, utilise les ressources qu'il possède déjà puis il est confronté à des obstacles. Le fait de demander aux élèves de décrire leur modèle, d'expliquer leur représentation dès le début de l'expérience a permis dans un premier temps de montrer aux élèves l'intérêt de comprendre ce qu'ils faisaient, de ne pas recopier mais plutôt de s'appropriier les connaissances et dans un deuxième temps d'obtenir par la suite des productions plus claires, légendées. Après discussions, recherches, découvertes avec ses camarades, l'apprenant est amené à construire un autre modèle, son propre modèle. Les élèves sont donc acteurs de leur propre apprentissage. Il s'agit alors d'une démarche « socioconstructivisme » en plusieurs étapes entre lesquelles il faut ménager des transitions, s'arrêter sur des modèles transitoires ou alternatifs et relancer le questionnement et l'ajustement. Cette démarche permet de mobiliser plusieurs mémoires (visuelle, auditive, dactylographique) et je l'espère à marquer les esprits des élèves. De plus, la modélisation permet de lever des difficultés car elle permet

de porter l'attention sur des systèmes idéaux complexes ou cachés. Lorsque, après de multiples essais d'ajustement du modèle atomique, les élèves trouvent un modèle dont l'interprétation est non contradictoire avec l'expérience historique à propos de l'atome étudié, on effectue provisoirement un arrêt sur le modèle, celui-ci est encore hypothétique mais a acquis un pouvoir de représentation générale et d'interprétation cohérente, ouverte à de nouveaux « bricolages ». Ainsi, cette démarche ne laisse pas pour compte ce que Jacob appelle « l'invention d'un monde possible » et passe par la construction de modèles soumis à une critique fonctionnelle et empirique.

Au contraire, renoncer à faire modéliser les élèves revient à les empêcher de travailler certaines questions parmi les plus importantes et les plus formatrices en sciences. Avec en particulier le rôle important de « l'essai-erreur », qui permet de centrer la recherche d'information, d'apporter des questions ou d'y répondre. Cette expérience avec donc aussi pour ambition de faire comprendre aux élèves, que les erreurs sont toutes aussi bénéfiques que les « bons résultats ». Pour cela, montrer aux élèves que les grands scientifiques ont fait des erreurs mais qu'en réfléchissant, en raisonnant correctement à propos de celles-ci a permis de faire évoluer les sciences au fil du temps. Cette ambition est difficile à évaluer sur ce court terme, qu'est celui de l'expérience ou de l'année scolaire.

Dans cette expérience, les élèves travaillent en groupe pour faciliter la discussion entre eux à propos des hypothèses (éventuellement ce qui permet de faire le lien entre le monde théorique et le monde réel), des choix de représentation de modèles. Le travail en groupe permet également de mettre l'accent sur le fait que plusieurs modèles sont acceptables, que le modèle est un moyen de représenter le réel selon des choix, qu'il est donc possible de nuancer cette représentation de la réalité. Le modèle est donc basé sur un savoir collectif, des connaissances collectives et permet une lecture parmi plusieurs possibles. Ce déroulement de l'expérience en groupe me semblait une évidence pour placer les élèves dans la peau de scientifiques, avec les discussions que cela engendre car on apprend en communiquant. La méthode de communication semble avoir été la même à chaque fois, or comme il s'agit aussi bien de collaboration et de confrontation, plusieurs langages ont été utilisés (écrit, oral, gestuel). D'autant plus que la nécessité de formalisation (mettre en forme ses idées pour pouvoir les formuler pour collaborer et confronter) était primordiale dans cette expérience. Cela avait aussi pour fin de rendre l'élève acteur et non spectateur. Ces objectifs semblent avoir été atteints à travers cette modélisation menée en classe.

Ce qui serait intéressant également serait de comparer à plus long terme des cursus en parallèle. C'est-à-dire d'analyser d'une part un cursus donc la stratégie pédagogique est très

axée sur la modélisation, et qui préconise une démarche inductive à l'image de cette expérience et d'une autre part, un cursus plus axé sur l'utilisation du modèle, c'est-à-dire qui suit une démarche plus dogmatique, comme celui qu'ont suivi la plupart des élèves participants à cette expérience.

Une limite pratique à cette expérience est une que j'ai décidée en leur imposant un support papier. J'aurais pu/du mettre à disposition d'autre support matériel comme de la pâte à modeler, du carton, des objets diverses ou bien un logiciel de modélisation, une maquette ou une analogie avec le système solaire (qui a été vu précédemment en classe). Je pense que cette limite n'a pas gêné la démarche de modélisation mais a pu restreindre la notion de modèle dans la tête des élèves.

