



L'histoire des sciences : quels liens avec la pédagogie ?

Rodolph Jardin

► To cite this version:

Rodolph Jardin. L'histoire des sciences : quels liens avec la pédagogie ? . Education. 2016. dumas-01412389

HAL Id: dumas-01412389

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01412389>

Submitted on 8 Dec 2016

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.

18/04/2016

L'Histoire des Sciences

Quels liens avec la pédagogie ?

Rodolph Jardin M2 MEEF PC

ENSEIGNANT STAGIAIRE DE PHYSIQUE-CHIMIE

FORMATEUR ESPE : MME ARMELLE MANCEAU

FORMATEUR PÉDAGOGIQUE : M. ARNAUD DAMERVAL
2015/2016

ENGAGEMENT DE NON-PLAGIAT

Je, soussigné _____, étudiant en Master 2 MEEF PC
à l'ESPE de l'Université de Nantes :

- déclare avoir pris connaissance de la charte anti-plagiat de l'Université de Nantes
- déclare être pleinement conscient que le plagiat de documents ou d'une partie de document publiés sous toutes formes de support, y compris l'Internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée.

En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour rédiger ce mémoire.

Nantes, le _____

Signature :

REMERCIEMENTS

Je tiens à adresser mes remerciements à toutes les personnes qui m'ont guidé, qui m'ont aidé dans la rédaction de ce mémoire.

En premier lieu, je souhaite remercier M. Arnaud DAMERVAL, mon tuteur terrain et enseignant agrégé de sciences physique et chimique au Lycée Les Bourdonnières à Nantes, pour m'avoir épaulé pendant cette année de stage. Il m'a, par ailleurs, été d'une aide secourable pour l'élaboration d'activités et pour ses conseils.

Ensuite, je remercie Mme Armelle MANCEAU, ma directrice de mémoire et tuteur ESPE, pour avoir été à mon écoute, pour les conseils qu'elle a pu me donner et ses critiques constructives, tant concernant le mémoire que l'analyse de mes séances.

Je remercie Mme Fatima OUACHOUR, formatrice à l'ESPE en contexte d'exercice, qui a apporté bon nombre de conseils méthodologiques pour l'élaboration du mémoire, sans lesquels le mien aurait moins bien construit.

Je voudrais également remercier M. Alain RICHARD, proviseur du Lycée Les Bourdonnières, pour m'avoir accepté au sein de l'équipe éducative et accordé sa confiance. Il m'a permis, de la même manière que mes tuteurs terrain et ESPE, d'avoir un regard critique sur mon propre enseignement et sur ma pédagogie et ma didactique.

Je souhaite aussi remercier mes élèves de seconde I et de seconde M pour avoir accepté de répondre à mon questionnaire, pour avoir été suffisamment patients avec moi lorsque je pouvais faire des erreurs.

Enfin, je remercie Marie TRICOT, mon amie et enseignante-stagiaire en physique-chimie, de me connaître assez pour m'avoir ni plus ni moins aidé à choisir mon sujet de mémoire.

SOMMAIRE

Engagement de non-plagiat	1
Remerciements.....	2
Sommaire.....	3
Introduction	4
I – Histoire des Sciences et épistémologie, pédagogie et didactique.	7
1) Définition de l'épistémologie.	7
2) Définition de l'histoire des sciences.	8
3) Définition de la pédagogie.....	9
4) Définition de la didactique.	12
5) Quel lien entre ces grandes disciplines ?	13
II – Présentation du cadre de travail	16
III – Présentation du Corpus.....	17
1) L'activité expérimentale sur la dispersion et les expériences de Newton (Annexe 1).....	17
2) L'activité documentaire sur l'expérience de Rutherford (Annexe 2).....	18
3) L'activité expérimentale/documentaire sur la classification périodique de Mendeleïev (Annexe 3)	19
4) L'exposé sur l'évolution du modèle de l'atome depuis l'Antiquité (Annexe 4)	21
5) L'activité documentaire sur l'histoire des médicaments (Annexe 5).....	22
6) Le questionnaire adressé aux élèves de seconde (Annexe 6).....	23
IV – Analyse du Corpus.....	24
1) Analyse de l'activité expérimentale sur la dispersion et les expériences de Newton (Annexe1)	24
2) Analyse de l'activité documentaire sur l'expérience de Rutherford (Annexe 2)	25
3) Analyse de l'activité expérimentale/documentaire sur la classification périodique de Mendeleïev (Annexe 3)	27
4) Analyse de l'exposé sur l'évolution du modèle de l'atome depuis l'Antiquité (Annexe 4)	29
5) Analyse de l'activité documentaire sur l'histoire des médicaments (Annexe 5).....	32
6) Le questionnaire adressé aux élèves de seconde (Annexe 6).....	34
Conclusion.....	38
Bibliographie :	40
Annexes :	42

INTRODUCTION

L'histoire des sciences et par extension l'épistémologie m'ont toujours intéressées. Le fait de comprendre comment une théorie a pu aboutir au stade qu'elle a atteint me transporte. Il n'y a qu'à étudier la mécanique quantique : son origine est finalement très ancienne, et date des conflits intellectuels entre Isaac Newton et Robert Hooke sur la nature de la lumière. En effet, les deux hommes ont longtemps débattu à ce sujet, le premier ayant une vision corpusculaire de la lumière et le second ayant une vision ondulatoire. De telles réflexions, de telles pensées me subjuguent, d'autant plus que les deux hommes avaient raison, ou tout du moins aucun d'eux n'avaient tort. Ce travail sur cette évolution des modèles grâce aux expériences, au fait que l'Homme ait été capable de passer à des dimensions supérieures de raisonnements a provoqué chez moi une envie de vivre à leur époque afin de participer à ces joutes intellectuelles. Certes, il s'agit de révolutions scientifiques mais aussi de révolutions intellectuelles : la conceptualisation des phénomènes les rend à la fois plus proches et plus éloignés de notre compréhension. L'expérimentation vient de plus en plus après la théorie (elle permet une confirmation ou une infirmation de la théorie). En plus, on commence à travailler sur des expériences de pensées. Je fais référence par exemple aux « conflits » entre Niels Bohr et Albert Einstein lors des cinquième et sixième Congrès Solvay de 1927 et de 1930¹, concernant la physique quantique et ce qu'elle pouvait impliquer sur la nature de la réalité.

Aujourd'hui, dans la vie quotidienne, on ne se rappelle plus qui a fait telle expérience et pourquoi, la raison pour laquelle une théorie a vu le jour. Par exemple, la mécanique quantique avait à l'origine pour but d'expliquer le rayonnement du corps noir. Par suite, Max Planck a dû conférer à la lumière des propriétés particulières, qui sont restées infalsifiables depuis. Même les élèves ont finalement peu de connaissances concernant l'histoire de telle ou telle théorie, à moins qu'ils soient suffisamment curieux pour effectuer eux-mêmes leurs recherches. Et cela est, à mon avis, franchement dommage car l'enseignant doit être présent pour baliser et orienter les élèves afin d'éviter qu'ils s'égarent dans des explications beaucoup trop complexes.

¹ *Le Grand Roman de la Physique Quantique*, Manijt Kumar, JCLattès. Chapitres 11 et 12.

Le Congrès Solvay se tint pour la première fois du 29 octobre au 4 novembre 1911 par l'industriel belge Ernest Solvay. Il rassembla 22 physiciens dont Albert Einstein, Max Planck, Wilhelm Wien, Hendrick Lorentz afin de débattre sur les théories moléculaires et cinétiques. Plusieurs autres congrès se tinrent par la suite. Mais le cinquième et le sixième sont les plus connus dans la mesure où Albert Einstein et Niels Bohr firent connaissance et se disputèrent longuement sur le caractère, entre autre, probabiliste de la mécanique quantique. C'est lors de l'un de ces congrès que Einstein avait déclaré que « Dieu ne joue pas aux dés ». Evidemment, d'autres physiciens furent conviés : Marie Curie, Louis de Broglie, Paul Langevin, Paul Dirac, Erwin Schrödinger, Werner Heisenberg, Théophile de Donder, Wolfgang Pauli, Arthur H. Compton, Max Born, etc.

L'un des objectifs essentiels de l'enseignant est de permettre aux élèves d'acquérir et de comprendre un savoir et un savoir-faire en jouant sur la diversification des supports et des sujets. On ne fait pas de la physique pour dire de faire de la physique. Il y a toujours un but, une directive sur laquelle on se base, un intérêt autre que la physique pure. On cherche à donner aux élèves des outils et des méthodes pour comprendre le monde qui les entoure. En effet, un enseignant peut aisément remarquer que les élèves ne comprennent pas vraiment pourquoi telle ou telle notion est étudiée en cours. Il convient alors de leur préciser l'intérêt d'un savoir, la raison pour laquelle ils vont en cours, en fait, les élèves doivent aller à l'école, au collège et au lycée parce que c'est obligatoire, mais on ne leur explique pas pourquoi c'est important pour eux et pour la société. Ils voient cela comme une contrainte alors qu'ils devraient appréhender l'école comme le lieu de construction de l'adulte. L'apprentissage prend alors tout son sens, dès lors que l'élève et le professeur sont sur la même longueur d'onde, concernant l'objectif du savoir (et du savoir-faire, forcément). Pour cela, on peut s'appuyer sur des phénomènes de la vie quotidienne comme l'arc-en-ciel ou la trajectoire d'un javelot lancé par un sportif. Mais on peut aussi travailler avec l'histoire des sciences, voire même l'épistémologie. Alors, les objectifs évoluent et se complexifient (sans forcément les rendre compliqués...) : des auteurs, des scientifiques, des philosophes et autres physiciens et/ou chimistes participent à l'enseignement, apportent leurs réflexions, leurs erreurs, leurs raisonnements, leurs expériences et leurs résultats. En effet, l'erreur doit exister, elle doit être formatrice. Comme le dit Abraham Van Helsing, dans *Dracula*, roman de Bram Stoker, « L'échec nous sert de leçon, pas la réussite. ». Cette phrase prend tout son sens en pédagogie : l'élève a besoin de faire des erreurs pour espérer progresser. L'erreur permet de former l'élève si elle est expliquée avec simplicité. L'élève saura alors qu'il ne doit plus faire telle ou telle erreur et pourra alors mieux appréhender la suite du travail. Avec toutes ces informations, il faut ensuite mettre en place des activités afin de les rendre accessibles à nos élèves. En effet, beaucoup d'écrits sont d'un niveau particulièrement élevé et nécessitent des documents d'appoint (vidéos, textes, images/photos).

De plus, l'histoire des sciences est, d'après le Bulletin Officiel, l'un des points sur lesquels il faut travailler avec les élèves. Mais pourquoi ? Quel(s) lien(s) peut-il exister entre l'histoire des sciences et la pédagogie dont nous, enseignants, devons faire preuve ? En quoi cette histoire permettrait aux élèves de mieux appréhender les différents points du Bulletin Officiel ? Comment valoriser l'erreur dans le contexte d'apprentissage des élèves ? En quoi l'histoire des sciences permet-elle de donner un sens aux apprentissages ? En quoi peut-elle apporter des outils pédagogiques à l'enseignant pour favoriser un meilleur apprentissage des savoirs et savoir-faire par les élèves ? Finalement, l'histoire des sciences peut-elle apporter une

plus-value à l'acquisition des savoirs et savoir-faire ? Si oui, par quels moyens et en mobilisant quelles compétences peut-on atteindre cet objectif ? Dans toute la suite de ce mémoire, je tenterais de répondre à la problématique suivante :

En quoi l'histoire des sciences permet-elle une meilleure approche didactique et pédagogique du programme de seconde par les élèves ?

Pour répondre à cette question, je commencerai par effectuer un état des lieux des connaissances théoriques dans les domaines de la pédagogie, de la didactique, de l'histoire des sciences et l'épistémologie afin d'explicitier comment ils peuvent s'articuler autour d'un même objectif : la réussite de l'élève. Ensuite, au travers de plusieurs parties, je décrirai et analyserai les différentes séances que j'ai mises en place en lien avec l'histoire des sciences, afin d'en relever l'intérêt pédagogique ou non. J'en profiterai aussi pour étudier le questionnaire donné à l'intention des élèves de seconde que j'ai à charge.

I – HISTOIRE DES SCIENCES ET EPISTEMOLOGIE, PEDAGOGIE ET DIDACTIQUE.

1) Définition de l'épistémologie.

Selon le Larousse, il s'agit d'une discipline qui prend la connaissance scientifique pour objet.

Selon le site du CNRTL (le Centre National des Ressources Textuelles et Lexicales), l'épistémologie est une partie de la philosophie qui s'intéresse à l'étude critique des postulats, conclusions et méthodes d'une science particulière, considérée du point de vue de son évolution pour déterminer une origine logique et une portée scientifique et philosophique.

L'épistémologie reste tout de même un domaine assez vaste des sciences dans la mesure où il est mal connu. Sa signification varie selon les peuples. Pour les Anglo-Saxons, il s'agit d'une branche spécialisée de la philosophie : la théorie de la connaissance. Pour les Français, on parle plutôt de l'étude des théories scientifiques. Pour englober les deux aspects de cette notion, on pourrait dire que l'épistémologie correspond à la théorie de la connaissance scientifique. L'épistémologie est donc une science qui étudie la science tant de manière réflexive qu'analytique. Son objectif n'est pas de faire progresser les connaissances ou explorer de nouveaux champs ; son objet d'étude ne repose pas sur ce sur quoi porte la science. En revanche, elle s'intéresse sur ce qu'en dit la science, autrement dit, l'épistémologie travaille sur la formation et la structure des concepts et des théories scientifiques. Dans ce domaine, les épistémologistes vont aussi aborder les méthodes et les procédures utilisées par les scientifiques. Au final, l'épistémologie va se séparer en quatre champs d'analyses et de réflexions :

- Le premier champ traite de la nature et de la structure des concepts et des théories scientifiques (syntaxes des théories). On va y étudier les problèmes liés à la validité d'une théorie : la logique des sciences, l'identification et l'analyse des problèmes logiques. Par exemple, on va se demander comment formaliser une théorie, quel est le statut d'une théorie de l'évolution, quel est le type de logique dans la mécanique quantique ou quel est le rapport entre une théorie et une loi.
- Le deuxième champ s'intéresse à l'objet, la portée et la signification des concepts et théories scientifiques (sémantique des théories). On y analysera et évaluera les concepts de représentation, de référence et d'interprétation appliqués aux outils théoriques de la recherche scientifique. On parle alors de problèmes de signification et de vérité. On y étudiera, par exemple, le champ d'application d'une théorie ou d'un concept, la manière d'interpréter des statistiques, l'objet réel de la mécanique quantique.

- Le troisième champ aborde la méthodologie des sciences mais aussi la question liée à l'existence même de méthodes/techniques spécifiques à certaines sciences. Les problèmes de méthodologies y seront alors traités. Dans ce champ, on pourra, par exemple, se demander s'il y a une ou plusieurs méthodes scientifiques ou des procédures empiriques, ce qu'est une méthode qualitative, si l'on peut confirmer des hypothèses isolées ou si c'est une théorie scientifique globale que l'on confirme, ce qu'est la valeur de l'induction en science.
- Enfin, le quatrième champ d'analyses porte sur la théorie de la connaissance scientifique : le statut de ce type de connaissance, la démarcation entre science et non-science. On pose alors les jalons concernant des problèmes liés aux limites et à la valeur de l'entreprise scientifique. Dans ce dernier champ, on se demandera, par exemple, ce qu'est la différence entre une science et une non-science, s'il existe des fausses sciences, comment détecter des fraudes scientifiques, quand utiliser légitimement les probabilités, si notre connaissance peut avoir une limite.

D'une manière on ne peut plus générale, on peut simplement dire que l'épistémologie étudie la recherche scientifique et la connaissance scientifique.

2) Définition de l'histoire des sciences.

L'histoire des sciences considère la science en tant que corpus de connaissances et comme manière de comprendre le monde, afin de faire émerger une évolution de la connaissance scientifique.

L'histoire des sciences est une discipline dans laquelle on va chercher à établir une chronologie des différents courants de pensées, réflexions, théories, hypothèses, postulats, principes et expériences afin d'apporter une manière de pouvoir comprendre la discipline étudiée (on peut par exemple étudier l'histoire de la physique et de la chimie). On y cherchera à comprendre comment elle s'est construite et en quoi elle permet d'expliquer notre manière de voir le monde d'aujourd'hui. C'est une discipline qui est assez étendue dans la mesure où elle nécessite beaucoup de recherches et beaucoup de réflexions pour comprendre les modes de pensée de l'époque afin de pouvoir le retranscrire aux intéressés. D'une manière plus générale, l'histoire des sciences permet d'inscrire la connaissance scientifique dans une chronologie explicative de l'évolution de la réflexion sur un sujet. Prenons par exemple le modèle de l'atome. Ce modèle a évolué pendant plus de deux mille cinq cents ans, il a engendré de profondes confrontations parmi la communauté scientifique et philosophique à travers les âges. Rappelons que Max Planck, le physicien à l'origine des quantas d'énergie n'était pas du tout

un atomiste, il ne croyait absolument pas en l'atome. La divergence d'opinion entre les atomistes grecs tels que Démocrite et Leucippe et les Aristotéliens menés par Aristote, Thalès et Empédocle a engendré un enlèvement de la réflexion scientifique et une stagnation assez marquée pendant tout le Moyen-Âge et la Renaissance. En effet, la théorie des quatre éléments, plus conforme à la pensée de l'Eglise, a engendré une volonté de créer des représentations au travers de l'alchimie pour sauver ces quatre éléments. Et pendant tout ce temps, la notion de particule indivisible, postulée par Démocrite, constituant fondamental de la matière, fut oubliée. Ce n'est qu'à partir du XVIIIème siècle que l'on commence tout doucement à y revenir. Cela étant, il est difficile de changer du tout au tout notre appréhension de la matière. Celui qui pose la première pierre de l'atomisme est John Dalton. Mais son modèle encore imparfait va continuer d'évoluer jusqu'à aboutir à un modèle incroyablement plus complexe mais qui rend tellement mieux compte de la réalité : la mécanique quantique, physique probabiliste de l'infiniment petit, des plus révolutionnaires au début du XXème siècle, des plus récompensées en prix Nobel mais aussi des plus controversées à l'époque. En effet, elle remet en question tout ce que nous pouvions imaginer à propos de l'atome et de la matière en général.

Ici, nous nous rendons bien compte des liens à la fois forts et discrets qui existent entre l'histoire des sciences et l'épistémologie. Si l'épistémologie étudie la recherche et la connaissance scientifiques, l'histoire des sciences permet d'en comprendre les fondements. Tout l'intérêt est là : l'épistémologie et l'histoire des sciences se complètent dans la mesure où elles ont toutes deux pour objet le savoir dit scientifique. Cependant, alors que la dernière s'intéresse aux fondements, aux origines de celle-ci, l'épistémologie l'analyse et s'assure de son intérêt pour la communauté scientifique d'une part et pour le reste du monde d'une autre part. C'est pourquoi il semblerait que les deux disciplines soient indissociables, elles prennent, toutes deux, part à un plan visant à mieux comprendre le monde. Mais cela doit passer par l'étude des connaissances antérieures afin de ne pas reproduire les mêmes erreurs, ou s'en servir comme levier pour une (r)évolution d'un mode de pensée.

3) Définition de la pédagogie.

Selon le Larousse, la pédagogie constitue l'ensemble des méthodes utilisées pour éduquer les enfants et les adolescents. On peut aussi parler de pratique éducative dans un domaine déterminé ou de l'aptitude à bien enseigner.

Selon le CNRTL, la pédagogie correspond à l'instruction, l'éducation des enfants et de la jeunesse (*pedo-* en grec signifie « enfant »). Il s'agit de la science de l'éducation des jeunes, qui étudie les problèmes concernant le développement complet (physique, psychologique, intellectuel, moral et spirituel) de l'enfant et de l'adolescent, de l'ensemble des méthodes dont l'objet est d'assurer l'adaptation réciproque d'un contenu de formation et des individus à former.

Selon l'APPAC (Association Professionnelle de professeurs et Professeures d'Administration au Collégial), elle s'inscrit dans l'art d'enseigner, dans l'ensemble des méthodes d'enseignement propres à une discipline, par extension la science de l'éducation des enfants.

La pédagogie est la science qui s'intéresse et qui rassemble les différentes méthodes pour éduquer et instruire un enfant, le but étant d'étudier son développement complet qu'il soit cognitif, physique ou moral. Ces différentes méthodes cherchent à assurer une adaptation réciproque et une relation positive entre un contenu de formation et l'enfant/l'individu à former.

Il y a trois grandes méthodes pédagogiques pour permettre aux élèves d'acquérir des connaissances. Chacune a son principe, ses points négatifs et positifs.

➤ La **pédagogie affirmative** dont il en existe deux variantes :

- Expositive : c'est le principe du cours magistral. Le formateur maîtrise un contenu structuré, transmis sous forme d'exposé. Celui-ci est constitué de trois parties : une introduction où l'on précise le sujet, son intérêt et le plan ; un développement mettant en place une argumentation qui suit le dit-plan et une conclusion qui permet de résumer l'essentiel. Les élèves savent ce qu'ils ont à apprendre. Le formateur est le seul émetteur du savoir et peut bien évidemment s'appuyer sur des vidéos. L'apprenant doit, quant à lui, être à l'écoute, et synthétiser les informations reçues sous forme de notes. Cette méthode est intéressante puisqu'elle permet de transmettre un maximum d'informations en un minimum de temps et elle permet de couvrir un public plus large (lors de conférences, par exemple). Cependant, l'apprenant se trouve alors dans une position qui le laisse passif et qui empêche l'interactivité entre le formateur et l'élève.

- Démonstrative : le formateur s'appuie sur un scénario qu'il met en place et qui se déroule en trois temps. Premièrement, il montre : c'est la démonstration, par exemple, le formateur fait une expérience devant les élèves. Ensuite, il met les élèves en phase

d'expérimentation pendant laquelle ils reproduisent l'expérience. Enfin, les élèves doivent dire et tenter d'expliquer ce qu'ils comprennent, c'est la reformulation. Le formateur est toujours le maître et transmetteur du savoir. Cependant, ce qui change par rapport à la première méthode est le fait qu'il manipule en expliquant ce qu'il fait puis qu'il fasse manipuler les élèves. Ainsi, même si l'apprenant est toujours le récepteur du savoir, il est sollicité pour mener des expériences et participer à la reformulation des explications. Cette méthode prend tout son intérêt pour transmettre rapidement et efficacement des savoir-faire et des techniques de manipulations.