Conclusion

Notre ambition était alors que les élèves comprennent la notion de modèle et la constitution d'un atome, qu'il n'y a pas un seul et bon modèle de l'atome, mais qu'il en existe plusieurs, que ces modèles sont toujours hypothétiques, modifiables et surtout pertinents pour répondre à un questionnement particulier (composition de l'atome ou bien organisation des particules) ou dans un certain contexte historique et scientifique. Ainsi, les questions de la continuité ou de la rupture du modèle, de l'explication, de la comparaison, sont sans doute les questions de base pour envisager l'acquisition de compétences et d'attitudes transférables à la modélisation.

La place du modèle et de la modélisation sont clairement pertinente pour cet apprentissage de l'atome. Puis la notion de modèle doit devenir familière pour les élèves puisque c'est un outil important et très présent dans l'enseignement des sciences physiques. En effet, ce que les élèves ont appris aujourd'hui avec cette expérience, ils pourront le réutiliser pour la suite du programme pour aborder les réactions chimiques ou les forces en mécanique. De la même façon, la démarche de modélisation apprise ici pourra être mise à profit lors des démarches d'investigation.

Bibliographie

BACHELARD, S. (1979). *Quelques aspects historiques des notions de modèle et de justification des modèles*. Maloine.

EVARD, T., & AMORY, B. (2015). *Les modèles, des incontournables pour enseigner les sciences !* De Boeck.

GOFFARD, M., & WEIL-BARAIS, A. (2005). *Enseigner et apprendre les sciences, Recherche et pratiques*. Armand Colin.

MARTINAND, J.-L. (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris: Institut National de Recherche Pédagogique (INRP).

MARTINAND, J.-L. (1994). *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris: Institut National de Recherche Pédagogique (INRP).

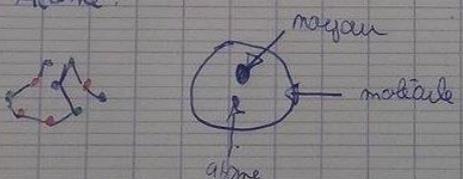
ROBARDET, G., & GUILLAUD, J.-C. (1995). *Elements d'épistémologie et de didactique des sciences physiques, de la recherche à la pratique*, Tome 1, 3ème édition. Grenoble: Publications de l'IUFM.

SAKHO, I. (2011). *Histoire de l'atome, de l'insécabilité au modèle probabiliste*. Paris: Publibook.

Annexe I : extraits des propositions d'élèves avant l'expérience

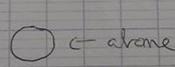
1 - Modèle: C'est un schéma, une forme. Exemple: la forme d'une molécule. Ça peut être un croquis aussi.

2 - Atome:



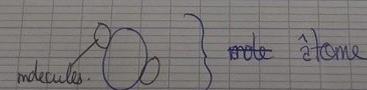
1) Qu'est ce qu'un modèle en sciences physiques?
c'est une démonstration

2)



Qu'est ce qu'un modèle en sciences physiques?
C'est une représentation solide, en maquettes d'une matière ou autre.

Qu'est ce que un atome?



1) Un modèle en physique chimie est un exemple sous forme de matière. Genre une maquette dans les musée pour la physique.

2)



atome d' H_2O

1. C'est un exemple

2-



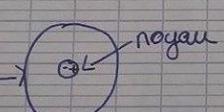
1) Un modèle: c'est un schéma, un croquis

2) Atome:



1 et Je pense que c'est une formule

2



1. un modèle c'est la représentation de l'atome

2.

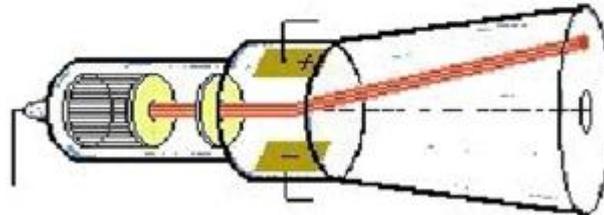


3 molécules de l'atome

Annexe II : extraits des documents proposés aux élèves

J.J. Thomson (1856-1940)

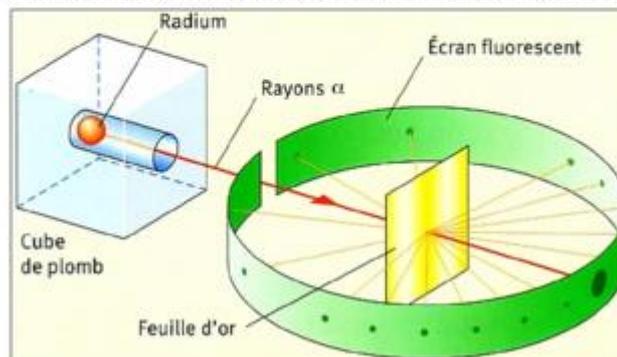
- L'électricité existe
 - Il découvre l'électron, particule négative



- L'atome est donc divisible mais neutre

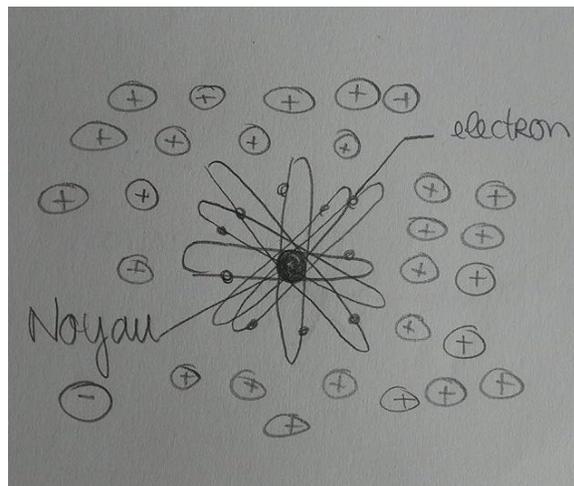
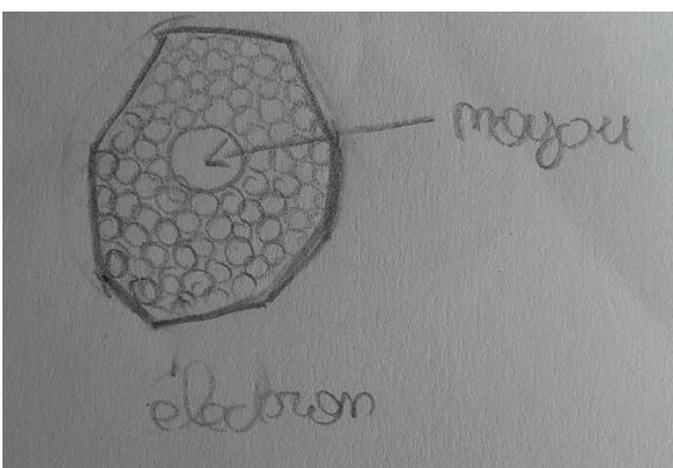