➤ La **pédagogie interrogative** : le but est de proposer au groupe classe un questionnaire par étape pour faire émerger le savoir que l'apprenant découvre peu à peu et essayer de faire ressortir ses idées. Après avoir indiqué aux apprenants la notion qui allait être étudiée, le formateur s'appuie sur leurs connaissances pour faire émerger les représentations des élèves, au travers d'un questionnaire. Le formateur guide alors leurs réponses et ses questions de manière à se diriger vers la notion à acquérir. L'apprenant est, quant à lui, sollicité pour exprimer ses connaissances, donner son avis et échanger avec le groupe et le formateur. Cette méthode comporte plusieurs avantages : tout le groupe est en situation de participation, bien qu'il soit difficile de faire participer tous les élèves ; l'échange sous forme de questions/réponses permet de faire un état des lieux des connaissances des élèves. Cette méthode peut être utilisée pour retravailler une notion confuse. On va chercher à « casser » les représentations des élèves si elles ne correspondent pas à la réalité ou pour simplement contrôler les acquis ; il s'agit du principe de l'évaluation formative.

➤ La **pédagogie active** : c'est la méthode qui est la plus apte pour faire réussir les élèves. Elle fonctionne sur le principe de la découverte : les élèves sont mis en situation où ils découvrent un savoir sans que le formateur n'ait apporté de connaissances au préalable. Les apprenants doivent alors construire un raisonnement pour répondre au problème et aboutir au savoir. Finalement, le formateur n'apporte pas ou sinon très peu le savoir aux élèves. En fait, il met les élèves en situation problème, situation qui doit être significative pour eux afin qu'ils puissent s'y accrocher et s'y intéresser. Il doit ensuite proposer une problématique transposable dans la vie quotidienne pour leur permettre de la résoudre en imaginant des hypothèses à confirmer ou à infirmer. Ainsi l'apprenant est soumis à une situation dont il doit en comprendre le sens, réaliser des expériences pour vérifier ses hypothèses afin d'aboutir à une conclusion. Les avantages de cette méthode sont sans appel : les apprenants sont acteurs, cherchent et trouvent des solutions, ils s'impliquent et se sentent concernés et valorisés, ils découvrent des savoirs tels un paléontologue fouillant le sol et découvrant un squelette de dinosaure inconnu.

Ainsi la pédagogie a pour objet l'élève : l'apprenant en relation avec le savoir qui peut être transmis par le formateur. On place l'élève au centre de l'étude : on essaie de comprendre comment il réagit face au savoir, en utilisant telle ou telle méthode. Comme on a pu le constater, il y en a trois, chacune a ses avantages et ses inconvénients. Cependant, une de ses méthodes ne doit pas primer sur les deux autres, car elles ont toutes leur intérêt. La pédagogie affirmative permet de transmettre rapidement un savoir et/ou un savoir-faire à un groupe, ce n'est pas la méthode que l'on emploiera au collège car les apprenants ont besoin de temps pour assimiler le savoir. Cependant, elle peut être employée au lycée quand il faut accélérer un peu ou à l'université car il y a beaucoup de contenus disciplinaires et méthodologiques à transmettre. La pédagogie interrogative a toute sa place pour retravailler les acquis des élèves, en guise d'évaluation formative, ou pour reformuler les représentations des élèves.

4) Définition de la didactique.

Selon le Larousse, c'est ce qui est propre à l'enseignement, dont le but est d'instruire, d'informer, d'enseigner ; c'est la discipline qui a pour objectif l'explication méthodique d'un art, d'une science. Cela peut aussi concerner quelqu'un qui poursuit ce but dans ces propos, son attitude.

Selon l'APPAC, cela traite d'une étude systématique des méthodes et pratiques de l'enseignement en général ou d'une discipline particulière, ou d'un intérêt porté sur les méthodes d'enseignement.

La didactique est une étude qui permet de comprendre et de mettre en place des méthodes d'enseignement afin que le savoir et le savoir-faire puissent être inculqués le plus efficacement possible chez un élève. Généralement, on parle de didactique des disciplines, car chaque discipline ou matière (mathématiques, histoire-géographie, français, physique-chimie,...) a sa propre manière d'aborder les savoirs et savoir-faire avec les apprenants. La finalité est de permettre à l'élève d'appréhender de la meilleure façon possible l'apprentissage pour qu'il puisse être intégré.

Par exemple, en physique-chimie, on peut s'appuyer sur des activités expérimentales, ou des activités documentaires lorsque le sujet s'y prête mieux, pour amorcer un processus de réflexions chez l'élève, qui aboutira a posteriori à la construction du savoir disciplinaire et méthodologique avec l'enseignant. L'intérêt serait que l'élève soit acteur lors de la construction du savoir.

On se rend alors compte de la mince frontière et de la complémentarité qui existent entre la pédagogie et la didactique. En fait, la didactique est attachée aux contenus disciplinaires et à

leur processus d'apprentissages. On s'y intéresse uniquement à la discipline, on y réfléchit sur la transmission des savoirs. Un didacticien se demandera par exemple quelles sont les connaissances à faire passer, comment elles seront intégrées par les élèves, la cohérence entre le savoir et sa progression.

La pédagogie est axée différemment : on travaille sur le style d'enseignement. La pédagogie est interdisciplinaire et s'appuie sur les méthodes, les actions et les attitudes, le fonctionnement de la classe, aux relations entre les individus. La pédagogie est directement corrélée avec la personnalité de l'enseignant. Le pédagogue travaillera sur l'organisation de sa séance, la transmission des savoirs, les difficultés d'apprentissage rencontrées sur le terrain.

C'est ainsi que l'on se rend compte de l'osmose qui doit resurgir entre les deux disciplines : la pédagogie et la didactique doivent s'appuyer mutuellement l'une sur l'autre pour une transmission optimale des savoirs et leur compréhension. Une séance parfaitement construite avec méthode, où les rapports humains sont pris en compte, mais où le contenu disciplinaire n'est pas adapté, ne se déroulera pas mieux qu'une séance où le contenu est au niveau des élèves sans que rien ne soit fait pour qu'ils s'y intéressent.

Il est par ailleurs important de bien se rappeler que l'esprit de l'élève n'est pas vierge, il a ses propres représentations, inculquées et acquises avec l'éducation, les préjugés et l'environnement familial. L'esprit de l'apprenant ne peut être un simple récepteur passif d'un savoir transmis par l'enseignant. Il est important sinon nécessaire de prendre en compte ces représentations qui peuvent être des obstacles à l'acquisition de nouvelles connaissances. Cela suscitera un conflit cognitif chez l'élève qu'il devra gérer, le professeur est alors présent pour apporter la solution à ce conflit afin de casser la conception erronée de l'élève.

5) Quel lien entre ces grandes disciplines ?

La didactique a pour objectif la transmission du savoir dans une discipline (physique-chimie, par exemple). C'est à ce moment précis que l'histoire des sciences intervient : elle va permettre d'apporter aux élèves une évolution des connaissances scientifiques à laquelle ils sont eux-mêmes confrontés. En effet, la didactique travaille sur les conceptions des élèves pour les briser afin de produire un savoir universel et correct. L'histoire des sciences nous rappelle à quel point cette évolution est difficile : il a fallu de nombreux siècles pour admettre, grâce à des expériences, des mesures, des théories, que la Terre tourne autour du Soleil. Et il s'agit du même processus auquel sont confrontés les élèves. Cependant, la différence est qu'ils ne sont pas seuls. Chaque apprenant a des représentations, et le professeur est présent pour favoriser la transition d'une réflexion erronée à un concept juste et validé par la communauté scientifique.

Cependant, tout contenu disciplinaire n'est pas adapté au niveau des élèves, d'où l'intérêt de la didactique : le didacticien va sélectionner le contenu qui sera le plus adapté aux élèves afin d'améliorer l'acquisition du savoir.

Où est la pédagogie dans tout ceci ? Elle vient ensuite : une fois que l'on a sélectionné le contenu disciplinaire, que l'on a fixé la période sur laquelle on va travailler, il ne nous reste plus qu'à savoir comment on va organiser la séance, sur quel(s) support(s) on va s'appuyer (utilisation d'un diaporama, visionnage d'une vidéo, travail sur des documents écrits,...). Ainsi, les trois grandes disciplines s'articulent ensemble a priori pour une meilleure appréhension du savoir par les élèves.

L'histoire des sciences permet de fixer les repères historiques, la didactique permet de sélectionner le contenu didactique et la pédagogie articule tout cela dans une organisation matérielle et humaine de la séance.

L'histoire des sciences recense un panel d'erreurs commises par les physiciens, chimistes et autres scientifiques à travers les âges, qui leur ont permis de révolutionner la pensée de leur temps. Il me semble alors primordial que les élèves soient eux aussi confrontés aux mêmes erreurs, aux mêmes problèmes afin de comprendre de manière bien plus approfondie comment la communauté scientifique a abouti à un nouveau modèle. Il faut, par ailleurs, ajouter que, d'une manière générale, les élèves font les mêmes erreurs. C'est pourquoi il est intéressant de s'appuyer sur l'histoire des sciences pour justifier la raison pour laquelle la représentation de l'élève est fausse.

Tous ces éléments permettent d'induire une cohérence entre ce sur quoi les élèves vont travailler et le travail en amont du professeur. Evidemment, cette cohérence doit toujours exister. Mais, l'apport de l'histoire des sciences peut bouleverser cet équilibre. C'est pourquoi il faut être vigilant quant à la manière d'apporter le contenu historique. Par exemple, présenter un diaporama à une classe peut être déstabilisant pour les élèves : que doivent-ils faire ? Prendre des notes ? Ecouter seulement l'exposé ? Recopier le contenu de chaque diapositive ? Il convient alors de bien expliciter les consignes et de s'assurer de leur bonne compréhension. Ensuite, il est crucial de préciser aux élèves l'intérêt et l'objectif de l'entreprise menée : évaluation, culture générale, etc. Finalement, on se rend encore une fois compte de la profondeur des rapports entre l'histoire des sciences, la didactique et la pédagogie. En fait, l'organisation de la séance est primordiale car elle permet d'avoir main mise sur la classe et donc sur la gestion de ce groupe : tous les élèves doivent être en situation de travail, aucun élève ne doit être oisif, passif ou sans avoir de quoi travailler. En effet, c'est cette organisation de cette séance qui induira chez les élèves une situation de travail, de réflexion et qui pourrait

éviter une situation problème pour l'enseignant due par exemple à des bavardages intempestifs. Puis, la didactique entre en scène, les supports de travail sont employés pour appuyer notre discours. L'histoire des sciences permet, de son côté, de mettre en relation l'ensemble des contenus.

II – PRESENTATION DU CADRE DE TRAVAIL

J'ai effectué mon stage en mi-temps au Lycée Polyvalent Les Bourdonnières à Nantes. C'est un lycée qui s'étend sur près de 80 000 m², lors de sa construction en 1966. Il ouvre ses portes six ans plus tard et accueille plus de 1300 élèves. Aujourd'hui, en 2015, près de 1900 élèves étudient de la seconde à la terminale, de la filière générale à la filière professionnelle. Ils ont, par ailleurs, la possibilité de rester aux Bourdonnières pour passer un BTS (Brevet de Technicien Supérieur) MUC (Management des Unités Commerciales), qui vient dans la continuité de la terminale STMG (Science et Technologie de Management et de Gestion).

En quelques chiffres, en 2015, le lycée compte 47 divisions dans l'enseignement général et technologique et 14 divisions dans l'enseignement professionnel. Au final, ce dernier rassemble 339 élèves et le premier, 1521 élèves. Et cela ne s'arrête pas là : l'augmentation des effectifs pour l'année 2016/2017 dans l'académie dans Nantes pourrait générer l'accueil d'une centaine d'élèves supplémentaires.

Cette année, j'ai à charge deux classes de seconde. Elles ont toutes deux un profil globalement scientifique, malgré le fait qu'une majorité d'élèves semble vouloir s'engager vers une filière technologique (ST2S ou STMG) ou non scientifique (L ou ES). Cependant, leur intérêt pour les cours de physique et de chimie est à noter, et cela les rend d'autant plus intéressants et vivants. Dans la mesure où les effectifs des deux classes sont assez conséquents (je suis à 35 élèves par division), elles sont dédoublées pour les séances de TP, soit des groupes de 17-18 élèves, ce qui est assez agréable pour travailler plus personnellement avec certains élèves qui pourraient être plus en difficulté.

III – PRESENTATION DU CORPUS

Dans la mesure où je travaille sur l'histoire des sciences, j'ai choisi de mettre en place régulièrement dans l'année des activités pendant lesquelles ce domaine est étudié ou approché. L'objectif est de varier l'amorce des différents sujets afin de toujours intéresser les élèves. Par ailleurs, pour savoir si cela les intéresse effectivement, j'ai proposé un questionnaire. Cela me permet aussi de relever les modifications qui pourraient être apportées. Dans tout ce qui suit, je vais détailler ou décrire les documents et les séances dans lesquelles l'histoire des sciences est investie. Par ailleurs, il y a des documents élèves informatiques présents dans ce corpus, je tiens alors à préciser que je n'ai pas corrigé leurs fautes liées à l'orthographe, la grammaire ou la conjugaison. Car, en dépit du fait que je les ai lus avec attention, je ne me suis pas uniquement focalisé dessus. Aussi, cela montre que l'une des compétences que les élèves doivent acquérir (la « maîtrise » du français) est encore à parfaire.

1) L'activité expérimentale sur la dispersion et les expériences de Newton (Annexe 1)

Cette séance de physique en classe de seconde intervient dans le thème de *L'Univers* dans la partie *Les étoiles*. On y travaille alors sur la lumière et sur la caractérisation d'une radiation par une onde.

Le document distribué aux élèves en début de séance de travaux pratiques (voir Annexe 1) est relativement simple. Dans un premier temps, les élèves ont un texte à lire, issu de son livre *Optiks*, dans lequel Isaac Newton détaille les étapes de ses expériences sur la dispersion de la lumière par un prisme. Des questions sont ensuite posées aux élèves sur le texte. Cela me permet de savoir si les élèves ont plus ou moins bien compris le texte et l'intérêt de l'expérience de Newton. J'octroie aux apprenants environ une trentaine de minutes pour s'appropriier le texte et répondre aux premières questions. En passant dans les rangs, pour observer ce qu'ils écrivent et pour écouter qu'ils disent à leur binôme, j'ai pu remarquer que les élèves ont des difficultés pour schématiser une expérience décrite manuscritement.

La suite de la séance est plutôt menée par les expériences réalisées sur la paillasse professeure. En effet, j'avais mis en place une manipulation analogue à celle de Newton : pour chaque élément du montage, je demandais aux élèves ce à quoi cela correspondait dans l'expérience étudiée dans le texte, afin qu'ils comprennent l'intérêt de la schématisation. Pendant la réalisation de l'expérience, je laissais le soin aux élèves de prendre des notes sur les observations. A la fin de l'expérience, on répondait aux questions ensemble, en veillant à ce que chaque élève puisse participer. Pour la troisième question, lorsque je leur demande quelle

couleur est la plus déviée, je me suis aussi appuyé sur une image très connue (celle de l'album des Pink Floyd, *The Dark Side of The Moon*). Cela a permis aux élèves de mieux visualiser le phénomène.

Enfin, la dernière partie s'intéresse à l'« expérience cruciale » de Newton, où il a réussi à isoler un rayon monochromatique pour tenter de lui faire subir une dispersion, sans succès. Je reproduis alors cette expérience devant les élèves en utilisant des filtres plutôt qu'une petite planchette percée d'un trou. De la même manière, comme il s'agit d'une manipulation professeure (car il n'y aurait pas eu assez de matériel pour chaque binôme), je leur laisse prendre des notes des observations et des informations que je transmets à voix haute. On répondait ensuite ensemble aux questions posées, pour en relever des propriétés des ondes monochromatiques et polychromatiques (l'apport de l'étymologie grecque fut particulièrement utile).

En fait, le texte m'a servi de structure pour réaliser mon activité. A chaque grand événement survenant dans le texte correspond une partie du document. De cette manière, cette analogie entre la structure du texte et celle de l'activité permet d'apporter une organisation dans l'esprit de l'élève : on suit la démarche de Newton, pour tirer des conclusions a posteriori de l'expérience.

2) L'activité documentaire sur l'expérience de Rutherford (Annexe 2)

Cette séance s'est déroulée en demi-groupe sur un créneau de travaux pratiques, en classe de seconde. Elle s'inscrit dans le thème de *L'Univers* dans la partie *Les éléments chimiques présents dans l'univers*. On travaille alors la structure et les dimensions de l'atome.

L'activité (Annexe 2) est distribuée aux élèves en début de cours. Contrairement à la séance décrite précédemment, celle-ci est plus élaborée car les documents sont plus nombreux et comportent beaucoup d'informations à traiter. L'essentiel du travail à réaliser concerne la capacité des élèves à mettre en relation des informations issues de plusieurs documents pour répondre à une question. En effet, il y a trois documents donnant des informations sur l'atome de Thomson, l'expérience de Rutherford et les dimensions de l'atome d'or (Au), et un texte assez long qui éclaire sur la recherche et la pensée d'Ernest Rutherford. Les questions qui suivent permettent aux élèves de s'approprier les informations présentes afin d'en déduire des possibles résultats. Ces questions permettent aussi aux élèves d'accéder à une forme supérieure d'interrogation auxquelles ils n'avaient pas forcément pensé. On cherche à leur faire expliquer certains résultats de l'expérience de Rutherford. Il est inutile d'être trop pointilleux car l'objectif est d'expliquer simplement la structure de l'atome.

En fait, cette séance ne requerrait pas énormément la présence d'un enseignant : une fois le document en main et les consignes données, les élèves pouvaient être complètement autonomes, même en binôme. Cependant, il s'avère que les questions ne sont pas toujours parfaitement formulées, ou que certaines informations ne sont pas explicites. Ainsi, je fus essentiellement sollicité pendant la séance pour éclairer les élèves sur certains problèmes qu'ils pouvaient rencontrer. Hormis cela, la séance s'est déroulée correctement, les élèves semblaient intéressés. D'une certaine manière, ils y étaient un peu obligés dans la mesure où cette activité a été ramassée et notée. Dans les compétences évaluées, on relèvera surtout les compétences S'APPROPRIER (recherche d'informations, les mettre en relations), VALIDER (on demande aux élèves d'expliquer succinctement les résultats de l'expérience de Rutherford) et COMMUNIQUER (les élèves doivent écrire dans un français correct et réaliser un schéma lisible).

3) L'activité expérimentale/documentaire sur la classification périodique de Mendeleïev (Annexe 3)

Cette séance, à caractère expérimental, s'inscrit dans la continuité logique de l'expérience de Rutherford : après avoir déterminé la structure de la matière et celle de l'atome, on va travailler sur ses propriétés chimiques. On est toujours dans le thème de *L'Univers*, dans la partie *Les éléments chimiques présents dans l'Univers*. On étudie alors les notions d'élément chimique, la classification périodique, les critères de Mendeleïev et ceux actuels pour établir ce tableau. Les travaux sur les couches électroniques et sur la répartition des électrons ainsi que les règles du « duet » et de l'octet sont des prérequis à cette séance, l'objectif étant de les réinvestir pour expliquer les propriétés chimiques similaires que l'on peut rencontrer entre des atomes.

En début de séance, je mets à disposition des élèves leur énoncé de l'activité, dans laquelle, comme à chaque fois, on y trouve des questions auxquelles ils doivent répondre ainsi que des expériences à mener, et un jeu de cartes (Voir Annexe 3). A chaque carte correspond un élément chimique. Pour chacun d'entre eux, j'ai spécifié le nom et le symbole de l'élément chimique, quelques-unes de ses propriétés en présence de métaux, de dihalogènes, etc. et les combinaisons possibles (molécules) que le dit-élément peut réaliser avec d'autres.

En fait, dans la première partie de l'activité, en se servant du texte et des réponses aux questions posées, les élèves doivent à la manière de Dmitri Mendeleïev reconstruire le tableau (ou classification) périodique des éléments chimiques. Et les informations indiquées sur les cartes font directement référence à ce qui était connu à l'époque, soit en 1865 environ.

Autrement dit, les élèves se retrouvent exactement dans la même situation que le jeune chimiste au XIX^{ème} siècle. C'est pourquoi, afin de leur apporter une aide, des questions leur sont posées, cela permet aux élèves de construire pas à pas leur tableau périodique, sans pour autant leur donner toute la méthode ! Sont précisés les deux critères utilisés par Mendeleïev pour réaliser son tableau, les élèves doivent donc les réemployer pour mettre au point leur classification.

Une fois leur tableau fini et recopié, on applique à ce moment les travaux effectués précédemment : la répartition dans les couches K, L et M des électrons. Le but est alors d'écrire la structure électronique de chaque élément chimique pour en déduire d'une propriété nouvelle : les éléments dans une même colonne du tableau ont le même nombre d'électrons sur leur couche externe. (Exemple : le fluor F ($Z = 9$) : $(K)^2(L)^7$ et le chlore Cl ($Z = 17$) : $(K)^2(L)^8(M)^7$ sont deux éléments chimiques de la même colonne et ils ont tous les deux sept électrons sur leur couche externe.) Ainsi, la propriété qui en découle est : si deux éléments chimiques font partie de la même colonne dans le tableau périodique alors ils ont le même nombre d'électrons sur leur couche externe, et inversement.

La deuxième partie de l'activité est plus expérimentale. Elle permet aux élèves d'amorcer une réflexion sur ce qu'entraîne la précédente propriété sur les réactions chimiques dans lesquelles les éléments vont être impliqués. En effet, grâce à une série de petites expériences de précipitations d'ions halogénures, l'objectif est de créer une corrélation entre les propriétés chimiques de quelques éléments et leur position dans le tableau périodique et le nombre d'électrons sur leur couche externe. En effet, les élèves vont faire précipiter les ions chlorure et bromure avec le nitrate d'argent. Ils doivent normalement observer la formation d'une sorte de nuage blanc-jaune dans la solution.