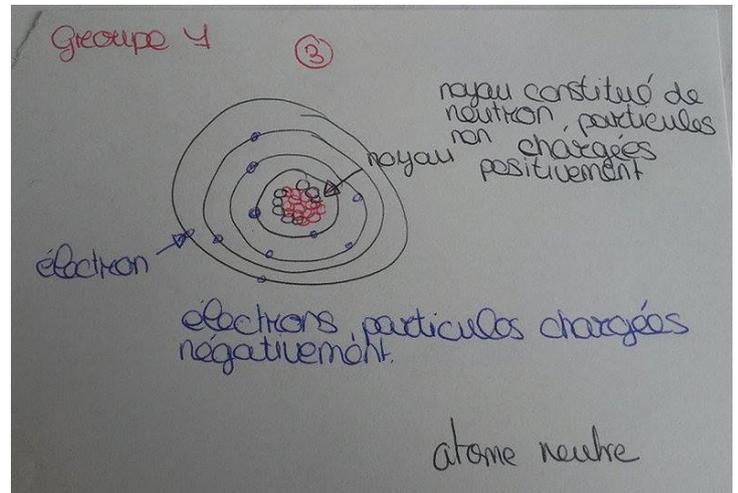
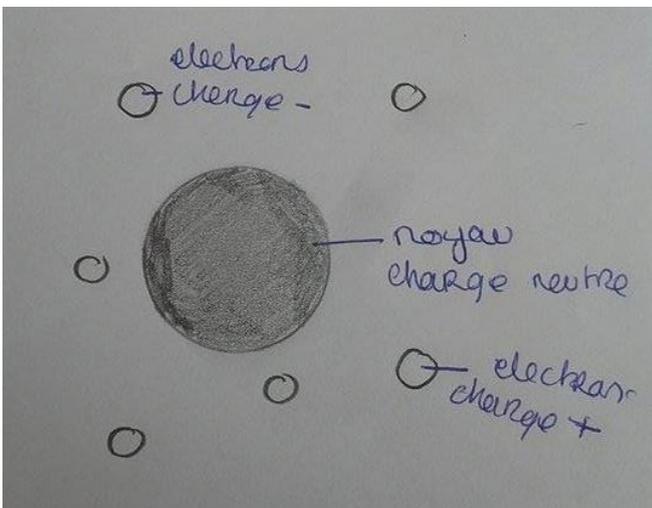
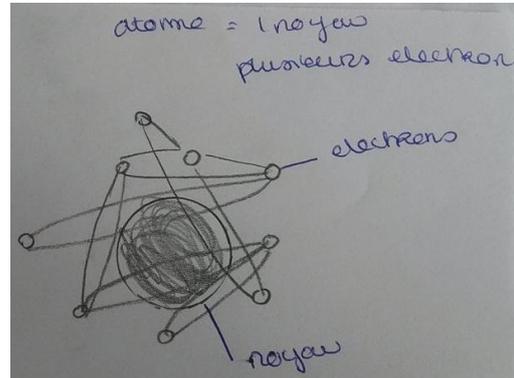
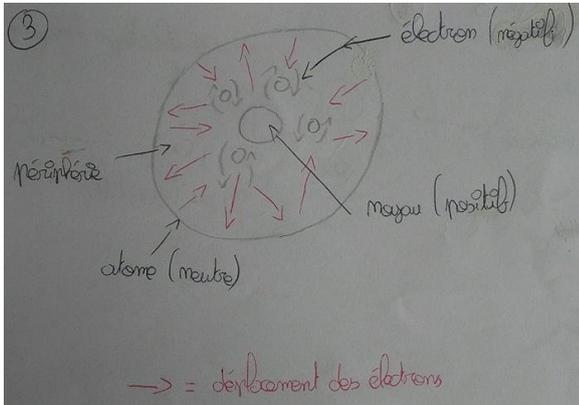
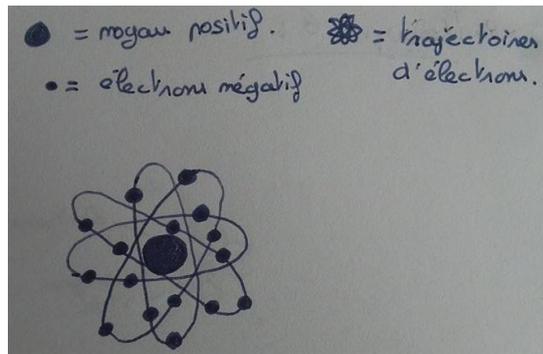
Rutherford (1871-1937)

- En 1911, Ernest Rutherford effectua des expériences qui consistaient à bombarder une feuille métallique avec un faisceau de particules et à observer la direction prise par les particules qui avaient rebondi sur les atomes rencontrés. Il observe une tache intense au centre de l'écran et quelques taches apparaissent à la périphérie.



- Il voulait ainsi vérifier le modèle atomique proposé par Thomson.

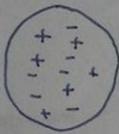
Annexe III : extraits des propositions de groupe de modèle d'atome



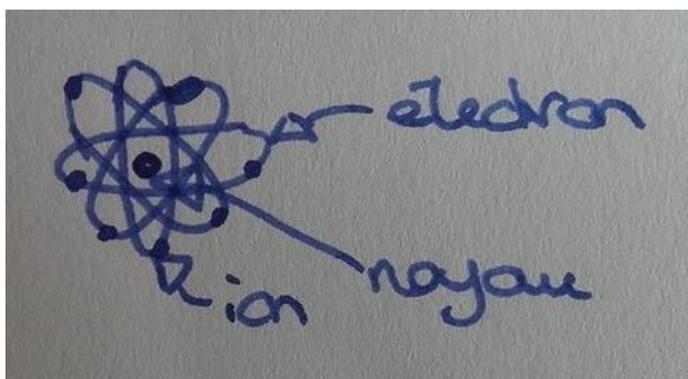
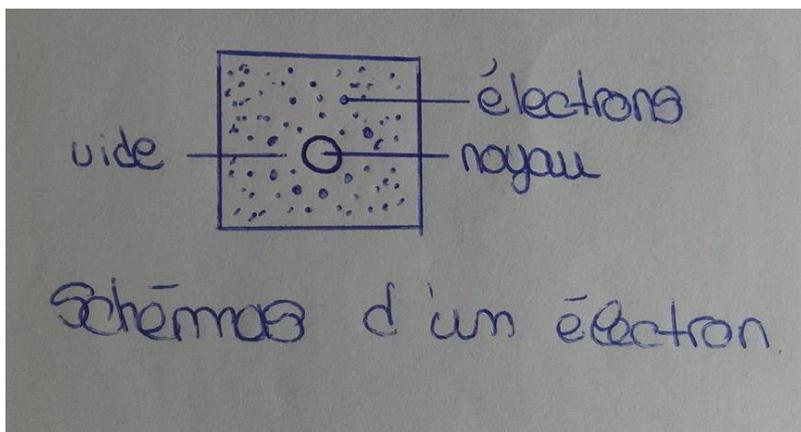
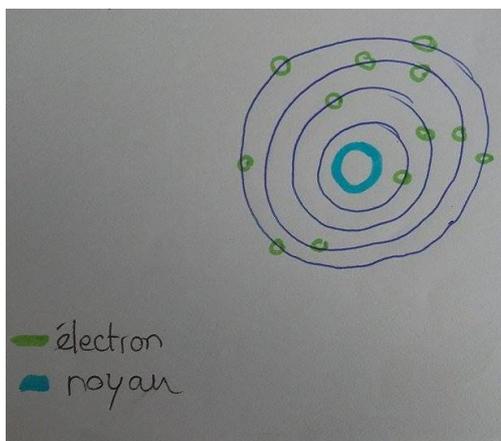
Annexe IV : extraits des propositions d'élèves après l'expérience

Pourquoi plusieurs modèles: car on n'était pas sûr de quoi ressemble un atome.
 Est-ce que un seul modèle est vrai? Ou celui de Bohr?
 Qu'est-ce qu'un modèle: La représentation écrite d'un atome

- Car le modèle type à évoluer au fil du temps
 - Non
 - C'est la représentation type d'un atome.



1- pas la même technique et même technologie à chaque époque.
 2- Mélange, idées de recette.
 3- façon de représenter la chose.



1) On a plusieurs modèles car l'atome appartenant à l'infiniment petit on ne sait pas comment il est.
 2) On ne sait pas si un seul modèle est vrai il faudrait l'observer au microscope
 3) Une représentation d'une hypothèse

Année universitaire 2016-2017

DU Métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation

Mention Second degré

Parcours : Sciences physiques chimiques

Titre du mémoire : Le Modèle de l'atome en classe de seconde

Auteur : Anne-Lise DUBOIS

Résumé :

La notion de modèle est pour un élève difficile à concevoir. Or elle est très présente dans l'enseignement de sciences physiques. D'ailleurs dans le programme de seconde, la constitution de l'atome est abordée à travers le modèle. Il semblait donc intéressant de se demander en tant qu'enseignante si l'approche du modèle par l'histoire des sciences (en s'appuyant sur les expériences historiques de Thomson, Rutherford, ...) et par construction comparée (débat entre plusieurs groupes d'élèves) et progressive (modification d'un modèle existant) est une méthode satisfaisante pour aborder la notion de modèle à propos de la constitution de l'atome. C'est-à-dire que cette démarche a pour objectif de placer l'élève dans la peau d'un chercheur scientifique pour découvrir et surtout construire un modèle de l'atome acceptable et satisfaisant. L'objectif de ce mémoire est donc d'apporter une réponse à cette interrogation d'un point de vue pédagogique et didactique.

Mots clés : atome, modèle, modélisation, seconde, enseignement

Summary :

The concept of a model is difficult to conceive for a student. But it is very present in the teaching of physical sciences. Besides in the content of the highschool, the atom's matter is approached through the model. It was therefore interesting to ask as a teacher whether the approach of the model by the history of science (based on the historical experiences like Thomson's, Rutherford's) and by comparative construction (between groups of student) and progressive (modification of an existing model) is a good method to approach the notion of model about the constitution of the atom. That is to say that this approach aims to place the student in the skin of a scientific researcher to discover and especially to construct a model of the acceptable and satisfactory atom. The aim of this thesis is therefore to provide an answer to this question from a pedagogical and didactic point of view.

Key words : Atom, model, modeling, second, teaching