Dans cette séance, je fus assez sollicité dans la mesure où il s'agissait de la seconde séance d'activité expérimentale en chimie, donc qui requerrait le port de la blouse, des lunettes de sécurité et des gants (éventuellement). Par ailleurs, comme la première partie n'était pas trop guidée, les élèves m'appelaient souvent pour s'assurer qu'ils étaient sur la bonne voie, ou parce qu'ils avaient des difficultés à cerner le travail à réaliser.

Concernant les compétences travaillées sur cette séance, les élèves ont mobilisé la recherche et l'analyse des informations (S'APPROPRIER), la réalisation d'un tableau et d'une expérience (REALISER), l'application d'un savoir (SAVOIR), la proposition d'une hypothèse et d'une expérience pour la confirmer ou non (ANALYSER), l'analyse d'un résultat expérimental et la validation ou non d'une hypothèse (VALIDER) et enfin la communication à l'écrit et à l'oral au sein du binôme (COMMUNIQUER). En fait, dans cette activité, beaucoup

de compétences ont été travaillées. Cela a permis aux élèves d'avoir un panel de types de questions auxquelles ils devaient répondre.

4) L'exposé sur l'évolution du modèle de l'atome depuis l'Antiquité (Annexe 4)

Techniquement, il n'est pas exigé dans le Bulletin Officiel que les élèves doivent comprendre, maîtriser et connaître tous les modèles de l'atome. Cependant, il me semblait important qu'ils les aient vus et travaillés au moins une fois en seconde, d'autant plus que le sujet s'y prêtait : on est toujours quand le thème de *L'Univers*, dans la partie sur *Les éléments chimiques présent dans l'Univers*.

En fait, j'ai proposé aux élèves de réaliser un exposé sur ce sujet, par groupe de 2, 3 ou 4. Et c'était selon leur bon vouloir. Par contre, une fois que les élèves se sont portés volontaires, ils devaient aller jusqu'au bout de leur engagement, comme une sorte de contrat. J'attendais qu'ils me produisent un oral avec support (PowerPoint, vidéo, etc.) et un écrit. L'ensemble serait bonifié d'une note sur 30, soit 20 points pour l'oral et 10 pour l'écrit. L'objectif est de valoriser ce volontariat et le travail que les élèves devaient réaliser en plus de leurs enseignements, de leurs évaluations et de leurs travaux.

J'ai eu des volontaires, parfois immédiats, pour construire cet exposé. Le jour fatidique, le groupe passait au tableau et présentait leur travail à l'oral. Les autres élèves, qui n'ont rien eu à travailler pour cette séance, n'étaient pas laissés oisifs : je leur ai fait prendre des notes des exposés (en effet, dans une classe, plusieurs groupes se sont portés volontaires), pour les ramasser ensuite. Ainsi, tout le monde était en activité, attentif et dans une phase d'apprentissage.

Concernant l'évaluation des prises de notes des élèves, je prenais en compte leur capacité à synthétiser les informations, à les présenter correctement et à être suffisamment exhaustif. Je savais que les élèves ne pouvaient pas relever tout ce qui a pu être dit, mais j'attendais qu'ils notent toutes les informations qui leur semblaient importantes, en rapport avec le sujet. Ils pouvaient faire des schémas, si cela pouvait leur permettre d'aller plus vite et de suivre le débit de parole des élèves présentant leur exposé.

Une fois que la présentation était terminée, les élèves pouvaient tour à tour poser des questions pour avoir un éclaircissement sur une notion, par exemple. Dans cette phase, ce n'était pas moi qui donnais la parole, mais les élèves qui ont présenté leur travail. De cette façon, cela permet de responsabiliser les élèves, pas tous puisqu'ils ne sont pas tous passés à l'oral. Par ailleurs, cette activité est un gros travail sur la communication à l'oral : les élèves ne sont pas forcément habitués à s'exprimer devant toute une classe.

A l'issu des exposés, je leur présentais le mien. Ainsi, je pouvais montrer aux élèves comment présenter et organiser un PowerPoint, pour que ce soit lisible pour tout l'auditoire et sans qu'il y ait trop d'informations. De plus, c'était aussi l'occasion d'apporter quelques éléments de correction, concernant les informations scientifiques qui auraient pu être erronées mais dites pendant les exposés.

5) L'activité documentaire sur l'histoire des médicaments (Annexe 5)

Cette activité est un peu dans le même état d'esprit que le sujet de l'exposé présenté plus haut. Elle s'inscrit dans le thème *La Santé* dans la partie sur *Les Médicaments*. C'était un travail à réaliser à la maison. Les élèves devaient le rédiger sur un logiciel de traitement de texte et m'envoyer leur document via la plateforme pédagogique e-lyco, à laquelle ils ont normalement accès. S'il y avait des problèmes pour la connexion sur la plateforme, les élèves et leurs parents pouvaient toujours retrouver sur Pronote mes coordonnées, dont mon adresse mail académique.

Il s'agit d'un ensemble documentaire, dont j'ai vérifié personnellement les sources : j'ai moi-même recherché toutes les informations dont les élèves pourraient avoir besoin. Ainsi, cela me permet de fixer un cadre de travail, et cela facilite la correction, dans la mesure où je n'ai pas eu besoin d'aller vérifier chaque source que les élèves auraient pu citer.

L'activité est volontairement longue, puisque je leur ai laissé quinze jours pour me la rendre. Il y a dix questions, en relation avec les documents. Elles permettent aux élèves de se renseigner et de se cultiver sur l'origine du médicament et de la médecine. En arrière-plan, certains points du Bulletin Officiel sont travaillés. Soit la question a pour objectif d'effectuer un rappel sur ce qui a déjà été vu, soit elle permet d'introduire une nouvelle notion. Je fais référence, par exemple, aux deux dernières questions où j'interroge les élèves sur les notions des formules chimiques (formules brute, développée et semi-développée) alors que je sais pertinemment qu'on ne les avait pas encore étudiées. Evidemment, ces questions sont notées sur un nombre de points moindre.

Parmi les compétences évaluées dans cette activité, on pourra relever que les élèves devaient travailler la recherche et l'analyse des informations présentes dans un document (APPROPRIER). Par ailleurs, comme dans toutes mes évaluations, je consacre au moins 10 % de la note finale dans la qualité de rédaction et de présentation, ainsi que l'emploi du vocabulaire scientifique. Ce dernier point est modulable et adapté au degré d'expertise dont les élèves peuvent ou doivent faire preuve : je ne peux pas demander à un élève de maîtriser le vocabulaire d'une notion qu'il n'a jamais étudiée. On est alors dans la compétence COMMUNIQUER, ici plus particulièrement à l'écrit. Au final, cette activité mobilise peu de compétences auprès des

élèves : aucun calcul, aucune hypothèse, aucune problématisation ni aucune validation de modèle ne leur est demandé.

En dernier lieu, une compétence transdisciplinaire est mobilisée : la maîtrise de l'outil informatique. En effet, le fait de travailler sur un logiciel de traitement de texte avec des documents présents uniquement sur Internet force les élèves à travailler cette capacité. Notons que quelques élèves ont joué le jeu et ont essayé de faire intervenir les fonctionnalités du logiciel pour améliorer la qualité de présentation de leur document.

6) Le questionnaire adressé aux élèves de seconde (Annexe 6)

L'idée du questionnaire m'est venue assez tardivement, mais elle prend, à mon avis, toute sa place dans ce mémoire. En effet, un de mes objectifs est de travailler avec les élèves sur l'histoire des sciences, afin d'y observer une certaine plus-value dans la qualité de mon enseignement et dans leur compréhension des notions. Donc le questionnement qui me vient à l'issue est simple : cela a-t-il porté ses fruits ? Les élèves ont-ils trouvé leur compte ? Cela a-t-il suscité chez eux un plus grand intérêt pour la discipline ? Les méthodes de travail que je leur ai imposées leur ont-elles plu ?

C'est pourquoi il m'a semblé judicieux sinon important de clore ce recueil de données par un questionnaire qui, au final, me propose un bilan réalisé par les élèves, concernant l'histoire des sciences. Sa construction fut relativement courte, dans la mesure où j'avais déjà une idée de ce que je recherchais comme informations à recueillir. Cela étant, les questions et les réponses possibles devaient être clairement formulées afin de laisser aux élèves le soin de donner leur avis sans que les questions soient trop ouvertes. J'ai ainsi tenté d'éviter d'avoir un trop grand nombre de réponses, ce qui aurait rendu l'analyse beaucoup plus compliquée, car on se serait dirigé vers une analyse cas par cas. En soi, cela aurait pu être une idée à exploiter, mais cette solution aurait nécessité l'apport de trop d'informations par élève afin de comprendre « sa relation avec l'histoire des sciences ». Par ailleurs, si j'avais orienté le questionnaire en ce sens, j'aurais orienté l'ensemble du mémoire vers une étude plus psychologique de l'adolescent, donc moins en adéquation avec le champ théorique que je me suis imposé.

Pour réaliser l'analyse du questionnaire, j'ai utilisé un tableur afin de comptabiliser toutes les réponses des élèves. Après il ne me restait plus qu'à traduire ces chiffres sous forme de pourcentages.

IV – ANALYSE DU CORPUS

1) Analyse de l'activité expérimentale sur la dispersion et les expériences de Newton (Annexe1)

Cette première séance d'activité expérimentale était pour les élèves une manière de leur faire découvrir ce qu'est la lumière et ses quelques propriétés. Evidemment, en classe de seconde, on ne rentre pas dans des considérations de mécanique quantique et de dualité onde-corpuscule, à moins que la question puisse être soulevée.

En les mettant en situation d'autonomie, les élèves se sont retrouvés confrontés à un texte historique qu'ils devaient, au final, analyser grâce à quelques questions. A ce moment, la séance a pris une tournure intéressante : les élèves rencontrent des difficultés, à partir du texte, ils parviennent tant bien que mal à élaborer une ébauche du schéma de l'expérience de Newton. Cela montre deux choses : les élèves n'ont pas l'habitude de travailler sur des textes relativement longs et ils ont des difficultés pour représenter schématiquement une expérience. Il suffit d'observer les réponses des élèves (voir Annexe 1b), leurs schémas sont approximatifs, ils ne sont pas faits à la règle et avec propreté : l'expérience de Newton semble confuse pour les élèves. Par contre, une fois que la correction fut apportée, on sent que la situation présentée par Isaac Newton leur est bien mieux comprise : on peut remarquer que les schémas sont plus clairs, plus propres et mieux légendés.

Parfois même, j'ai remarqué que des élèves se contentaient de l'information brute tirée du texte sans essayer de la comprendre ou de l'analyser. Il suffit d'observer les travaux des élèves : lorsqu'il y a une citation du texte, elle n'est pas analysée, ou l'élève ne cherche pas à apporter plus d'explications afin de détailler sa réponse à la question. Evidemment, dès le début de l'année, cela paraît compliqué pour les élèves de relever une citation et de la décortiquer jusqu'à son essence même. De cette manière, on pourrait se fixer un objectif : leur apprendre à exploiter efficacement des informations d'un texte.

Sinon, hormis ce frein qu'est la schématisation d'une expérience, assez peu de difficultés sont à noter. En effet, une fois le texte compris, les conclusions découlaient aisément des expériences. Il s'agissait surtout d'observer et de comparer les manipulations entre elles. Par ailleurs, en soi, cette partie du programme de seconde n'est pas des plus difficiles car il suffit d'appréhender la notion monochromaticité et polychromaticité de la lumière, ainsi que les conséquences qui en découlent. Et, le cours qui a suivi a permis de clarifier les éventuels problèmes que les élèves auraient pu rencontrer.

Quand on analyse un peu les productions des élèves, on se rend compte que l'histoire des sciences n'est pas forcément l'objectif de la séance. Finalement, je m'en sers plutôt comme prétexte pour introduire l'activité.

J'ai voulu travailler sur une entrée historique avec les élèves, parce qu'il m'a semblé important qu'ils comprennent bien que ce concept abstrait qu'est la lumière ne s'est pas construit du jour au lendemain. Je tiens aussi à préciser que Newton et ses expériences sur la lumière ne sont qu'un chapitre de la grande histoire de la lumière (et de la physique : la compréhension du concept de lumière entraîne des considérations électromagnétiques, quantiques, relativistes et astronomiques). Aussi, les élèves doivent apprendre à travailler sur des textes où la structure langagière n'est plus usuelle aujourd'hui, où il faut réfléchir sur chaque terme pour en faire émerger l'essence même de la pensée de l'auteur. C'est pourquoi j'ai choisi de citer Newton dans cette activité, d'autant plus qu'il est une grande source d'inspiration pour les expériences à mener auprès des élèves. En effet, ses manipulations sont très visuelles et permettent aux apprenants d'appréhender facilement le phénomène. Après, expliquer ce qu'est fondamentalement la dispersion est loin d'être aisé et n'est pas au programme de seconde, mais il est possible d'apporter un petit éclairage sur la différence de déviation de la lumière en fonction de la longueur d'onde.

En fait, travailler avec une approche historique permet aux élèves de construire leur raisonnement avec celui de l'auteur, d'être confrontés aux mêmes problèmes ou incohérences afin de pouvoir se hisser sur un nouveau seuil de connaissances. Avec cette activité, il n'y a pas eu de confrontation avec un problème mais plutôt avec un phénomène que les élèves ne comprennent pas forcément : l'arc-en-ciel, par exemple. Finalement, cette activité aurait pu être complètement déclinée autrement, avec une approche différente, où on travaillerait plus sur un phénomène de la vie quotidienne. Mais cela n'aurait pas eu le même impact chez l'élève : comment modéliser la goutte d'eau ? Qu'est-ce qu'un modèle ? Comment comprendre le déplacement du rayon lumineux dans la goutte d'eau ? Etc. Trop de questions se poseraient à l'élève et celles-ci seraient très difficilement surmontables. C'est à ce moment que l'histoire des sciences intervient : elle offre des outils de compréhension. Ainsi, le phénomène de l'arc-en-ciel peut être un objectif de l'activité sans jamais être l'objet d'étude : on construit le savoir et l'expérimentation grâce au texte de Newton en vue de proposer aux élèves une discussion sur le phénomène naturel. Il sera alors mieux compris car le savoir aura déjà été quelque peu institutionnalisé : plus besoin de modèle, de schéma ni même d'expérience ; la lumière en traversant la goutte subit une dispersion analogue à celle subie lorsqu'elle traverse un prisme.

2) Analyse de l'activité documentaire sur l'expérience de Rutherford (Annexe 2)

Ce n'est pas la première activité en physique-chimie où les élèves sont confrontés à des analyses documentaires. Mais, j'ai constaté qu'ils peinent toujours pour s'approprier intelligemment l'information : ils citent une phrase du texte sans chercher à l'expliquer. C'est la raison pour laquelle je continue à leur faire travailler ce type d'activité. La grande différence avec les précédentes activités (non présentes dans le corpus) est qu'il y a énormément d'informations et peu de questions. Cela force les élèves à avoir une profonde réflexion sur la manière dont les informations peuvent s'articuler entre elles.

Grâce au travail en amont et aux interrogations des élèves, la schématisation est une tâche à laquelle ils deviennent moins réticents et de plus en plus performants. A cette époque de l'année, ils ne sont pas encore experts mais semblent sensibles à l'intérêt de cet outil : la schématisation est une représentation d'un phénomène, d'un résultat, etc. Sa qualité renseigne directement sur la compréhension des élèves. Un schéma propre, clairement légendé et titré nous montre que l'élève a pu poser sa réflexion et a pris le temps de l'organiser. Si un élève ne comprend que partiellement (ou pire pas du tout) le dit-phénomène, la confusion dans son esprit se ressentira sur sa copie et le schéma ne sera malheureusement pas à la hauteur des objectifs attendus. Dans le cas présent, la compréhension des résultats de l'expérience de Rutherford est presque explicitement induite par la réponse à la quatrième question. Ainsi, les élèves, dans leur schéma, n'avaient plus qu'à synthétiser l'ensemble des informations recueillies au cours de la séance : les dimensions du noyau et de l'atome d'or, les trajectoires des particules α au voisinage du noyau d'or. En étudiant les schémas des élèves (voir Annexe 2b), on remarque justement une certaine amélioration de l'expertise dans la traduction d'un phénomène sous forme de schéma. Les informations sont un peu plus précises, les schémas sont mieux légendés et plus claires. Par contre, les titres ne sont pas encore toujours indiqués. Je pense que la structure d'un schéma se travaille sur le fond. Ainsi, la méthode de production d'un schéma à partir d'une série d'informations d'ordre plutôt historiques se construit peu à peu, s'appuyant sur les erreurs des élèves, qui, *a fortiori*, deviennent de moins en moins systématiques.

Il faut tout de même observer que le calcul reste la bête noire des élèves, qu'ils soient en seconde ou non, d'ailleurs. Et ajoutez à cela la grande confusion dans les unités, vous trouverez alors des élèves qui « sèchent » complètement devant un calcul de rapport pourtant simple. Par ailleurs, on peut remarquer que les élèves, malgré le fait que je leur ai expliqué plusieurs fois comment présenter un calcul, en précisant la grandeur calculée, la valeur numérique et l'unité, ne parviennent pas à les écrire correctement. La notion de puissance de dix, en dépit du fait qu'elle a déjà été étudiée, est mal acquise parce qu'il y a un écart de notation entre celle manuscrite et celle de la calculatrice. La manière dont les questions sont posées

influent évidemment sur la capacité des élèves à tenter de répondre à la question, ainsi que les informations qui leur sont proposées. Toujours est-il que pour la quasi-totalité des élèves, j'ai dû leur indiquer grossièrement la démarche à suivre pour répondre à la question. Mais, dans la logique des choses, aucune phrase ne suit le calcul afin d'expliquer ce qu'ils ont fait, tout simplement parce que, malgré les explications, ils n'ont pas saisi l'intérêt de ce calcul.

L'entrée historique sur le modèle de l'atome est ici quasiment incontournable. Dans un premier temps, les élèves font la connaissance avec deux scientifiques qui ont révolutionné la vision de l'atome à la fin du XIX^{ème} siècle et au début du XX^{ème} siècle : Joseph John Thomson et Ernest Rutherford. En effet, le premier, en plus d'avoir proposé un modèle pour l'atome, a découvert l'électron. Et le second a réalisé une expérience qui porte son nom.

Par ailleurs, travailler avec des contenus historiques permet aux élèves de suivre cette évolution de la pensée scientifique. L'indication des résultats peut induire une confrontation cognitive avec les représentations des élèves : « L'atome est plein ! Comment des particules pourraient-elles le traverser ? ». Ces préjugés sont détruits en même temps que les élèves font face à quelque chose qu'ils ne peuvent pas contredire : les résultats des expériences. Ce qui est intéressant ensuite est de ne pas divulguer leur interprétation par Rutherford afin de ne pas influencer les élèves dans leur propre compréhension du phénomène. Dans cette activité, il est seulement mentionné la conclusion finale à laquelle aboutit le scientifique. Finalement, les élèves doivent expliquer pourquoi cette conclusion est juste en analysant les résultats. Naturellement, les considérations restent d'ordre classique, newtonien. L'esprit des élèves avec le bagage qu'il possède est suffisant pour expliquer simplement la traversée des particules α à travers la feuille d'or. Cependant, on peut être surpris de constater qu'ils cherchent aussi à expliquer pourquoi les électrons n'influent pas sur la trajectoire des particules, mais partent dans la mauvaise direction. En effet, ils pensent que leur charge en est responsable alors qu'il s'agit simplement d'une masse trop faible de la part de l'électron. Cela, pourtant, était à leur portée s'ils avaient lu ou avaient eu le temps de lire de manière approfondie le tableau.

Enfin, cette activité permet de montrer aux élèves que la physique a évolué, que l'atome n'a pas toujours eu le modèle qu'il a aujourd'hui. En effet, ici, on présente rapidement deux modèles, désormais obsolètes, de l'atome mais qui, pédagogiquement, permettent aux élèves d'appréhender la notion de l'infiniment petit, de la matière et de sa structure.

3) Analyse de l'activité expérimentale/documentaire sur la classification périodique de Mendeleïev (Annexe 3)

Cette séance avait plusieurs objectifs : expliquer la démarche de Mendeleïev pour construire le premier tableau périodique, établir des liens entre les propriétés chimiques des éléments, leur position dans la classification et leur répartition électronique et aborder la notion de familles chimiques. Globalement, je pourrais affirmer que les objectifs ont pu être atteints par la grande majorité des élèves, après la phase d'institutionnalisation.

En effet, la démarche de Mendeleïev est à étudier mais pas à apprendre, c'est pourquoi il n'est pas nécessaire d'y apporter trop de précisions ou d'y passer trop de temps. La notion de familles chimiques est, à mon avis, primordiale par ce qu'elle permet d'expliquer très facilement pourquoi des atomes partagent des propriétés chimiques communes : ils ont le même nombre d'électrons sur leur couche externe. Et c'est à cela que je voulais aboutir avec les élèves à la fin de la séance. Malheureusement, les élèves n'ont pas vraiment compris toute la démarche que j'ai mise en place. Alors, cela peut être de mon ressort : je ne leur ai sûrement pas bien détaillé les objectifs du jour. Les questions ne leur permettaient peut-être pas non plus d'en déduire cette corrélation.

Hormis cela, la séance fut plutôt intense, tant pour les élèves que pour moi. En effet, l'activité est riche en tâches à mener : aucun élève n'est resté oisif. Généralement, avec plus ou moins d'aide, tous les binômes ont réussi à réutiliser la démarche de Mendeleïev pour la première partie. De plus, certains élèves se sont interrogés sur les éléments chimiques, à savoir : « Pourrait-on utiliser cette méthode [celle de Mendeleïev] pour construire le tableau en totalité ? » ou encore « A-t-on utilisé les couches K, L, M pour le construire, tel qu'on le connaît aujourd'hui ? ». Je fus assez satisfait qu'ils posent ce genre de questions, parce que cela leur permet qu'ils se rendent compte que les modèles qu'ils apprennent en cours, en classe de seconde, ne sont pas parfaits ou pas suffisants.

Concernant la seconde partie de l'activité, les élèves ont pu manipuler tour à tour, dans la mesure où il y a trois petites expériences à réaliser, en tube à essais. Les questions étaient assez guidées pour qu'ils puissent travailler en relative autonomie tout en les laissant réfléchir aux problèmes qui venaient s'ajouter petit à petit. Les expériences ont toutes donné les résultats escomptés, ce qui leur a permis de pouvoir réaliser des schémas corrects et aboutir à des conclusions cohérentes. Volontairement, une question les mène vers une fausse piste : après les deux premières expériences, je leur demande, parmi les paires d'ions Cl^- et K^+ et Br^- et K^+ , le(s)quel(s) réagi(ssen)t avec le nitrate d'argent. Quasiment tous les élèves se focalisent sur l'ion potassium puisqu'il est présent dans les deux solutions initiales et le résultat des deux expériences est presque identique. Qu'importe, les élèves doivent confronter leur hypothèse avec l'expérience et conclure. Cet exercice les met position d'erreurs (même si, ici, elle est un

peu forcée) ; on teste alors leur capacité à se remettre en question, à faire preuve d'autonomie dans leur réflexion. La communication au sein du binôme est importante car il faut que les deux protagonistes échangent afin de construire le raisonnement ensemble. Cependant, la conclusion attendue, comme je le disais plus haut, n'aboutit pas ou peu.

L'approche historique est, selon moi, on ne peut plus évidente : on ne peut pas parler du tableau périodique des éléments sans mentionner Dmitri Mendeleïev et ses travaux ! Je voulais cette introduction sur l'histoire des sciences pour leur présenter ce chimiste, qui a révolutionné la chimie : il prévoyait à l'époque l'existence du gallium et du germanium, pas encore découverts en 1867. D'ailleurs, en terme de culture scientifique, cela serait un « sacrilège » de ne jamais avoir entendu parler ou étudier Mendeleïev. Il est l'un des pionniers de la chimie moderne, à sa manière. En effet, aujourd'hui, le tableau périodique respecte toujours les critères de classification du chimiste russe, mais d'autres critères d'ordre quantique (énergétique et électronique) entrent en jeu pour confirmer que le sodium est dans la première colonne du tableau sous le lithium (et pas le lithium sous le sodium). Lors de l'arrivée de la mécanique quantique, et par extension la chimie quantique, cela a assez compliqué la construction du tableau, mais cela a permis d'apporter des précisions sur la notion de familles chimiques.

Bien évidemment, il n'est nullement question d'aborder de telles considérations avec les élèves car cela requiert un niveau minimal en atomistique. Cependant, il est important d'avoir à l'esprit tout ce que le tableau périodique a pu induire comme réflexion, cela peut nous servir à répondre à une question d'un élève plus curieux que les autres, d'autant plus qu'il est l'un des outils les plus fiables de toute la physique : la classification périodique n'a jamais été mise en défaut en 150 ans. Cela montre bien que les théories sur lesquelles il est basé sont incontournables.

4) Analyse de l'exposé sur l'évolution du modèle de l'atome depuis l'Antiquité (Annexe

4)

En Annexe 4 est inséré un exemple d'exposé que j'ai pu récupérer auprès d'un groupe. Comme je l'ai demandé, on y trouve à la fois l'écrit, soit ce que les membres du groupes ont dit à l'oral, et le support informatique (le PowerPoint).

Dans un premier temps, rien qu'en comparant la présentation de deux documents entre les différents groupes, on se rend bien compte de la qualité du travail qui peut être fourni. Dans

ce mémoire, vous avez l'exemplaire le mieux structuré et le plus clair. Je n'ai malheureusement pas pu récupérer d'autres exposés, dans la mesure où les groupes l'auraient perdu ou ils l'oubliaient à chaque fois que je leur demandais.

Donc, nous allons baser l'analyse sur un travail de bonne qualité, j'y ajouterais aussi quelques éléments de comparaison avec d'autres exposés que j'ai pu observer. Un point positif est que ce groupe a globalement compris les codes d'un bon document de présentation (cela ne signifie pas qu'il y a des « bons » ou des « mauvais » documents de présentation, mais seulement que certains sont davantage propices à une meilleure compréhension de l'auditoire que d'autres). En effet, pour chaque diapositive, il y a peu d'éléments, mais le peu qu'il y a est important : ce sont les informations essentielles. Elles sont toutes accompagnées d'une ou deux illustrations qui permettent aux élèves de comprendre efficacement le contenu de la diapositive, en plus de ce qui est dit à l'oral. Enfin, fait plutôt rare, sont mentionnées la bibliographie et la sitographie, ainsi que les crédits images. Cela va sans dire que la prestation de ce groupe était exemplaire, l'aisance à l'oral, honorable.

Concernant le contenu, la consigne étant de réaliser une chronologie du modèle de l'atome afin d'en étudier son évolution depuis l'Antiquité. De ce fait, ainsi que tous les autres exposés, celui-ci démarre avec la confrontation entre les atomistes et les aristotéliens : les premiers croyaient en l'existence de la particule indivisible *atomos* et les autres ont développé la théorie des quatre éléments (eau, air, terre, feu ; un cinquième viendra s'ajouter : l'éther, pour former la quintessence). Ensuite, comme l'ont expliqué tous les groupes, il ne se passe plus rien, sauf au XV^{ème} siècle, où il est fait mention de Giordano Bruno qui relance le débat sur la nature de l'atome. Puis, évidemment, viennent tous les événements que l'on connaît plus ou moins : le modèle de Dalton, de Thomson, de Rutherford et de Bohr. Tous ces modèles ont évolué les uns après les autres afin de se rapprocher le plus possible de la réalité expérimentale.

Globalement, l'ensemble des groupes avaient compris ce qui était demandé et le contenu qu'ils devaient s'approprier pour le présenter au reste de la classe. Cela étant, l'oral fut plus ou moins approximatif suivant les groupes. En effet, j'ai l'exemple d'un groupe qui a voulu effectuer une comparaison historique entre les deux grandes pensées en confrontation. Cependant, ils n'ont pas vraiment expliqué cette comparaison et se contenter de décrire les modèles les uns après les autres sans ordre chronologique apparent. Ce n'est qu'une fois leur présentation terminée que je leur pose la question, demandant pourquoi ils n'ont pas respecté cet ordre. A ce moment, ils m'ont expliqué leurs intentions. Cet exemple nous montre bien l'importance cruciale de l'oral : je n'ai pas besoin de vous dire que les notes que j'ai ramassées à l'issue de cet exposé étaient confuses, de la même manière que l'était l'exposé. A l'inverse,

la présentation dont on dispose dans ce mémoire fut complètement différente, car, malgré le fait que l'oral était un peu rapide, la structure était claire et suivait une logique induite naturellement par le sujet. De cette façon, l'auditoire n'était pas perdu et pouvait suivre et comprendre le contenu exposé. D'ailleurs, dans les notes prises, je sentais que la présentation avait été explicite pour eux.

Cet exercice était, à mon avis, difficile. Le passage à l'oral devant toute la classe revêt un caractère nouveau pour les élèves : tous ont l'habitude de voir plutôt leur professeur leur transmettre un savoir, et non quelques-uns de leurs camarades. Et ceux qui passent à l'oral subissent une certaine pression, due au regard que la classe leur porte, le contenu qu'ils doivent suffisamment maîtriser pour l'expliquer simplement à leur auditoire.

J'ai voulu leur faire faire un exposé parce que j'ai pensé que ce serait plus intéressant pour eux que ce soit quelqu'un d'autre que moi qui leur transmette un savoir. Par ailleurs, comme prendre connaissance du caractère évolutif du modèle de l'atome ne fait pas partie des compétences du Bulletin Officiel, je pouvais me mettre plus facilement en retrait. Cependant, je tiens à préciser que, à l'issue des exposés, je leur présentais un compte-rendu sur le modèle de l'atome que j'avais réalisé auparavant afin de clarifier l'ensemble du contenu pour tous les élèves. Même si ce n'est pas au programme, si je leur fais transmettre un savoir, il faut quand même qu'il soit correct !

Ensuite, il y a une autre raison pour laquelle j'ai préféré l'exposé à l'activité documentaire ou au cours magistral : l'appropriation du sujet. En effet, je voulais leur montrer, de manière subliminale, que leur capacité à réaliser un exposé démontre que le sujet est abordable pour tous. En effet, il n'y a pas, à proprement parler, de compétences purement disciplinaires dans cet exercice. L'appropriation du sujet, la recherche d'informations, leur analyse, leur organisation, leur présentation et leur compréhension étaient absolument incontournables. Naturellement, tous les élèves n'ont pas pu se prêter à ce travail, car, honnêtement, cela prend beaucoup de temps. C'est pourquoi le reste de la classe devait prendre en note les contenus des différents exposés : cela leur permettait aussi, mais dans une moindre mesure, de trier l'information reçue et de l'organiser pour qu'elle puisse être lue et comprise par un tiers.

Si j'ai choisi de faire travailler mes élèves sur un tel sujet, c'est tout simplement parce qu'on étudiait l'atome, sa structure, ses propriétés. Le fait de réaliser ce travail de recherche me semblait être une bonne idée pour conclure sur ce chapitre. Les élèves comprennent alors, normalement, que le modèle de l'atome n'a pas toujours été ce qu'il est aujourd'hui. Par ailleurs, c'est un apport considérable en termes de culture générale, tant concernant les

physiciens et penseurs, que les théories et les expériences. Mon objectif est que, à la fin de la seconde, mes élèves aient compris ce sur quoi on a travaillé, qu'ils aient acquis des connaissances et une culture scientifique qu'ils n'avaient pas avant. C'est pourquoi ce sujet et cet exercice semblaient tout indiqués dans le cadre de ma progression.

5) Analyse de l'activité documentaire sur l'histoire des médicaments (Annexe 5)

Cette activité documentaire était à travailler et à me rendre via le réseau informatique (e-lyco) pendant les vacances. Cela forçait les élèves à étudier les sciences physiques et chimiques. Evidemment, des problèmes se sont très rapidement posés : des élèves partaient au ski, d'autres à l'étranger et les derniers n'avaient aucun accès à e-lyco pour cause de problèmes informatiques. De ce fait, je fus obligé de prendre une décision : ceux qui ne pouvaient pas réaliser ce travail devaient effectuer des exercices et des activités présentes dans le livre. Ces travaux ne furent pas choisis au hasard : ils traitaient du même sujet que l'activité informatique. Ainsi, malgré les éventuelles indispositions des élèves, tous travaillaient sur le même sujet. Au final, sur 70 élèves, 50 m'ont rendu un travail informatique.

Dans le corpus, j'ai mis à disposition trois exemplaires de travaux réalisés par des élèves. Globalement, les élèves ont plutôt bien réussi ce devoir. Presque toutes les informations étaient dans les documents, il ne fallait, au final, que les lire attentivement et recouper les informations afin de répondre de manière synthétique à chaque question.

C'est là que les problèmes ont commencé à surgir : la synthèse. Dans une grande majorité des cas, les élèves s'étaient contentés de recopier simplement le contenu d'un paragraphe d'un des documents. Je me suis posé alors la question de l'évaluation : puis-je noter un copier-coller ? Si oui, comment ? Si je considère que je ne peux pas, dans ce cas, très peu d'élèves auraient eu au moins 10 à ce travail, qui, à l'origine, avait pour but de relever la moyenne générale des élèves qui auraient mal réussi des précédents devoirs surveillés. Alors, j'ai pris la décision de me dire que les élèves qui ont fait du plagiat (car c'est bien de cela que l'on parle) n'auraient pas la totalité des points de la question. Cependant, je leur accordais la moitié si l'information pertinente était présente dans le paragraphe recopié. Heureusement, quelques travaux étaient de qualité, les élèves avaient fait l'effort de traduire les informations avec leurs propres mots pour répondre aux questions posées.

Ensuite, un autre problème est survenu : la clarté et la formulation de mes questions. Je fais référence, par exemple, à la question 5 dans laquelle je demande de me citer les trois grands types d'extraction d'espèces chimiques, ainsi qu'un schéma pour chaque type. En soi, la question fut comprise puisque tous les élèves m'ont indiqué trois types d'extraction avec un

schéma. Cependant, les informations présentes dans les documents laissaient sous-entendre un classement par forcément juste : les élèves ont pris ce classement pour bon alors qu'en fait je demandais de regrouper les deux-trois documents sur le sujet pour produire un nouveau classement plus juste. Vous l'auriez compris, seule une petite poignée d'élèves a su réaliser un tel travail. Je croyais cette question évidente alors qu'elle ne l'est absolument pas. En effet, les trois types d'extractions que j'ai relevés sont : la distillation (fractionnée, hydrodistillation), l'extraction par solvant (liquide-liquide, solide-liquide (macération/effleurage + filtration)) et l'extraction directe (filtration, pressage, décoction et infusion). On remarque dans les documents d'élèves, on est relativement loin du résultat escompté. Bien sûr, je reste magnanime et j'ai accordé des points lorsque je sentais que l'élève avait, malgré tout, compris de quoi la question en retournait.

De la même manière, la question dans laquelle je demandais de faire une synthèse sur l'histoire de l'aspirine et de son principe actif (salicine (ou salicyline) → acide salicylique → acide acétylsalicylique) a été globalement bien réussie de par ma bienveillance : un trop grand nombre d'élèves s'est aussi contenté de plagier un des documents. Alors, je sanctionnais la question par la moitié des points. En effet, comme je le disais plus haut, je ne peux pas retirer la totalité des points dans la mesure où les élèves ont quand même recherché l'information. Cela pose alors le problème de l'évaluation et de la note, mais ce n'est pas l'objet de cet écrit.

Enfin, les dernières questions nécessitaient que les élèves mènent eux-mêmes leurs recherches sur Internet pour trouver les informations requises. Fait à noter : le sujet de ces questions n'avait pas encore été étudié en cours, ainsi j'évaluais leur capacité à s'informer sur un sujet qu'ils découvrent. En règle générale, à quelques exceptions près, les élèves ont été capables de me proposer des formules brutes de molécules et même des formules semi-développées. J'ai aussi eu des formules topologiques. Malgré le fait que ce ne soit pas ce qui est demandé dans les questions, j'acceptais ces réponses dans la mesure où elles montraient que l'élève semblait avoir compris ce qu'il avait écrit.

J'ai voulu faire travailler mes élèves sur l'histoire du médicament parce que, personnellement, je voulais me renseigner à ce sujet. C'était un domaine que je ne connaissais pas très bien. Et je me suis dit que c'était pareil pour mes élèves. Alors, je leur ai imposé ce sujet. Cela a surtout une valeur culturelle. Cependant, dans tous ces documents sur l'histoire du médicament, des informations sur la chimie de l'époque étaient disséminées. De ce fait, c'était l'occasion pour eux d'en savoir un peu plus sur les expériences et les découvertes menées en chimie aux XVIIème, XVIIIème et XIXème siècles. En plus, j'ai travaillé avec eux sur beaucoup de sujets sur l'histoire des sciences en physique mais moins en chimie. Ainsi, c'est

une manière, aussi, de leur montrer que la chimie a évolué petit à petit. Enfin, j'avais pour objectif de les faire travailler sur ce qu'est et était vraiment le médicament, sur la notion de principe actif, qui ne paraissait pas claire pour eux, sur les origines de la médecine et sur les applications de la chimie, évoluant depuis des siècles, pour améliorer le quotidien.

6) Le questionnaire adressé aux élèves de seconde (Annexe 6)

Dans cette dernière partie, je compte analyser, en m'appuyant sur les données statistiques que j'ai pu recueillir, le questionnaire que j'ai mis en place auprès de mes élèves.

Dans un premier temps, on peut remarquer que le constat que j'avais énoncé en introduction est validé : près de 30 % des élèves arrivent en seconde sans jamais avoir étudié ou travaillé sur des activités en relation avec l'histoire des sciences. Par ailleurs, je ne crois pas beaucoup me tromper si j'étends ce pourcentage à l'ensemble des élèves de secondes. Certes, un échantillon de 67 élèves reste petit mais cela permet d'avoir une bonne idée du constat global.

Ensuite, très majoritairement, les élèves s'accordent pour témoigner de fait qu'ils ont eu le sentiment d'avoir appris quelque chose en cours au travers de ces activités. Ainsi, l'un de mes objectifs visant à leur inculquer une culture scientifique est atteint. Ils ont appris de nouvelles notions, ils ont découvert des modèles, ils ont développé des compétences, qu'ils ne soupçonnaient peut-être pas. En effet, avec 94 % des élèves, je pense être en droit de dire que les activités que j'ai mises en place leur ont été profitables.

Je leur ai demandé si ces activités avaient pu leur être utiles. Les trois quarts d'entre eux y ont effectivement vu une utilité. Parmi ces 51 élèves, beaucoup ont pris ces activités comme une manière d'approfondir leurs connaissances et leur apprentissage, considérant alors que cela aura ou a déjà une certaine utilité. D'autres y ont vu un moyen d'améliorer et d'enrichir leur culture, que ce soit la culture générale ou la culture plutôt scientifique en vue d'un objectif d'orientation. Enfin, pour une plus petite population d'élèves, ces activités ont été utiles afin d'améliorer leur compréhension du cours. Parmi le quart restant, ceux qui n'ont pas forcément considéré ces activités utiles, ils expliquent que le lien avec la vie quotidienne est trop mince ou que cela ne leur apportera aucune plus-value dans l'avenir dans lequel ils se projettent à l'heure actuelle. En effet, je peux accepter de comprendre que certains élèves vont s'orienter vers une filière qui n'exploitera jamais cette relation entre l'histoire et la science.

Puis, dans une nouvelle question, on constate que 85 % des élèves ont pris du plaisir à travailler sur ce genre d'activité. Parmi eux, une bonne partie d'entre eux ont apprécié ces travaux de par leur originalité ou parce qu'ils y étaient intéressés. Ainsi, on remarque bien

l'importance du fait qu'il faille intéresser les élèves afin de pouvoir les mettre efficacement au travail. Notons aussi que des élèves ont apprécié ces activités parce qu'elles leur permettaient de mieux comprendre des notions qu'ils n'avaient pas forcément bien comprises. De ce fait, on montre que les élèves prennent plus de plaisir à apprendre lorsqu'ils comprennent ce qu'ils apprennent. Ensuite 10 % des élèves n'ont pas aimé ce genre de travaux parce qu'ils trouvaient cela ennuyant ou trop long ou par dégoût des sciences. Ici, les résultats ne sont pas vraiment exploitables puisqu'une minorité des élèves a justifié ses réponses. On ne peut alors qu'extrapoler ce que ils peuvent penser.

Dans la question suivante, je demande aux élèves si ces activités devraient être plus, moins ou pas travaillées. Les résultats, ici, sont plus mitigés. Je précise qu'il y a un grand nombre de réponses non justifiées : les résultats ne seront alors pas très précis. Plus de 35 % des élèves sont d'accord pour exprimer leur envie de travailler ce type de travaux, expliquant que cela permet d'avoir un apprentissage plus constructif et d'accumuler plus de connaissances. On comprend alors que les élèves sont encore dans une optique où avoir le plus de connaissances est primordial pour s'en sortir à l'âge adulte, probablement. Pourtant l'objectif du Bulletin Officiel porte de plus en plus sur les compétences que sur les connaissances brutes. Cela étant, ces savoirs leur permettront de développer leur culture. D'autres élèves veulent que ces activités soient plus travaillées parce qu'ils les ont trouvées intéressantes, parce qu'ils prennent plus de plaisir à apprendre ou, pour l'un d'entre eux, parce que c'est ennuyant de toujours écouter le professeur. J'ai relevé ce détail même s'il n'a été énoncé que par une seule personne parce que je trouve qu'il est révélateur du manque de pédagogie dont je peux parfois faire preuve. Un quart des élèves souhaiteraient que les activités en liens avec l'histoire des sciences soient moins travaillées parce qu'ils les trouvent trop longues à mettre en place et qu'il n'y a pas assez d'expériences. Alors, je suis d'accord avec eux : ces activités sont longues à mettre en place en amont, et, même pendant l'activité, il y a toujours trop d'informations, ce qui rend l'appropriation des documents trop longue. La raison pour laquelle il n'y a pas assez d'expériences est simplement due au fait que tous les sujets sur l'histoire des sciences ne se prêtent pas à des manipulations en laboratoire. Un élève souhaiterait ne plus travailler ce sujet parce qu'il n'aime pas les sciences : quelque part, cela se comprend, quelqu'un qui n'aime pas un sujet ne va pas prendre de plaisir à en étudier toutes les facettes. Des élèves, par contre, voudraient que rien ne change. Je pense qu'ils considèrent qu'il faut en travailler de temps en temps sans en faire de trop.

Ensuite, j'interroge mes élèves pour savoir dans quel cadre ils préfèrent travailler l'histoire des sciences : exposé, activités documentaires, exercices ou activités expérimentales.

Sans le moindre doute, pour 64 % d'entre eux, il est préférable de travailler ce sujet en travaux pratiques. Les deux justifications qui reviennent le plus sont le fait qu'ils peuvent manipuler et que ce soit plus intéressant ou plus ludique. Malgré le tiers de réponses non justifiées, ces résultats restent tout de même significatifs : les élèves pensent être en physique-chimie pour travailler sur des manipulations et sur des expériences amusantes et divertissantes. En fait, je pense qu'au fond d'eux ils ont envie d'apprendre mais sans que cela devienne rébarbatif. Pour certains d'entre eux, les séances d'activités expérimentales sont un bon moyen pour aider et faciliter l'apprentissage des savoirs et savoir-faire. On montre alors que les élèves, en majorité, ont besoin de concret, de visualiser les choses. Et cela, les travaux pratiques peuvent l'apporter. Après les activités expérimentales viennent les exposés. Aussi surprenant que cela puisse paraître, les élèves ont apprécié de travailler sur ce type de support, car ils considèrent que c'est une manière pour développer leurs savoirs et leurs compétences. J'ai précisé que cela est surprenant pour une simple raison : l'exposé est un travail qui demande beaucoup de temps personnel et je ne pensais pas qu'ils avaient pu se rendre compte de l'intérêt qu'il y a à présenter le fruit de leur travail à l'ensemble de la classe. Puis, viennent les activités documentaires pour 22 % des élèves et les exercices pour 10 % d'entre eux. Dans cette entrée, je n'ai qu'un tiers des réponses qui sont justifiées. De ce fait, je ne vais pas pouvoir en retirer beaucoup d'informations. On pourrait éventuellement préciser que ces types d'activités correspondent à des élèves qui ne sont pas vraiment axés sur la manipulation et sur le long travail de recherche de données.

Enfin, pour la dernière question, je voulais savoir en quels lieux les élèves préfèrent travailler l'histoire des sciences. Le résultat est sans appel : près de 78 % d'entre eux ont une nette préférence pour le travail au lycée. Et la première justification qui vient est le fait qu'il y ait moins de travail à la maison. Cela est assez révélateur : les élèves ont le sentiment que les enseignants leur en demandent beaucoup, y compris chez eux. S'ils ont la possibilité de réaliser leurs travaux au lycée, ils le feront, surtout si cela leur permet de s'octroyer un peu de temps libre. Ensuite, il s'avère que les élèves ont toujours besoin de l'enseignant : il peut être présent pour répondre à une question ou une incompréhension d'élève. A la maison, ils n'ont pas cette aide (pour de multiples raisons : pas d'accès stable à Internet, parents pas toujours présents ou non qualifiés dans certains domaines, etc.), c'est pourquoi le travail au lycée est préféré au travail à la maison. On note aussi que le lycée permet aux élèves de se motiver, grâce aux travaux de groupes, par exemple. On peut aussi remarquer que les élèves ne semblent pas avoir, pour quelques-uns, des conditions de travail idéales chez eux : il y aurait trop de distraction. Ainsi, on montre bien que le lycée est un cadre qui peut être motivant pour beaucoup d'élèves,

car il apporte une certaine stabilité dans le rapport avec le savoir : c'est le lieu où les élèves étudient, échangent et comprennent. Pour le reste des élèves, une petite poignée préfère travailler chez eux parce que leurs conditions de travail sont meilleures qu'au lycée. Cela est tout à fait possible et montre une capacité des familles à positionner leurs enfants dans un contexte de sérénité et de travail. Enfin, le reste des élèves n'a pas de préférence particulière, considérant qu'au lycée ou chez eux ils peuvent travailler en groupe ou individuellement. Finalement quel que soit le lieu, ils restent dans une dynamique d'apprentissage.

Pour conclure sur l'analyse de ce questionnaire, il faut noter que l'histoire des sciences est plutôt bien appréciée par les élèves, même si leurs réponses indiquent une certaine inertie au travail : ils aiment étudier de nouvelles notions avec des supports originaux mais il ne faut pas trop que cela empiète sur leur temps personnel. Mes classes sont dans un état où l'apprentissage est apprécié et même recherché dans l'objectif de développer une culture plus riche. Cependant, je ne pense pas me tromper en exprimant le fait qu'ils éprouvent le besoin d'être intéressés et d'être valorisés. Je n'en ai pas forcément parlé, mais ils sont fiers de montrer et présenter le travail sur lequel ils ont passé du temps.

CONCLUSION

Pour conclure sur l'ensemble de mes recherches, je souhaite reprendre les différents éléments présentés.

L'histoire des sciences est l'un des points sur lequel les élèves et l'enseignant doivent travailler de concert. Premièrement, parce que c'est imposé par le Bulletin Officiel, je suis dans le devoir de proposer, au moins de temps en temps, une activité qui permet d'apporter aux élèves une culture plus vaste en ce qui concerne les sciences. Cependant, comme je l'ai exprimé dans l'introduction, l'histoire des sciences est loin d'être une simple corvée mais plutôt une passion que je cherche à transmettre aux élèves : je ne suis alors plus dans le devoir mais dans le « vouloir ».

N'oublions pas sur quelle question repose ce mémoire : l'intérêt pédagogique et didactique de l'histoire des sciences pour les élèves. Au travers de toutes les activités que j'ai pu leur proposer en relation avec ce domaine, j'ai cherché une plus-value, une originalité, un nouvel intérêt. En effet, comme nous l'avons constaté, les élèves ont besoin que l'enseignant attise leur intérêt, leur curiosité. Ils sont envies d'apprendre mais ils veulent qu'on aille les chercher.

L'histoire des sciences ne doit pas être une fin en soi : en physique comme en chimie, je ne fais pas travailler mes élèves dessus pour le simple plaisir ; de la même façon qu'on ne travaille pas la physique pour dire de travailler dessus. Il doit y avoir un but, un objectif. Alors pourquoi l'histoire des sciences ? En fait, ce n'est qu'un prétexte. Le programme nous impose certains objectifs disciplinaires, expérimentaux et compétentiels ; à nous, enseignants, de les travailler avec nos élèves de la façon qui nous semble la meilleure. Les entrées thématiques sont de bons outils pour introduire une notion, mais l'histoire des sciences aussi. En réalité, elle sert un dessein plus grand qu'elle-même : la construction du savoir et savoir-faire des élèves. L'utilisation de ce domaine a, selon moi, en m'appuyant sur ce mémoire, un intérêt pédagogique et didactique : la mise au travail des élèves dans un objectif de construction d'un savoir et d'un savoir-faire.

En fonction de la situation proposée, on confronte les élèves à un problème, généralement similaire à celui auquel des physiciens devaient faire face. Naturellement, ce problème était simplifié afin qu'il soit au niveau des élèves. L'objectif de l'activité est alors de susciter chez l'élève un conflit avec ses propres représentations, comme le physicien a dû détruire ses préjugés sur un phénomène alors qu'il menait une expérience. L'histoire des sciences met les élèves directement en position de travail, de réflexion, de conflit et de

recherche. Evidemment, on n'a pas forcément besoin de l'histoire des sciences pour obtenir le même résultat. En revanche, je suis convaincu qu'elle apporte aux élèves une dimension particulière : on les élève au rang de chercheur, d'une certaine manière.

Comme je le disais, l'histoire des sciences est une prétexte pour étudier telle ou telle notion, tout comme la situation-problème que l'on invente pour mettre les élèves en démarche d'investigation. Cependant, une différence réside : l'histoire permet d'obtenir une culture plus approfondie concernant une théorie ou un phénomène. Une chose aussi que je n'ai pas mentionné dans cette conclusion : la place de l'erreur. La physique-chimie est une discipline où l'erreur est presque fondamentale. A un moment donné, Newton s'est trompé, Einstein s'est trompé, Stephen Hawking s'est trompé. Pourtant, chacun de ces trois physiciens a su élaborer parmi les plus grandes théories physiques de notre ère. C'est ce que nous enseigne l'histoire des sciences. Et c'est ce qu'il faut enseigner aux élèves. Ils ont le droit à l'erreur, sinon comment savoir ce qui est juste ?

Ainsi, l'histoire des sciences est une discipline qui permet aux élèves d'enrichir leur culture, qui permet de leur apporter, dans certain cas, un intérêt plus grand pour la physique et la chimie et un savoir autrement que par des cours dialogués inintéressants, et qui leur permet d'avoir un regard neuf sur leur travail. Ils vont poser un problème, proposer des hypothèses (peut-être les mêmes que des physiciens avant eux), imaginer et réaliser des expériences et, parfois, se tromper. Et le simple fait de se dire « Mon hypothèse est fausse ! » est une avancée dans la réflexion de l'élève. Par la suite, il saura pourquoi il s'est trompé. C'est pourquoi l'histoire des sciences a toute sa place dans le programme de physique-chimie. On se base sur des faits et des situations réels que les élèves doivent tenter de résoudre afin d'acquérir, à l'image des chimistes et physiciens, leur savoir. En fait, si la situation de travail est bien écrite, l'histoire des sciences peut avoir la même puissance didactique et pédagogique qu'une démarche d'investigation.

Parlons enfin des élèves et de ce qu'ils ont pu en penser. Le questionnaire est sans appel : ils apprécient ce genre d'activité mais sans qu'il soit question de trop en faire chez soi ! Finalement, c'est là où le bât blesse : l'histoire des sciences nécessite du travail personnel, surtout en cas d'exposé ou d'activité de recherche. Il convient alors que l'enseignant trouve un juste milieu : il est important de travailler un peu sur l'histoire des sciences mais il ne faut pas non plus en faire une nécessité absolue. C'est un domaine très intéressant à étudier, mais n'oublions pas que les élèves ont aussi besoin de se confronter à des situations de la vie quotidienne ; ce que ne permet l'histoire des sciences qu'au travers d'ouvertures et d'applications, mais pas en tant que démarche introductive.

BIBLIOGRAPHIE :

Par soucis de commodité, les différents liens bibliographiques et sitographiques apparaissent dans le même ordre dans le mémoire que dans la partie qui suit.

- *Le Grand Roman de la Physique Quantique*, Manjit Kumar, JCLattès, imprimé en 2011.

- Société Editions Larousse. Direction générale : Isabelle Jeuge-Maynard. (Aucune date de mise à jour). Dictionnaires de français. Disponible sur : <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/%C3%A9pist%C3%A9mologie/30520>. Consulté le 13 novembre 2015.

- Jean-Marie Pierrel, responsable du CNRTL et directeur de publication. (Mise à jour en 2013). Portail lexical. Disponible sur : <http://www.cnrtl.fr/definition/%C3%A9pist%C3%A9mologie>. Consulté le 13 novembre 2015.

- Jimmy Wales, fondateur du portail. (Mise à jour de la page concernée le 6 décembre 2015). Histoire des Sciences. Disponible sur : https://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire_des_sciences. Consulté le 11 décembre 2015.

- Société Editions Larousse. Direction générale : Isabelle Jeuge-Maynard. (Aucune date de mise à jour). Dictionnaires de français. Disponible sur : <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/p%C3%A9dagogie/58918>. Consulté le 13 novembre 2015.

- Jean-Marie Pierrel, responsable du CNRTL et directeur de publication. (Mise à jour en 2013). Portail lexical. Disponible sur : <http://www.cnrtl.fr/lexicographie/p%C3%A9dagogie>. Consulté le 13 novembre 2015.

- Réal Petitderc, président de l'APPAC (Association Professionnelle des Professeurs et Professeures d'Administration au Collégiale). (Mise à jour en mai 2015.) Portail Pédagogie. Disponible sur : <http://www.appac.qc.ca/pedagogie.php>. Consulté le 19 novembre 2015.

➤ Olivier Legrand, formateur web et concepteur de la carte mentale. (Pas de date de mise à jour.) Disponible sur : <<https://www.mindmeister.com/fr/157466309/les-methodes-pedagogiques>>. Consulté le 19 novembre 2015.

➤ Société Editions Larousse. Direction générale : Isabelle Jeuge-Maynard. (Aucune date de mise à jour). Dictionnaires de français. Disponible sur : <<http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/didactique/25365>>. Consulté le 20 novembre 2015.

➤ Réal Petitderc, président de l'APPAC (Association Professionnelle des Professeurs et Professeures d'Administration au Collégiale). (Mise à jour en mai 2015.) Protail Pédagogie. Disponible sur : <<http://www.appac.qc.ca/didactique.php>>. Consulté le 20 novembre 2015.

➤ *Programme de physique-chimie en classe de seconde générale et technologique*, Bulletin Officiel Spécial n°4 du 29 avril 2010.

ANNEXES :

Annexe 1a : La Dispersion – Document élève

La dispersion

I – Faits historiques

« En l'an 1666, je me suis procuré un prisme triangulaire en verre pour faire des expériences sur les fameux phénomènes des couleurs. Après avoir fait l'obscurité dans la chambre et percé un trou dans le volet pour laisser pénétrer une quantité convenable de lumière solaire, j'ai placé mon prisme devant l'ouverture afin que la lumière soit réfractée sur le mur opposé. Ce fut d'abord un divertissement très plaisant de contempler les couleurs vives et intenses ainsi produites. » De fil en aiguille, Newton arrive bientôt à ce qu'il appelle l'expérience cruciale : à l'aide d'un trou dans une planchette, il isole la partie bleue de la tache produite par le prisme et il envoie cette lumière sur un second prisme. Elle est déviée certes mais pas étalée. Cette fois Newton en est sûr, la lumière blanche est un mélange de lumière de toutes les couleurs et le prisme dévie différemment ces diverses lumières. Dès lors, il multiplie les expériences montrant en particulier que l'on peut refaire de la lumière blanche en mélangeant des lumières de couleurs!

Isaac Newton

Questions :

- 1) Faire un schéma illustrant l'expérience de Newton.
- 2) Le prisme modifie-t-il la lumière ou la décompose-t-il ? Justifier.
- 3) Comment Newton procède-t-il pour obtenir une lumière monochromatique (lumière composée que d'une seule couleur ou radiation) ?

II – Décomposition de la lumière blanche par un prisme

A l'image d'Isaac Newton, on décompose la lumière émise par la lanterne.

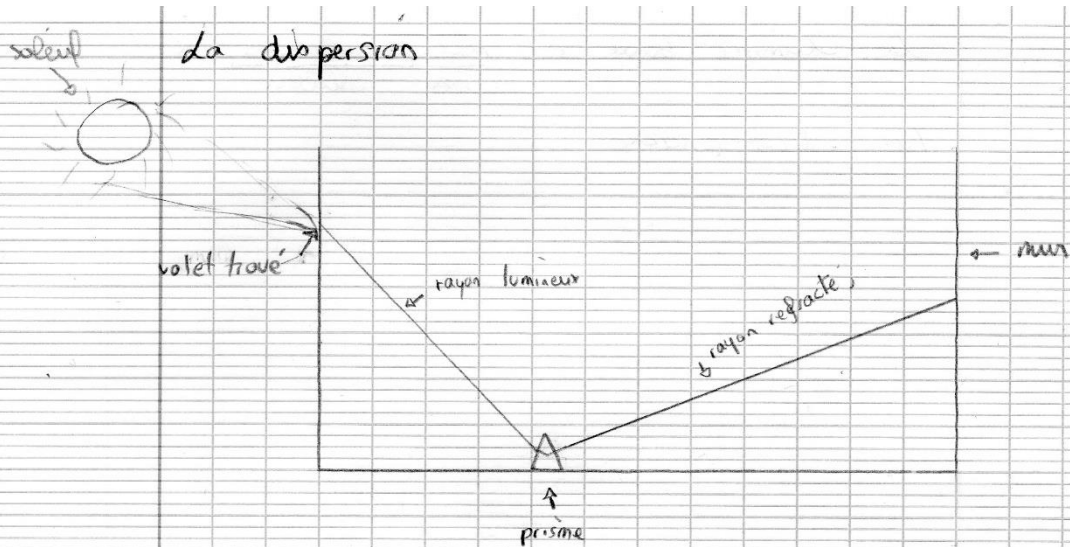
- 1) Qu'observez-vous ?
- 2) Indiquez dans l'ordre les différentes couleurs obtenues grâce au prisme.
- 3) Laquelle est la plus déviée ? La moins déviée ?

III – Décomposable ou pas ?

- 1) Observez l'effet des différents filtres sur la lumière blanche (sans le prisme).
En reprenant le montage du II, on positionne un filtre avant le prisme.
- 2) Observez.
- 3) Toutes les lumières sont-elles décomposables ?

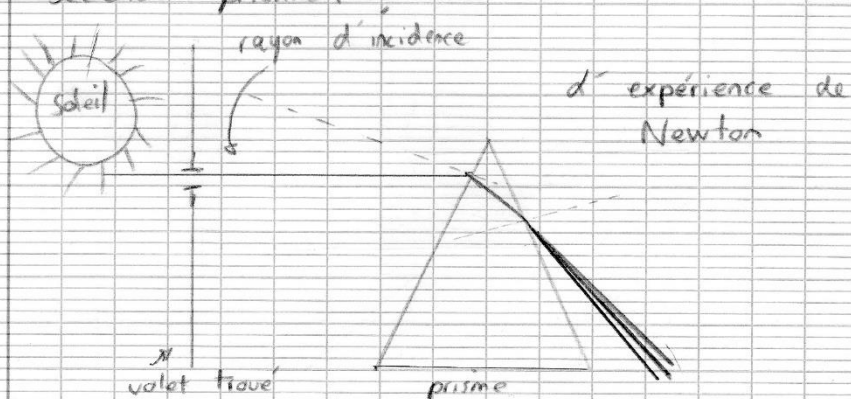
Annexe 1b : La Dispersion – Travaux d'élèves

Document 1



2) Le prisme décompose la lumière car dans le texte Newton dit: "la lumière blanche est un mélange de lumière de toutes les couleurs".

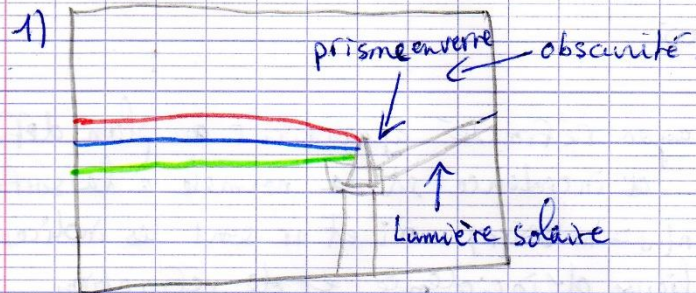
3) A l'aide d'un trou dans une planchette, il isole la partie bleue de la tache produite par le prisme et il envoie cette lumière sur un second prisme.



La lumière (blanche) réfractée est polychromatique. Elle est décomposable par un prisme.

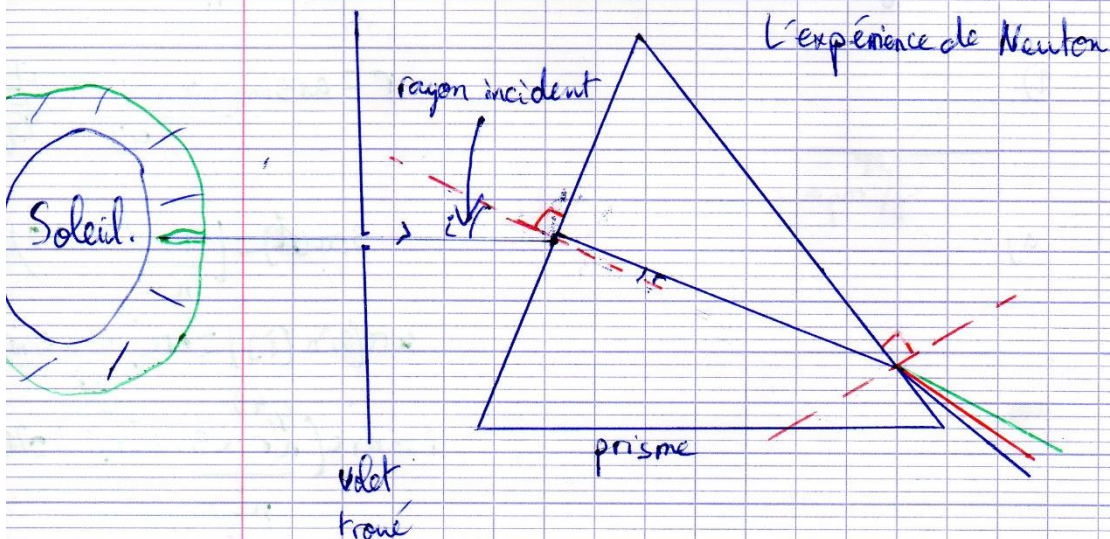
La lumière bleue est monochromatique. Elle n'est pas décomposable.

La dispersion



2) Le prisme décompose la lumière. La lumière "blanche" est faite de plusieurs lumières différentes c'est ce que nous montre le prisme.

3) Avec une planchette avec un trou, il isole la couleur bleue et l'envoie sur un second prisme



La lumière blanche est une lumière polychromatique ^{contient plusieurs}

La lumière monochromatique est une lumière avec une seule couleur. Elle n'est donc pas décomposable.

Jaune, rouge, vert, orange, bleu, indigo, violet = spectre de la lumière blanche.

On observe que la lumière rouge est seulement déviée et non décomposée.

On observe que la lumière jaune est décomposable par un prisme car plusieurs couleurs apparaissent dans le spectre.

Annexe 2a : L'Expérience de Rutherford, activité documentaire – Document élève

Activité Documentaire : Expérience de Rutherford et Modèles de l'atome

Objectifs :

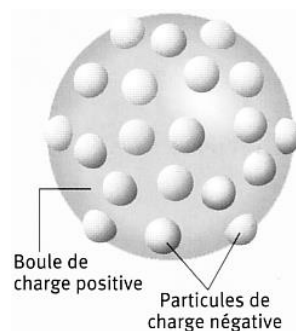
- Aborder la structure et la composition d'un atome ;
- Travailler l'analyse de documents et l'extraction d'informations ;
- mettre en lien des documents entre eux.

L'activité sera ramassée et notée. Chaque binôme devra rédiger sa copie mais une seule copie sera rendue, à la décision du professeur. Toutes les réponses aux questions seront correctement et soigneusement rédigées et justifiées. Au maximum, 10% de la note sera prévu dans la notation de la présentation/orthographe/rédaction.

Introduction

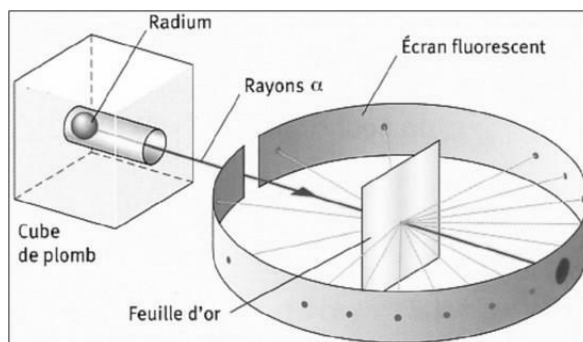
A la fin du XIX^e siècle et au début du XX^e, de nombreux scientifiques s'efforcent de déterminer la structure de l'atome. Nous allons étudier une expérience qui a beaucoup fait progresser les connaissances à ce sujet.

En 1909, le physicien britannique Ernest Rutherford (1871 - 1937) réalise une expérience décisive pour la connaissance de la structure de l'atome. Quelques années auparavant, son compatriote Joseph John Thomson (1856 - 1940) a proposé un modèle, dans lequel il compare l'atome à une boule de matière de charge électrique positive, « piquée » d'électrons, particules de charge négative (Document 1). Dans un matériau solide comme l'or, ces sphères seraient empilées de façon à occuper un volume minimal.



Document 1 : Modèle de l'atome de Thomson

Rutherford vient juste de montrer que les particules α émises par certaines sources radioactives sont des ions hélium He^{2+} (atomes d'hélium ayant perdu 2 électrons). Lors de son expérience, il bombarde une feuille d'or de très faible épaisseur (0,6 μm) par des particules α émises par une source de radium. Les taches qui apparaissent sur un écran fluorescent lui permettent de connaître la trajectoire suivie par les particules (document 2)



Document 2 : Schéma de l'expérience de Rutherford

Rutherford constate alors que la grande majorité d'entre elles traversent la feuille d'or sans être déviées, la tache lumineuse principale observée sur l'écran garde en effet la même intensité avec ou sans feuille d'or. Quelques impacts excentrés montrent que seules quelques-unes sont déviées. D'autres (1 sur 20 000 à 30 000) semblent renvoyées vers l'arrière.

En 1911, après une longue réflexion, Rutherford propose un nouveau modèle, dans lequel **l'atome est constitué d'un noyau chargé positivement, autour duquel des électrons, chargés négativement, sont en mouvement et restent à l'intérieur d'une sphère**. Le noyau est 10^4 à 10^5 fois plus petit que l'atome et concentre l'essentiel de sa masse. L'atome est donc essentiellement constitué de vide.

Document 3 : Quelques données sur l'atome d'or.

	Atome d'or	Noyau d'or
Masse (kg)	$3,299 \times 10^{-25}$	$3,298 \times 10^{-25}$
Rayon (pm)	$1,5 \times 10^2$	7×10^{-3}

Questions

- 1) Si les atomes d'or étaient conformes au modèle de Thomson, la grande majorité des particules α pourraient-elles traverser la feuille d'or sans être déviées ? Justifiez la réponse.
- 2) En quoi la structure proposée par Rutherford permet-elle d'expliquer le résultat de son expérience ?
- 3) Montrer que les données actuelles (document 3) concernant l'atome d'or confirment les hypothèses de Rutherford concernant la taille et la masse de son noyau.

- 4) Comment se comporte une charge électrique positive vis-à-vis d'une autre charge électrique positive ?
Imaginez alors comment pourrait-on expliquer la déviation ou le renvoi vers l'arrière de quelques particules α .
- 5) Représenter sur un schéma un atome d'or conforme au modèle de Rutherford. Placer sur le schéma les différentes trajectoires possibles pour les particules α .

Annexe 2b : L'expérience de Rutherford, activité documentaire – Travaux d'élèves

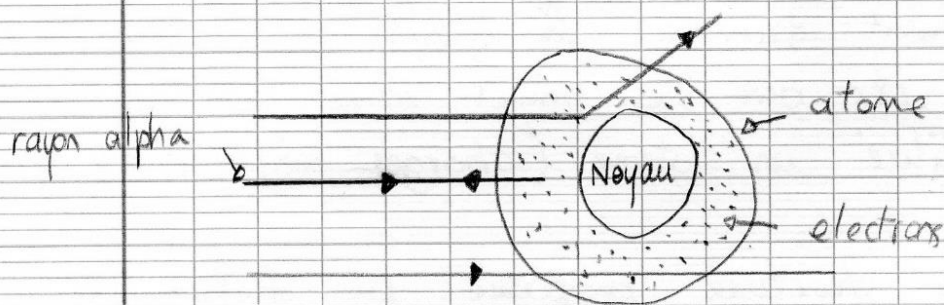
Document 1

Physique - Chimie

1. Si les atomes d'or étaient conformes au modèle de Thomson, la grande majorité des particules pourraient traverser la feuille d'or sans être déviées car ils ont les mêmes idées de comment est constitué un atome (charges négative et positive).
2. La structure proposée par Rutherford permet d'expliquer le résultat de son expérience puisque les rayons après avoir traversés la feuille d'or l'essentiel des rayons ne sont pas déviés.
3. Les données actuelles du doc 3. confirment les hypothèses de Rutherford concernant la taille et la masse de son noyau car il cite "Le noyau est 10^4 à 10^5 fois plus petit que l'atome et concentre l'essentiel de sa masse."
$$\text{Atome d'or} = 1,5 \times 10^2 : (7 \times 10^{-3}) = 21428$$
 donc si on remet le résultat en écriture scientifique cela est compris entre 10^4 et 10^5 .
4. Une charge électrique positive vis-à-vis d'une autre charge électrique positive s'éloigne.

car en physique les opposés s'attirent donc à l'inverse ils s'éloignent. On peut expliquer la déviation ou le renvoi vers l'arrière de quelques particules alpha est dû au noyau qui a une charge positive qui renvoi le rayon en fonction de sa position.

5. Schéma d'un atome d'or conforme au modèle de Rutherford :



Expérience de Rutherford et Modèles de l'atome.

7/19

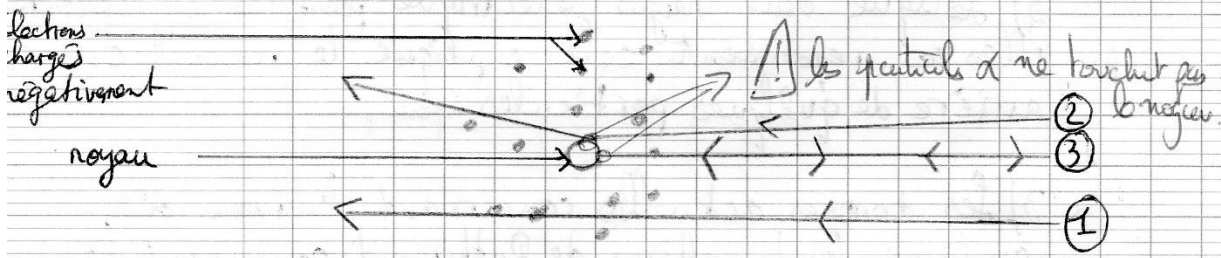
CON : 2,5 BCL 4,5 PO : 1.

Question:

- 1) Si les atomes d'or étaient conformes au modèle de Thomson la grande majorité des particules α ne pourraient pas traverser la feuille d'or sans être déviées car l'atome de Thomson est modélisé comme rempli de matière et donc les particules α ne pourraient pas traverser les atomes d'or sans être déviées.
- 2) La structure proposée par Rutherford permet d'expliquer le résultat de son expérience car dans son modèle, il explique que les atomes sont essentiellement composés de vide donc ils peuvent être traversés.
- 3) Lorsque deux charges électriques positives se rencontrent elles se repoussent cela explique le renvoi en arrière de quelques particules. Pourquoi?
- 4) Les données actuelles concernant l'atome d'or confirment les hypothèses de Rutherford concernant la taille et la masse de son noyau car le noyau d'or concentre l'essentiel de la masse de l'atome d'or malgré qu'il soit 10^5 fois plus petit que l'atome. Calcul ? Justification ?
- 5)
(Voir au verso).

titre ?

- ① Trajectoire la plus fréquente des particules α , elles traversent l'atome d'or.
- ② Les particules α sont déviées par le noyau.
- ③ Les particules α sont renvoyées en arrière à cause de la rencontre du noyau.



Physique:

1. Non car selon la théorie de Thomson l'atome est un bloc où les électrons et les charges négatives sont collés donc si cette théorie était vraie l'atome se serait divisé et leur trajectoire aurait été déviée.
2. Rutherford dit que la structure de l'atome est vide donc que l'atome peut traverser la feuille sans être divisé.
3. Rutherford dit que le noyau est 10^4 à 10^5 fois plus petit que l'atome, l'atome d'or a un rayon de $1,5 \times 10^{-8}$ et le noyau d'or a un rayon de 7×10^{-3} donc 1500 et 0,007 μm .
Il dit aussi que l'atome est constitué essentiellement de vide et ils ont la même masse.
4. Deux charges positives se repoussent. C'est que deux particules positives se sont entrecroisées.

5.

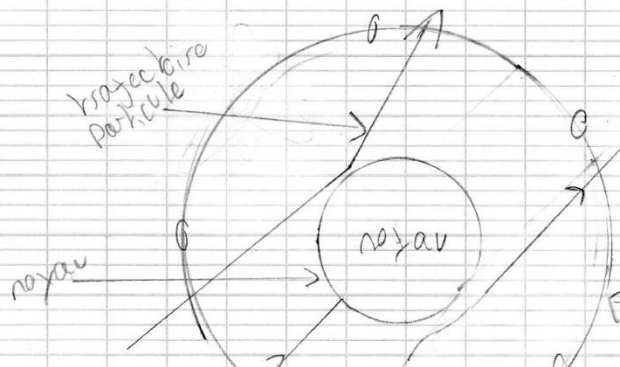


Schéma des trajectoires des particules traversant la feuille d'or.

Annexe 3 : Le Tableau Périodique de Dmitri Mendeleïev – Document élève

Activité : La Classification Périodique des Eléments.

Objectifs :

- Utiliser la démarche de Mendeleïev pour construire le tableau périodique ;
- Découvrir la notion de famille chimique et comprendre que les éléments d'une même famille partagent des propriétés chimiques similaires.

I) La démarche de Mendeleïev.

« En 1860, s'ouvre à Karlsruhe (en Allemagne) le premier Congrès International de Chimie. On ne connaît à l'époque que 63 éléments. Leurs propriétés chimiques et physiques sont assez bien décrites, mais leurs masses molaires atomiques sont encore mal connues, malgré les travaux des chimistes suédois Berzelius et italien Avogadro. La chimie est en pleine expansion mais aussi doit se construire. On commence cependant à se dire que, si l'on classe les éléments chimiques par ordre croissant de masse molaire atomique, on devrait observer une certaine périodicité dans les propriétés chimiques.

En 1867, Dmitri Mendeleïev est professeur de chimie minérale à l'Université de Saint-Petersbourg. Depuis quelques années, il prépare des fiches pour chaque élément où il indique sa masse molaire atomique et les formules des principales combinaisons chimiques auxquelles il participe. En les rangeant par masses molaires atomiques croissantes, il est frappé par une évolution particulière de leurs propriétés, qui se répètent par intervalle fixe et par séquences successives. D'où l'idée de construire un tableau ! »

Vous avez à disposition un jeu de fiches correspondant aux éléments chimiques connus en 1860.

1) A la manière de Mendeleïev, classer les éléments par ordre croissant de masses molaires atomiques.

Mendeleïev a trié les éléments chimiques de la manière suivante :

- Sur une même ligne du tableau, la masse molaire atomique augmente de la gauche vers la droite ;
- Sur une même colonne du tableau, la masse molaire atomique augmente de haut en bas, et les éléments chimiques participent à des combinaisons chimiques très similaires.

2) Réaliser le tableau selon ces critères. Le recopier sur la copie en indiquant dans chaque case le symbole et le numéro atomique de l'élément.

3) Ajouter dans le tableau la configuration électronique de chaque atome sauf pour le brome ($Z = 35$). Que remarquez-vous ?

4) Conclure.

II) Les familles d'éléments chimiques.

Dans le tableau périodique, chaque colonne regroupe un ensemble d'éléments pour former une famille chimique. Ainsi on a les familles suivantes :

- La famille des alcalins : 1^{ère} colonne du tableau périodique sauf l'hydrogène (tous les éléments réagissent violemment avec l'eau en explosant) ;
- La famille des alcalino-terreux : 2^{ème} colonne du tableau (ils réagissent doucement avec l'eau) ;
- La famille des chalcogènes : 16^{ème} colonne du tableau ;
- La famille des halogènes : 17^{ème} colonne du tableau (ils réagissent plus ou moins violemment avec quasiment tout) ;
- La famille des gaz rares : 18^{ème} colonne du tableau (ils ne réagissent quasiment jamais).

Dans la suite de l'activité, on va s'intéresser à la famille des halogènes.

Dans 2 tubes à essais différents, verser du chlorure de potassium ($K^+ + Cl^-$) dans le tube 1 et du bromure de potassium ($K^+ + Br^-$) dans le tube 2.

Dans chaque tube, verser quelques gouttes de nitrate d'argent ($Ag^+ + NO_3^-$).

1) Faire un schéma de l'expérience et noter les observations.

2) Selon, quelles espèces, parmi celles présentes dans le tube avant la réaction, réagissent ?

3) Sachant que vous avez à disposition du nitrate de potassium ($K^+ + NO_3^-$), imaginez une expérience qui pourrait infirmer ou confirmer votre hypothèse.

4) Réaliser cette expérience. En faire un schéma annoté et noter les observations. Est-ce conforme à votre hypothèse ?

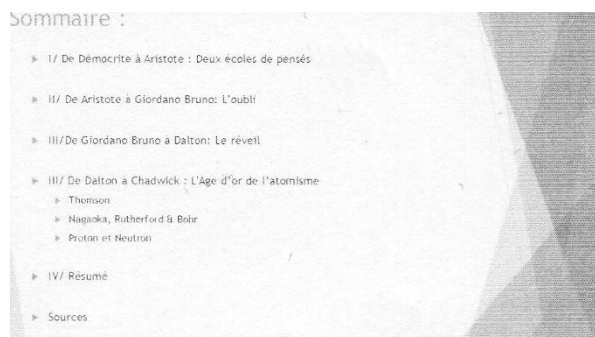
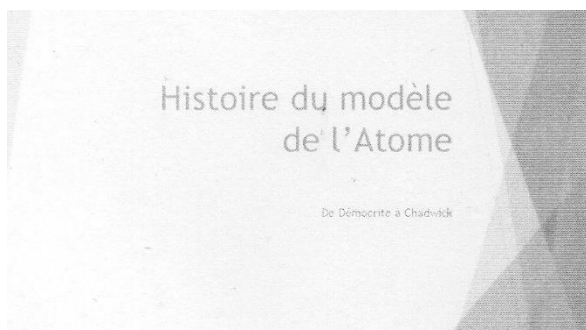
5) Quelles espèces sont alors responsables des deux précipités obtenus ?

6) Conclure quant aux propriétés de Cl^- et de Br^- et donc de Cl et Br .

ALUMINIUM Al Masse molaire : 27,0 g/mol Métal blanc S'oxyde à l'air Réagit avec le dichlore Corps composés : $AlCl_3, Al_2O_3, AlH_3$	AZOTE N Masse molaire : 14,0 g/mol Gaz incolore et inodore Peu soluble dans l'eau Réagit à chaud avec le dioxygène, les métaux et le dihydrogène Corps composés : NH_3, NO_2	BERYLLIUM Be Masse molaire : 9,0 g/mol Métal blanc, brillant et peu dense S'oxyde à l'air avec un phénomène lumineux intense Corps composés : $BeCl_2, BeO$	BORE B Masse molaire : 10,8 g/mol Solide léger et très dur Réagit avec le dichlore S'oxyde à l'air à température élevée Corps composés : B_2O_3, BCl_3, B_2H_6
BROME Br Masse molaire : 79,9 g/mol Liquide rouge Réagit avec le dihydrogène et les métaux Corps composés : $NaBr, HBr$	CARBONE C Masse molaire : 12,0 g/mol Peut se trouver sous les formes : diamant, graphite, graphène, nanotube de carbone, fullerène et charbon Se combine à chaud avec le silicium Corps composés : CH_4, CO_2	CHLORE Cl Masse molaire : 35,5 g/mol Gaz verdâtre peu soluble dans l'eau Réagit violemment avec le dihydrogène Réagit avec les métaux Corps composés : $NaCl, HCl, AlCl_3$	FLUOR F Masse molaire : 19,0 g/mol Gaz jaune peu soluble dans l'eau Réagit (violemment) avec quasiment tous les composés chimiques Corps composés : NaF, HF
HYDROGENE H Masse molaire : 1,0 g/mol Gaz incolore très peu soluble dans l'eau Réagit avec le dichlore, le diazote et le carbone Corps composés : $H_2O, HCl,$	LITHIUM Li Masse molaire : 6,9 g/mol Métal blanc argenté et mou Réagit violemment avec l'eau et le dichlore S'oxyde à l'air Corps composés : $LiH, LiCl, Li_2O$	MAGNESIUM Mg Masse molaire : 24,3 g/mol Métal blanc argenté Brûle dans le dioxygène avec un vif éclat Corps composés : $MgO, MgCl_2$	OXYGENE O Masse molaire : 16 g/mol Gaz incolore et inodore Peu soluble dans l'eau Se combine avec la plupart des corps Corps composés : H_2O, Na_2O, CaO
PHOSPHORE P Masse molaire : 31,0 g/mol Réagit le dioxygène Réagit avec tous les métaux Corps composé : PH_3	SILICIUM Si Masse molaire : 28,1 g/mol Solide gris noirâtre avec des reflets bleutés Se combine à chaud avec le carbone Corps composés : SiH_4, SiO_2	SODIUM Na Masse molaire : 23,0 g/mol Métal blanc mou argenté S'oxyde à l'air Réagit violemment avec l'eau Réagit avec le dichlore Corps composés : $NaCl, Na_2O$	SOUFRE S Masse molaire : 32,0 g/mol Solide jaune isolant Réagit avec le dioxygène, le dichlore, le dibrome et le difluor Réagit avec les métaux Corps composés : SO_2, H_2S

Annexe 4 : Exposé « Evolution du modèle de l'atome depuis l'Antiquité » - Production d'élèves

Introduction + Sommaire

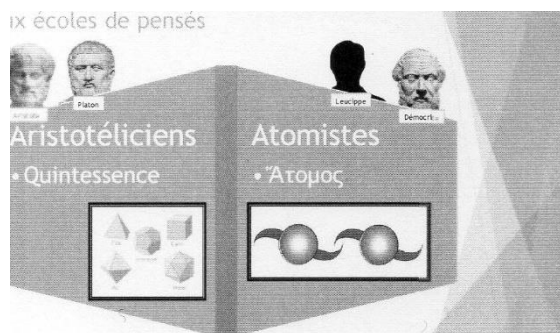


Diapositive 3

Dès l'antiquité deux grandes écoles de pensées se sont affrontés au sujet de la nature de la matière, c'est-à-dire la façon dont elle est composée, avec d'un côté les Aristotéliens c'est-à-dire les supporters de Aristote et de l'autre ...

Les gens intelligents ?

Voilà, Aristote était depuis Platon très attaché à la quintessence, donc cinq essences : eau, air, feu, terre et éther. Pourquoi ? Tout simplement parce que ces cinq solides peuvent entrer dans une sphère, juste pour ça, niveau arguments il n'allait pas loin Aristote.



Et de l'autre côté donc, nous avons Démocrite et Leucippe, Leucippe dont nous savons tellement peu de chose que l'on ne sait même pas si c'est un homme ou une femme donc on va dire Démocrite. Démocrite donc qui a une idée plutôt banale mais qu'il fallait quand même avoir : -Si j'ai un objet, que je le coupe en deux, puis encore en deux, puis encore deux, puis encore deux, puis encore deux il y a un moment où je me trouve devant un morceau que je ne peux plus couper donc insécable. Or insécable se dit en grec *atomos* d'où le nom de l'atome.

Tout de même on peut se dire que Démocrite a dû prendre son courage à deux mains pour dire haut et fort que tout ce qui existait : les chevaux, les vaches, les pierres, les élèves étaient constitués de la même chose, des atomes infiniment petits qui étaient quasiment semblable accroché par des crochets comme l'on voit sur cette image.

Ce qui est étonnant c'est qu'il s'agit de la première théorie faite sans observation et seulement en réfléchissant. Pour la suite, alors que l'on peut se dire que Platon et Aristote vont simplement refuser la thèse,

Platon va en réalité chercher à bruler tout ce qu'a écrit Démocrite... Tout simplement, parce ce qu'il ne voulait pas vraiment de concurrence.

Et ce sera la destruction de la bibliothèque d'Alexandrie qui détruira en partie les écrits de Démocrite et qui disperseront ce qu'il en reste en Asie mineure.

Diapositive 4

S'ouvre alors la magnifique ère que l'on appelle Moyen Age, durant laquelle tous croiront en la Quintessence d'Aristote oubliant les écrits de Démocrite. Durant tout ce temps et bien peu de choses vont se passer, il y aura bien quelques Alchimistes mais ceux-ci s'intéresseront plus à transformer l'or en plomb.

Il n'y aura donc EN EUROPE aucune avancé sur l'Atome durant près de deux milles ans. Et il faudra attendre l'arrivée de Giordano Bruno pour redonner un peu de sa place à l'atomisme en Europe. Qui est Giordano Bruno ? Il s'agit d'un moine, physicien, savant, érudit de première heure qui s'efforcera de contrer les théories d'Aristote malgré l'inquisition notamment dans le domaine de l'astronomie il dira dans son livre *De triplici minimo* (du triple minimum) la citation suivante : « *Dieu est la Monade, source de tous les nombres. L'absolument simple, fondement simple de toute grandeur et substance de toute composition* » Ce qui signifie que selon lui tous les éléments de l'univers sont formée d'un seul élément : « la monade » qui est tout et rien, l'infiniment petit et par la même occasion formant l'infiniment grand. Selon Bruno cette monade était dieu.



Car il faut bien se dire qu'au XVII^{ème} siècle les érudits mettaient toujours la religion et donc Dieu au centre de leurs théories ce qui explique notamment le fait qu'en plus d'être savants ils étaient par la même occasion moines, prêtres, physiciens, docteurs... philosophe. Mais bon, malgré son appartenance au clergé Bruno périra sur le bûche en 1600 après avoir contredit à peu près toutes les théories aristotéliennes et s'être mis toute l'inquisition à dos.

Diapositive 5

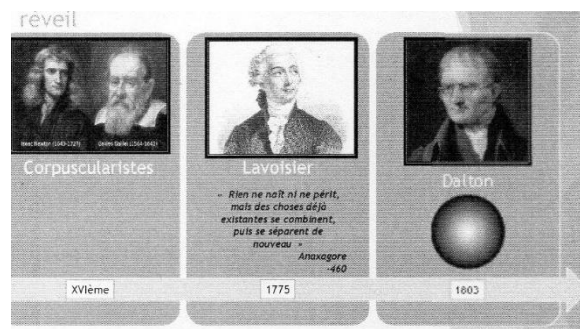
Au XVII^{ème} siècle Galilée et Newton sont des savants dit corpuscularistes ce qui signifie qu'ils croient en la formations des objets par des corps infiniment petit, mais ils ne chercheront jamais à approfondir leurs recherches sur le domaine et préféreront s'intéresser à leurs domaines de prédilection.

En 1624 nous auront cependant une histoire plutôt...

insolite car Antoine de Villon, Etienne de Clave et Jean Bitaud trois atomistes de première heure posteront dans tout Paris des affiches annonçant qu'ils défiaient quiconque de contredire leurs hypothèses contre Aristote. Ce qui fera grand bruit, mais malgré cela nos trois compères se feront littéralement dégager par la Sorbonne qui les traitera d'hérétiques et de blasphémateurs.

Du coup au XVII^{ème} siècles il y aura bien des scientifiques pour réfléchir à l'atome mais il va falloir attendre le XVIII^{ème} siècle pour voir l'atomisme rentrer par la grande porte et ne plus jamais en ressortir.

Car c'est en 1675 qu'Antoine de Lavoisier reprenant une phrase mythique d'Anaxagore « *Rien ne naît ni ne périt, mais des choses déjà existantes se combinent, puis se séparent de nouveau* » dira ce que l'on pourra



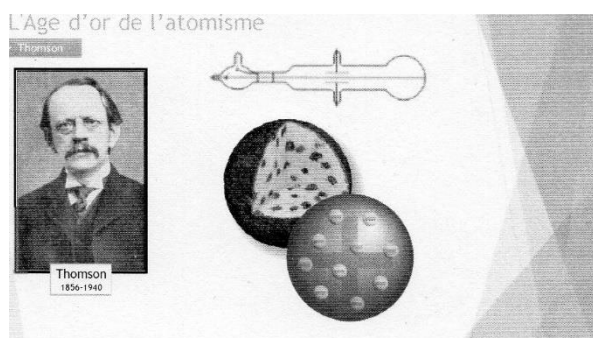
résumer par : « *car rien ne se crée, [...] l'on peut poser en principe que, dans toute opération, il y a une égale quantité de matière avant et après l'opération ; [...] et qu'il n'y a que des changements, des modifications* » Mais pourquoi retient-on plus Lavoisier qu'Anaxagore ? Et bien tout simplement car Anaxagore a simplement émis une hypothèse alors que Lavoisier lui l'a prouvée à force d'opération.

Et c'est à ce moment-là que Dalton arrive et va proposer un nouveau modèle pour l'atome : celui d'une boule de billard, d'un élément qui ne se détruit pas et qui s'assemble avec d'autre pour former des objets. Bon on ne sait pas trop d'où vient cette théorie mais ce que l'on sait c'est qu'elle a permis de résoudre nombre de problèmes comme pourquoi les opérations chimiques se font avec des nombres entiers. Et il va se lancer ensuite dans une mission quasi impossible, mesurer les atomes.

Alors il ne va pas réussir vu que même aujourd'hui on n'y arrive pas mais il va avoir une idée de génie, si on ne peut pas mesurer avec des unités de masse, pourquoi ne pas donner des mesures relatives ? C'est alors qu'il donne à l'hydrogène, le plus petit atome connu, la masse 1 et va avec cela calculer la masse de nombres d'atomes non sans faire quelques erreurs qui seront plus tard corrigées par Amedeo Avogadro.

Diapositive 6

C'est alors qu'entre en jeu Joseph John Thomson, prix Nobel de physique en 1906 pour ses recherches sur la conductivité électrique dans les gaz. Donc Thomson va faire une expérience que vous voyez au tableau en 1897 : il va prendre un rayon cathodique comme pour les téléviseurs cathodiques et va faire passer ce rayon entre deux plaques l'une chargée positivement et l'autre négativement et il va

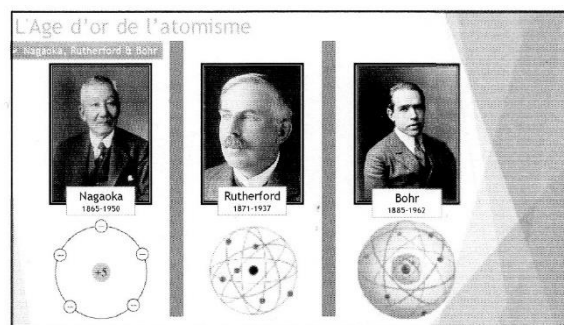


se rendre compte que le rayon change de direction suivant ces plaques cela veut donc dire qu'un rayon cathodique est un rayon électrique fait de pleins de petits grains, mais il ne va pas s'arrêter là et c'est à ce moment que ça nous intéresse après des calculs il va se rendre compte que ce faisceau est 2000 fois plus petit qu'un atome d'hydrogène (qui est l'atome le plus petit connu à cette époque je rappelle) ce qui signifie donc que ce rayon est fait d'une particule 2000 fois plus petite qu'un noyau et qui est chargée négativement, il va donc en déduire qu'il existe un nouveau corps, l'électron.

Mais on le sait l'atome est neutre, il va donc créer un modèle où il va imaginer des électrons baignant dans une soupe positive d'où l'idée de modèle ressemblant à un pudding.

Diapositive 7

Cependant un scientifique japonais Hantaro Nagaoka va complètement rejeter l'hypothèse arguant qu'il est impossible de faire baigner des charges positives avec des charges négatives il va donc concevoir son propre modèle de l'atome prenant comme exemple les anneaux de Saturne, mais il dit qu'il y a une seule condition pour que son modèle soit viable c'est que la totalité de la masse doit se trouver dans le noyau positif.



Ce qui nous amène à Ernest Rutherford un jeune élève talentueux de Thomson qui avec son expérience que nous avons vu en cours en 1911 va démontrer que l'atome est fait à 99% de vide et que toute sa masse se

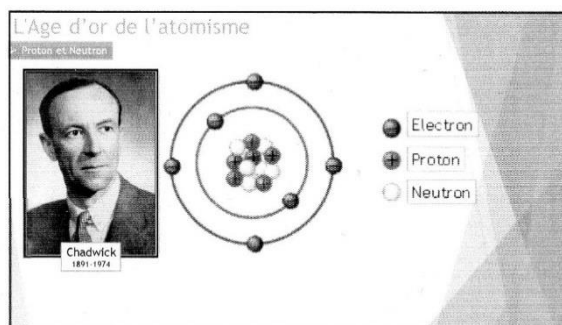
trouve dans un noyau infiniment petit. Ce modèle sera plus tard modifié par Bohr, le père de la mécanique quantique tout de même ce n'est pas rien qui annoncera que les électrons se trouvent sur des orbites fixes.

Mais, en revenant à Rutherford, celui-ci alors qu'il bombardait les atomes de rayons alpha se rendit compte d'une chose, des particules positives s'échappaient de ces atomes, il en déduit d'abord qu'il s'agissait du noyau mais se rendit compte que ces mêmes particules s'échappaient lors d'autres expériences, il en déduit donc qu'il s'agissait d'une composante du noyau : le proton.

Mais là ça coince, car il est normalement impossible de faire tenir plusieurs charges positives ensemble, par exemple si je mets en face deux aimants positifs ils vont se repousser, il y a donc un couac à sa théorie qu'il va contrer en disant que les noyaux des atomes étaient composés de protons positifs et d'électrons collés à d'autres protons formant un ensemble neutre, donc voyez là Rutherford est plutôt coincé sur ce sujet.

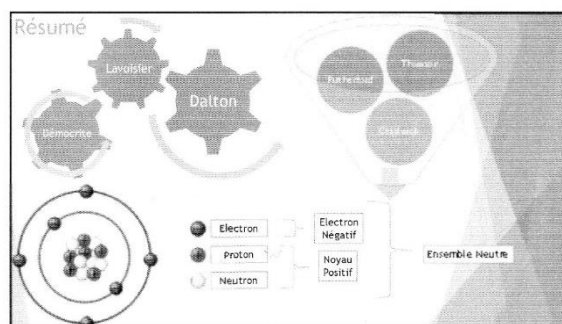
Diapositive 8

Mais ce composant mystère sera découvert en 1932 par James Chadwick qui constatera que le noyau est en fait composé de protons positifs et de neutrons neutres et là c'est bon. Il y aura bien encore des découvertes sur l'atome mais nous n'irons pas plus loin.



Diapositive 9

Pour résumer le modèle de l'atome a énormément évolué nous sommes passé d'une forme infiniment petit théorisé par Démocrite à des particules mesurables pour Lavoisier avant d'arriver dans un véritable Age d'or avec Dalton qui parlera de boule de billard puis de Thomson qui lui avancera l'hypothèse du pudding avant d'atteindre un modèle dit planétaire car l'on peut comparer les électrons à des astres orbitant autour du noyau – étoile. La question du modèle élucidé il faudra attendre Chadwick pour connaître relativement bien la composition du noyau de l'atome. L'évolution est donc passée sur près de 23 siècles avec 2000 ans d'oubli durant le moyen âge où seul quelques érudits se dressèrent face à l'inquisition.



Nous aimerions tout de même ajouter que même si nous ne parlons ici que de quelques scientifiques il ne faut pas oublier que plusieurs centaines de chercheurs ont aussi investi toute leur vie dans la science et ont contribué à faire avancer la science, ne les oublions pas et ne minimisons pas leur rôle.

Merci de nous avoir écouté, avez-vous des questions ?

► **Diapositive 3**

- *De ira Dei* - Lactance
- *l'existence des atomes* – Démocrite
- *Encyclopédie Tout L'Univers* – Hachette

► **Diapositive 4**

- *De triplici minimo* – Giordano Bruno
- Muséum de Toulouse (<http://jbg.irap.omp.eu/>)

► **Diapositive 5**

- *Prenez le temps d'e-penser Volume 1* – Bruce Benamran
- La condamnation des thèses d'Antoine de Villon et Etienne de Clave contre Aristote, Paracelse et les « cabalistes» (1624) - [Didier Kahn](#)

► **Diapositive 6**

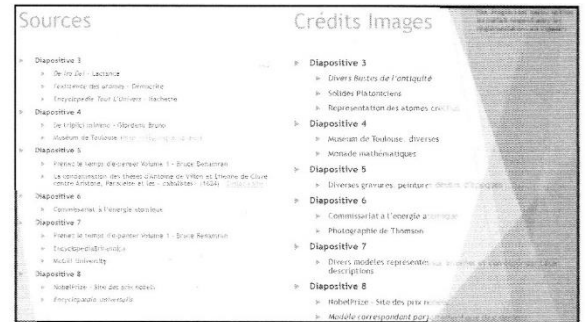
- Commissariat à l'énergie atomique

► **Diapositive 7**

- *Prenez le temps d'e-penser Volume 1* – Bruce Benamran
- Encyclopedia Britannica
- McGill University

► **Diapositive 8**

- Nobel Prize – Site des prix nobels
- *Encyclopædia Universalis*



crédit image

Nos images sont toutes utilisés en parfait respect avec les réglementations en vigueur

Diapositive 3

Divers Bustes de l'antiquité

Solides Platoniciens

Représentation des atomes crochus

Diapositive 4

Muséum de Toulouse, diverses

Monade mathématiques

Diapositive 5

Diverses gravures, peintures dessins d'époques

Diapositive 6

Commissariat à l'énergie atomique

Photographie de Thomson

Diapositive 7

Divers modèles représentés sur internet et correspondant aux descriptions

Diapositive 8

NobelPrize – Site des prix nobels

Modèle correspondant parfaitement aux descriptions

DE L'HISTOIRE DU MEDICAMENT

Voici une activité qui va vous permettre de travailler sur l'histoire du médicament depuis l'Antiquité. En effet, en près de 3 000 ans, l'Homme a toujours cherché à se soigner des maladies. Ainsi, les techniques curatives n'ont cessé d'évoluer.

Vous disposez alors d'un ensemble de 8 documents sous forme de sites Internet, validés par votre professeur.

Document 1a : <http://infos-sante.net/2013/07/24/le-medicament-quelle-histoire-1/>

Document 1b : <http://infos-sante.net/2013/07/30/le-medicament-quelle-histoire-2/>

Document 1c : <http://infos-sante.net/2013/08/04/le-medicament-quelle-histoire-3/>

Document 1d : <http://infos-sante.net/2013/08/09/le-medicament-quelle-histoire-4/>

Document 2 : <http://www.shp-asso.org/index.php?PAGE=m%E9dicament>

Document 3 : <https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9dicament>

Document 4 : http://www.allodocteurs.fr/actualite-sante-histoire-de-la-medecine-la-saga-de-l-aspirine_12269.html

Document 5 : <https://lacoupedhygie.wordpress.com/2014/12/01/quinine1/>

Document 6 : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Digitoxine>

Document 7 : <http://www.maxicours.com/se/fiche/3/1/182131.html>

Document 8 : <http://slsc-sciencesphysiques.com/documents/Didapage/2nd/2C2/Extraction.pdf>

Attention, les documents sont assez longs et il y a énormément d'informations. Il faut alors que vous cherchiez à recouper les données entre les sites efficacement (survoler les documents dans un premier temps, etc.) pour répondre correctement aux questions.

Consignes : Vous rédigerez correctement les questions suivantes sur un document informatique (Word, OpenOffice,...) que vous m'enverrez par mail sur e-lyco au plus tard le MERCREDI 17 FEVRIER 2016. Votre fichier informatique se nommera : Classe_NOM_Prénom. Le travail rendu sera évalué et noté. Tout travail non rendu sera sanctionné par 0/20 !

Questions :

- 1) Après avoir pris connaissance de l'ensemble des documents, proposez une définition des termes « médicament », « princeps », « générique ».
- 2) En vous servant des documents, citez trois grands médecins et expliquez en quoi leurs travaux furent incontournables.
- 3) En quoi l'emploi de la digitaline confirme les travaux de Paracelse ?
- 4) De l'Antiquité au Moyen Âge, comment les apothicaires se fournissaient-ils en médicaments ? Citez au moins deux exemples.
- 5) Quels sont les trois grands types d'extractions d'espèces chimiques ? Pour chaque type, vous proposerez le schéma titré et légendé d'un montage d'une technique d'extraction. (Autrement dit, vous devez avoir en tout trois montages différents, dont chacun correspond à un type d'extraction.)

6) Le XIX^{ème} siècle est l'époque de la révolution industrielle. Quel en fut l'impact sur la chimie du médicament ?

Les molécules naturelles sont celles que l'on a extraites du vivant, à partir des plantes.

7) Comment appelle-t-on désormais les molécules fabriquées en copiant la nature ? Citez quelques exemples avec leur date de première fabrication.

8) Avec toutes les informations dont vous disposez, décrivez l'histoire de l'aspirine (acide acétylsalicylique) et l'évolution du principe actif depuis l'Antiquité.

9) Recherchez la formule brute et la structure (formule développée) des différents principes actifs de l'histoire de l'aspirine.

10) Qu'est-ce qui change dans la structure des molécules ? Recherchez le nom des groupements d'atomes qui évoluent.

Annexe 5b : Travaux des élèves :

Document 1

Analyse documentaire : L'histoire du médicament

1) Un médicament est une substance ou composition possédant des propriétés curatives ou préventives pour guérir ou empêcher certaines maladies humaines ou animales. Un médicament peut être fabriqué par l'homme, par mélange de plusieurs produits mais cela peut aussi être un élément naturel comme un fruit ou une plante... Il exerce une action pharmacologique, immunologique ou métabolique sur celui qui le consomme.

2) Un médicament princeps est un médicament de marque, le premier médicament contenant une certaine molécule ou ayant une certaine action pour combattre une maladie. Pour créer ce produit, des recherches d'études et des essais cliniques ont dû être effectués.

Un médicament générique est une classe de médicaments contenant les mêmes principes actifs et en même quantité qu'un médicament princeps. Leurs propriétés sont identiques, de même que leur présentation, leur mode d'emploi et leur biodisponibilité au sein de l'organisme. Les médicaments génériques peuvent être fabriqués après 10 à 15 ans d'exploitation du princeps par un laboratoire car le brevet devient public.

3) Hippocrate (460-377 avant J.-C.) est un grand médecin grec. Il a fait un énorme travail de description des symptômes et de classement des médicaments. Ce qui a permis une avancée capitale de la médecine. Après ce travail, il était plus facile par les symptômes de trouver le bon médicament pour soulager ou guérir une maladie. donc de sauver plus de vie.

Louis Pasteur, père de la microbiologie, né le 27 décembre 1822 et mort le 28 septembre 1895, est un scientifique français, chimiste et physicien. En 1885 il découvre le vaccin contre la rage. Il est l'un des premiers à créer un vaccin, cela permis dans le reste de l'histoire de sauver de nombreuses vies et d'empêcher les épidémies de rages.

Le chimiste Félix Hoffmann (21 janvier 1868 à Ludwigsburg - 8 février 1946 en Suisse) continue les recherches de nombreux scientifiques et crée l'aspirine. Aujourd'hui, ce médicament est utilisé dans le monde entier, 40000 tonnes sont produites chaque année. Depuis l'usage de l'aspirine s'est élargi notamment dans les maladies cardiovasculaires.

L'emploi de la digitaline confirme les travaux de Paracelse. La digitaline et l'antimoine, produit mis à la mode par Paracelse, bien que dangereux et toxique peuvent avoir des effets thérapeutiques lorsqu'ils sont utilisés convenablement. Par exemple, l'antimoine, interdit et jugé par le parlement de Paris, sauve Louis XIV, alors atteint de scarlatine. La digitaline, elle est toxique, cependant on l'utilise dans le

traitement de diverses affections du cœur comme l'insuffisance cardiaque. Une même substance peut être sévèrement toxique ou parfaitement bénéfique selon la dose administrée.

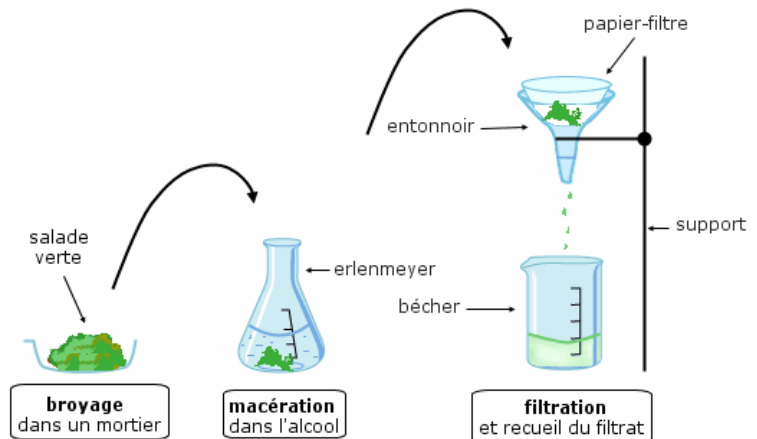
4) Les apothicaires fabriquaient eux-mêmes leurs médicaments. Par exemples :

-Talbot, ancien garçon apothicaire de Cambridge, prépare des remèdes secrets à base de Quinquina dont il parvient à masquer l'amertume avec le citron, le fenouil, le persil...

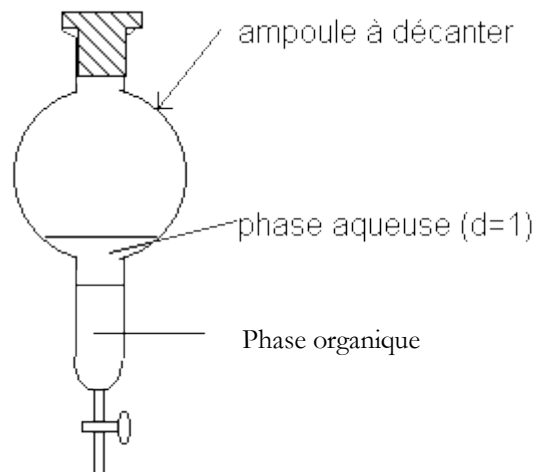
-Parmi les autres produits chimiques d'origine minérale, on peut remarquer que sont lancés ou préparés pour la première fois au XVIIIème siècle : [...] la magnésie que Thomas Henry, apothicaire e Manchester, découvre en 1770.

5) Il y a :

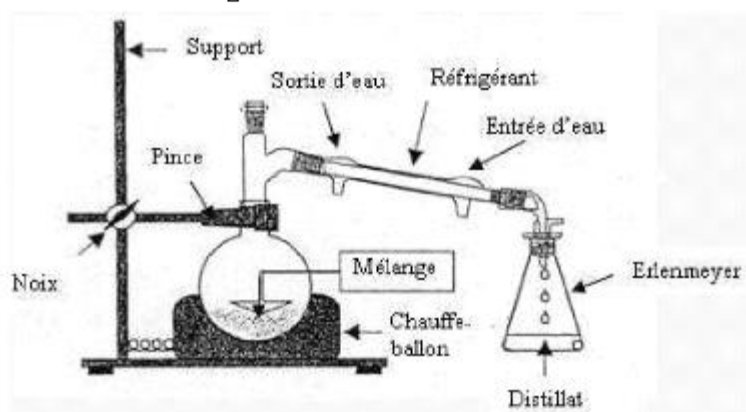
I) EXTRACTION A PARTIR D'UN ELEMENT NATUREL :



II) EXTRACTION PAR SOLVANT :



III) DISTILLATION ET HYDRODISTILLATION :



6) Au XIXe siècle, l'industrialisation est à l'origine d'une avancée considérable dans

le développement des médicaments. Par exemple, les substances actives isolées, purifiées et étalonnées

donnent naissance aux premiers essais sur les animaux pour en décrypter les propriétés pharmacologiques ; l'apparition du microscope permet le passage de l'homme à la cellule ; l'invention de la seringue entraîne le développement de la galénique...

7) On appelle désormais la synthèse d'une molécule lorsqu'on fabrique une molécule en copiant la nature.

Exemple :

en 1903, Fischer et Mering créaient le Véronal ou acide diéthylbarbiturique.

En 1928, découverte de la pénicilline par Fleming.

En 1950, création des antidépresseurs.

8) L'aspirine a près de 4.000 ans d'histoire. Cependant il n'a pas toujours eu la forme de comprimé que nous connaissons aujourd'hui.

Les plus anciennes traces d'utilisation de ce médicament proviennent des papyrus égyptiens, de la Grèce antique et d'Hippocrate. L'aspire provenait de l'écorce de saule. A ces époques, l'aspirine était utilisé en décoction pour lutter contre les douleurs de l'accouchement.

Au moyen Age, toujours provenant de l'écorce de saule, l'aspirine traitait les douleurs et les inflammations. Les malades utilisaient les trous qu'il pouvait y avoir dans l'écorce pour mettre leurs doigts et récupérer le suc qu'ils consommaient ensuite.

Ce médicament fut ensuite mis de cotés pendant de longue année.

En 1753, Edward Stone le réutilisât pour soigner les fièvres.

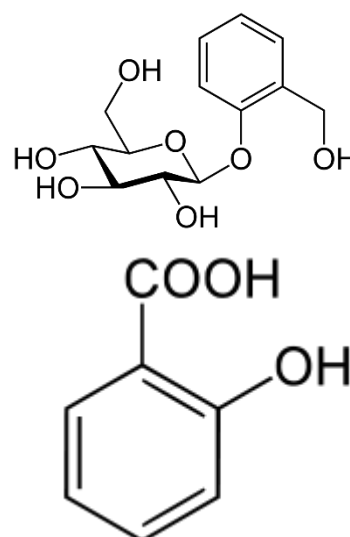
Au XIXe siècle grâce au développement de la chimie et des laboratoires, un Français, Pierre-Joseph Leroux, isole le principe actif de l'écorce de saule : la salicyline. Des scientifiques allemands et italiens, prennent ensuite le relais et développent l'acide salicylique, ancêtre de l'aspirine. Cet acide, sous forme de sel, traite fièvre, douleurs, rhumatismes mais provoque des brûlures d'estomac.

En 1853, Charles-Frédéric Gerhardt fabrique l'acide acétylsalicylique moins corrosif. Trente ans plus tard, le chimiste Félix Hoffmann reprend ses recherches et dépose le brevet de l'aspirine.

L'aspirine est aujourd'hui l'un des médicaments les plus consommé dans le monde. Des recherches, sur ce principe actif continu d'être effectué pour augmenter ces capacités dans le domaine médical.

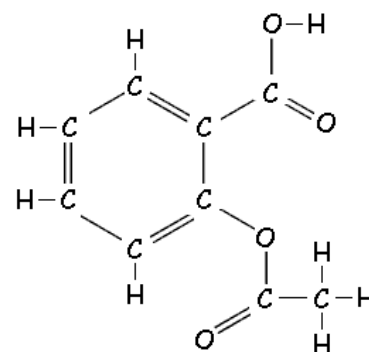
Ainsi ce principe actif, a bien évolué depuis l'antiquité.

9) salicyline : $C_{13}H_{18}O_7$ composé de 13 atomes de carbone , 18 atomes d'hydrogène et de 7 atomes d'oxygène.



Acide salicylique : $C_7H_6O_3$ composé de 7 atomes de carbones, 6 atomes d'hydrogène et trois atomes d'oxygène.

L'acide acétylsalicylique : $C_9H_8O_4$ composé de 9 atomes de carbone, 8 atomes d'hydrogène et 4 atomes d'oxygène. Issu de la réaction chimique entre 2 acides différents : l'acide salicylique et l'acide acétique ($C_2H_4O_2$).



10) Le nombre de chaque atome change dans la structure des molécules.

La molécule d'aspirine contient un noyau aromatique une fonction acide – COOH et une fonction ester – CO – O – R '.

Document 2

L'histoire du médicament

1) Après avoir pris connaissance de l'ensemble des documents, proposez une définition des termes « médicament », « princeps », « générique ».

Un médicament est toute substance ou composition qui possède des propriétés propres à la guérison ou destinées à empêcher des maladies humaines ou animales.

On est aujourd'hui confrontés à deux grandes catégories de médicaments sur le marché : les médicaments génériques et les princeps.

Les médicaments génériques sont une classe de médicaments contenant les mêmes principes actifs et en même quantité qu'un médicament de marque, le médicament princeps. Leurs propriétés sont identiques à celles du princeps, et leur biodisponibilité au sein de l'organisme. Le médicament princeps est le médicament d'origine.

2) En vous servant des documents, citez trois grands médecins et expliquez en quoi leurs travaux furent incontournables.

Hippocrate est considéré comme le père de la médecine rationnelle, issu d'une longue lignée de médecins. Il entreprend un énorme travail de description des symptômes et de classement des médicaments. Il rationalise ce que ses ancêtres ou même ses contemporains utilisaient sans discernement.

En 1796, un médecin anglais, Jenner découvre le principe de la vaccination contre la variole qui est une maladie qui tuait un grand nombre de personnes. Il découvre que la maladie épargne les valets de ferme et fait donc un test sur un enfant de 8 ans ayant la maladie, il guérit.

Grâce à Louis Pasteur, père de la microbiologie les hôpitaux ne sont plus des « champs de bataille » contagieux, il met en places des règles d'hygiène et d'asepsie. Il n'y a désormais plus de morts dû à l'hygiène dans les hôpitaux.

3) En quoi l'emploi de la digitaline confirme les travaux de Paracelse ?

Paracelse était persuadé que presque tous les minéraux, soumis à l'analyse, pouvaient produire des effets guérisseurs et vivifiants, et mener à des combinaisons nouvelles valables dans les maladies mentales ou physiques.

La digitaline est une fleur à la base toxique, mais après avoir réduit la dose de son principe actif, on se rend compte qu'elle est utilisable pour malades souffrant d'insuffisance cardiaque.

4) De l'Antiquité au Moyen Âge, comment les apothicaires se fournissaient-ils en médicaments ? Citez au moins deux exemples.

Les apothicaires se fournissaient en médicaments, grâce aux marchands, les jésuites : par exemple le quinquina et le thé.

5) Quels sont les trois grands types d'extractions d'espèces chimiques ?

Macération, extraction par solvant, distillation et hydrodistillation

**Schéma d'une décantation
liquide/liquide**

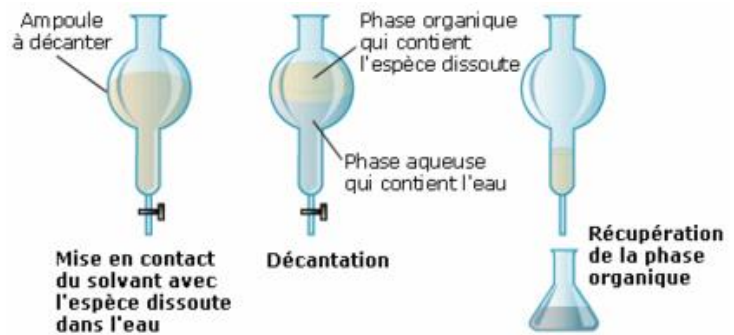


Schéma d'une macération

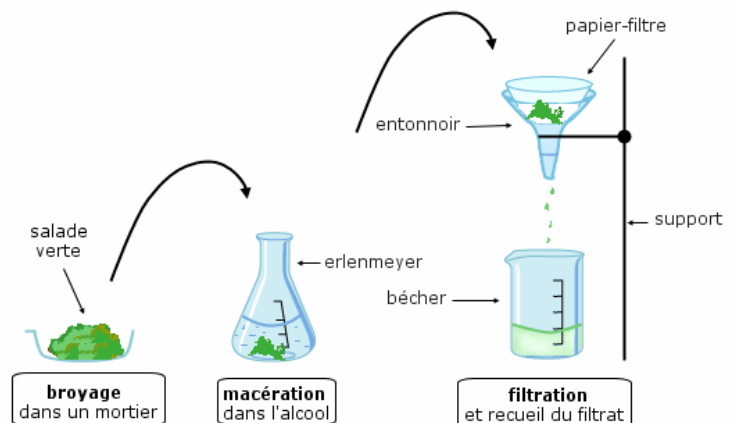
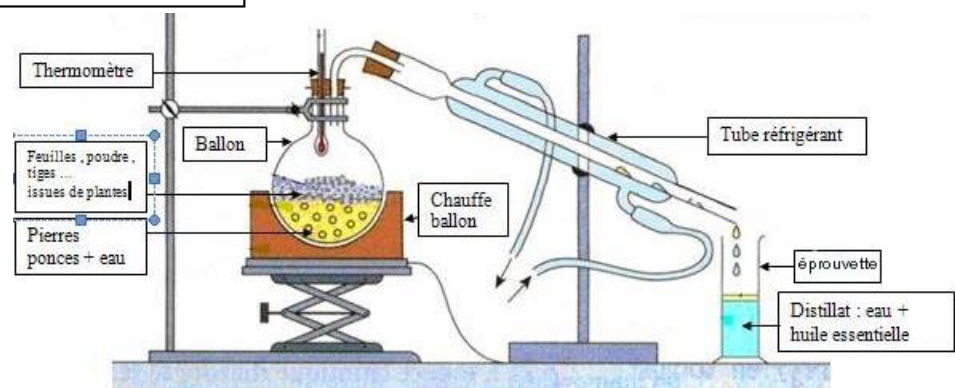


Schéma d'une hydrodistillation



6) Le XIX^{ème} siècle est l'époque de la révolution industrielle. Quel en fut l'impact sur la chimie du médicament ?

Au XIX, la révolution industrielle a un véritable impact sur la chimie du médicament. On a affaire à un bond considérable dans le développement des thérapeutiques : premier essais sur les animaux. De nombreuses apparitions voient le jour comme le microscope, la seringue et le thermomètre.

Les molécules naturelles sont celles que l'on a extraites du vivant, à partir des plantes.

7) Comment appelle-t-on désormais les molécules fabriquées en copiant la nature ? Citez quelques exemples avec leur date de première fabrication.

Les molécules fabriquées en copiant la nature sont appelées les molécules synthétisées par exemple l'aspirine en 1853 et le camphre synthétique en 1893.

8) Avec toutes les informations dont vous disposez, décrivez l'histoire de l'aspirine (acide acétylsalicylique) et l'évolution du principe actif depuis l'Antiquité.

L'aspirine est un médicament de synthèse dont le principal constituant est l'acide acétylsalicylique qui est extrait de l'écorce de saule. Le parcours de l'aspirine commence il y a plusieurs millénaires avec les Sumériens puis les Grecs et Hippocrate qui, entre autre, utilisaient l'extrait d'écorce de saule pour traiter les douleurs de l'enfantement.

L'écorce de saule, durant le Moyen-Age, traitera les douleurs et inflammations avant de tomber dans l'oubli durant quelques siècles. En 1753 un révérend anglais, Edward Stone, d'après sa théorie pense que l'écorce est capable de soigner les fièvres. En effet, il a raison.

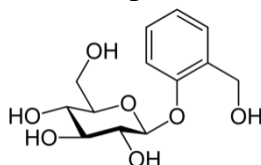
Au XIX^e siècle grâce au développement de la chimie et des laboratoires, Pierre-Joseph Leroux, un français isole le principe actif de l'écorce de saule qui est la salicyline. De leur côté, deux scientifiques allemands et italiens développent l'acide afin de trouver un moyen de se passer de l'écorce de saule. L'Allemand Hermann Kolbe réussit la synthèse de l'acide salicylique à partir du phénol.

L'acide salicylique se montre trop corrosif et provoque des brûlures d'estomac, c'est grâce à Charles-Frédéric Gerhardt qui en 1853 fabriquera l'acide acétylsalicylique moins corrosif.

Un chimiste allemand, trente ans plus tard, Félix Hoffman reprend le protocole de Gerhardt et le simplifie. Il déposera un brevet : l'aspirine est née.

La firme Bayer commercialisa cette molécule, l'aspirine connu un engouement extraordinaire partout dans le monde. Depuis, l'usage de l'aspirine s'est élargi notamment aux maladies cardiovasculaires. Aujourd'hui chaque année, 40.000 tonnes d'aspirine sont produites dans le monde.

9) Recherchez la formule brute et la structure (formule développée) des différents principes actifs de l'histoire de l'aspirine.



Salicyline : $C_{13}H_{18}O_7$

L'acide salicylique : $C_7H_6O_3$

L'acide acétylsalicylique : $C_9H_8O_4$



10) Qu'est-ce qui change dans la structure des molécules ? Recherchez le nom des groupements d'atomes qui évoluent.

Dans la structure des molécules, le nombre d'atomes de carbone, hydrogène et oxygène change afin de varier l'acidité du médicament. Les groupements d'atomes qui évoluent sont appelés ester.

Document 3

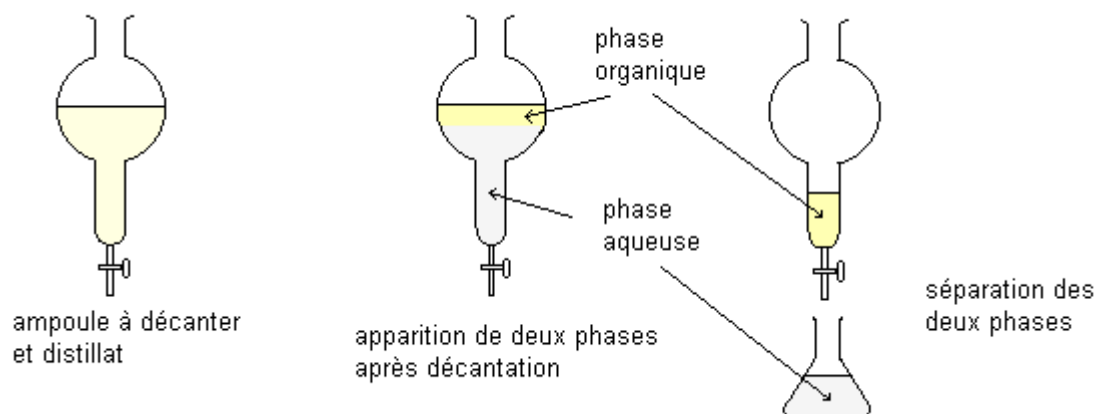
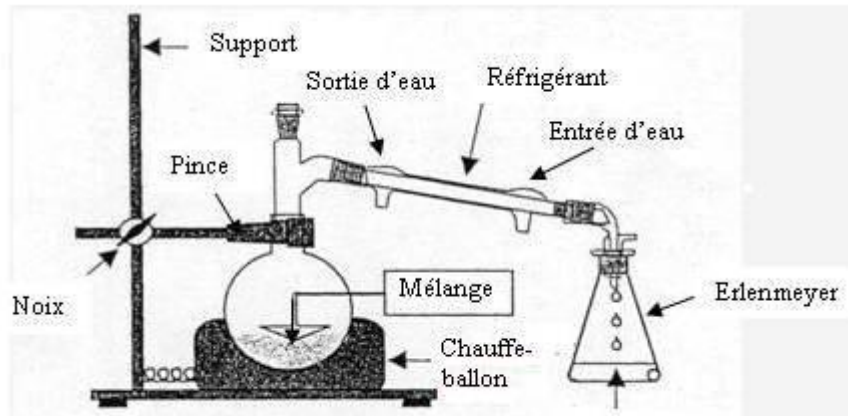
Devoir maison de Physique Chimie

- 1.) Un médicament est une composition présentée comme possédant des propriétés curatives ou préventives à l'égard des maladies humaines ou animales, ainsi que toute substance ou composition pouvant être utilisée chez l'homme ou chez l'animal ou pouvant leur être administrée. Sont notamment considérés comme des médicaments les produits diététiques qui renferment dans leur composition des substances chimiques ou biologiques ne constituant pas elles-mêmes des aliments.
- 2.) Je cite 3 grands médecins :
 - Dioscoride, grand médecin gréco-romain vivant au Ier siècle fut célèbre pour l'utilisation de l'écorce de saule, remède pour les douleurs articulaires, ce qui en fait une œuvre de pharmacologie.
 - Galien, exerçant la médecine à Rome, il serait l'auteur de 400 à 640 ouvrages. Ceux-ci traitent tous les domaines médicaux et recensent de nombreux remèdes dont 473 végétaux. On peut le considérer sans conteste comme l'un des fondateurs de la pharmacie.
 - Hippocrate, grand médecin vivant au IVe siècle av JC fut reconnu comme le premier à instaurer le diagnostic et l'interrogatoire, la philosophie hippocratique est copiée par le médecin d'aujourd'hui.
- 3.) Né en 1493, Theophraste Bombast von Hohenheim, dit Paraceste, fut le précurseur de l'homéopathie et c'est lui qui instaura la dose suffisante mortelle du poison de la digitaline.
- 4.) Toutes ces plantes qui sont de véritables remèdes contre la maladie sont importés de pays des 4 coins du monde, comme l'Arménie, le Paraguay ou encore la Chine. Un apothicaire de Cambridge nommé Talbot préparait des remèdes à base de Quinquina, écorce cultivée au Paraguay par les Jésuites. Plus tard le roi Louis XIV reçut cette formule. Donc les apothicaires se fournissaient les médicaments par

l'importation de plantes des pays du monde entier et par l'intermédiaire de boutiques qui en vendaient.

5.) Il y a 3 types d'extraction :

l'extraction à partir d'un élément naturel, à partir d'un solvant, et la distillation.



6.) Le XIX^e siècle voit l'apparition de la Révolution industrielle, ce qui va



fortement sur la chimie et la médecine, comme par exemple l'invention du microscope qui permet le passage de l'homme à la cellule. Les substances telles que la morphine apparaissent pour lutter contre la douleur. Toutes ces nouveautés vont contribuer grandement à l'évolution de la médecine.

7.) Les molécules fabriquées en copiant la nature sont appelées molécules de synthèse ou molécules synthétiques. Contrairement aux molécules naturelles, issues de règnes biologiques (végétal et animal), les molécules synthétiques sont souvent des composés organiques synthétisés à partir de combustibles fossiles comme le caoutchouc. D'autres fibres synthétiques sont apparues au cours du XX^e siècle, comme le nylon en 1938 ou encore la fibre polyester arrive en France en 1954.

- 8.) L'acide acétylsalicylique ou acide spirique, plus connu sous le nom d'Aspirine, est le principe actif de nombreux médicaments aux propriétés anti-inflammatoires par exemple. L'écorce de saule est connue au moins depuis l'Antiquité pour ses vertus curatives. Le médecin grec Hippocrate conseillait déjà une préparation à partir de l'écorce du saule blanc pour soulager les douleurs et les fièvres. Les Romains connaissaient aussi ses propriétés. En 1829, Pierre-Joseph Leroux, un pharmacien français, tente, après avoir fait bouillir de la poudre d'écorce de saule blanc dans de l'eau, de concentrer sa préparation ; il en résulte des cristaux solubles qu'il nomme salicyline, puis des scientifiques allemands purifient cette substance active, appelée d'abord *salicyline*, puis *acide salicylique*. Un grand nombre de données expérimentales ont conclu que le fait d'ingérer de petites doses d'Aspirine pouvait diminuer le risque de cancers. Il est, aujourd'hui, l'un des médicaments les plus utilisés au monde.
- 9.) Pierre-Joseph Leroux, isole le principe actif de l'écorce de saule : la **salicyline**. Puis des scientifiques allemands et italiens développent l'**acide salicylique**, future aspirine. Les méthodes sont complexes et il faut encore trouver un moyen de se passer de l'écorce de saule : *"on va mimer ce que fait la nature pour arriver à fabriquer une molécule comparable"*, explique Olivier Lafont, *et cela a été l'œuvre de Kolbe qui a trouvé une méthode permettant en faisant réagir le phénol avec le gaz carbonique, d'obtenir de l'acide salicylique*". L'usage de l'acide salicylique se répand sous forme de sel pour traiter fièvre, douleurs, rhumatismes mais il provoque des brûlures d'estomac. En 1853, Charles-Frédéric Gerhardt fabrique l'**acide acétylsalicylique** moins corrosif. Trente ans plus tard, l'histoire s'accélère. Chez Bayer, un laboratoire allemand, le chimiste Félix Hoffmann reprend ses recherches et dépose un brevet : l'aspirine est née. Bayer développe sa production en France, aux Etats-Unis et partout les ventes explosent. Au cours du XXe siècle, le précieux médicament entre dans les pharmacies de tous les ménages, et ce dans le monde entier.
- 10.) Ce qui change dans la structure des molécules sont le nombre et les schémas des molécules.

Annexe 6a : Questionnaire adressé aux élèves de seconde

QUESTIONNAIRE

Ce questionnaire à l'intention des élèves est anonyme. Entourez la réponse.

1) Avant cette année scolaire, avez-vous déjà travaillé sur des activités en relation avec l'histoire des sciences ?

OUI NON

2) Les activités proposées cette année en rapport avec l'histoire des sciences vous ont-elles appris quelque chose ?

OUI NON

3) Ces activités vous ont-elles été utiles ?

OUI NON

Pourquoi ?.....

4) Avez-vous apprécié travailler sur ce type d'activités ?

OUI NON

Pourquoi ?.....

5) A l'avenir, voudriez-vous que ces activités soient :

- Davantage travaillées ?

- Moins travaillées ?

- Pas du tout travaillées ?

Pourquoi ?.....

6) Comment préférez-vous travailler l'histoire des sciences ?

- exposé- activités documentaires- exercices - activités expérimentales

Pourquoi ?.....

7) Où préférez-vous travailler sur l'histoire des sciences ?

- Au lycée - A la maison - Les deux - Nulle part

Pourquoi ?.....

Annexe 6b : Analyse statistique du questionnaire

ANALYSE STATISTIQUE DU QUESTIONNAIRE

	1 ^{ère} classe		2 ^{ème} classe		Total	
	Pop.	%	Pop.	%	Pop.	%
	35		32		67	
1) Avant cette année scolaire, avez-vous déjà travaillé des activités sur l'histoire des sciences ?						
<u>OUI</u>	<u>24</u>	<u>68,6%</u>	<u>24</u>	<u>75,0%</u>	<u>48</u>	<u>71,6%</u>
<u>NON</u>	<u>11</u>	<u>31,4%</u>	<u>8</u>	<u>25,0%</u>	<u>19</u>	<u>28,4%</u>

2) Les activités proposées cette année vous ont-elles appris quelque chose ?						
<u>OUI</u>	<u>33</u>	<u>94,3%</u>	<u>30</u>	<u>93,8%</u>	<u>63</u>	<u>94,0%</u>
<u>NON</u>	<u>2</u>	<u>5,7%</u>	<u>2</u>	<u>6,3%</u>	<u>4</u>	<u>6,0%</u>
3) Ont-elles été utiles ?						
<u>OUI</u>	<u>26</u>	<u>74,3%</u>	<u>25</u>	<u>78,1%</u>	<u>51</u>	<u>76,1%</u>
<i>Apprentissage ou connaissances approfondies</i>	<i>5</i>	<i>19,2%</i>	<i>10</i>	<i>40,0%</i>	<i>15</i>	<i>29,4%</i>

Meilleure compréhension	0	0,0%	5	20,0%	5	9,8%
Rapprochement (quotidien, histoire,...)	3	11,5%	0	0,0%	3	5,9%
Utile pour l'avenir	1	3,8%	0	0,0%	1	2,0%
Culture (générale, en S)	10	38,5%	4	16,0%	14	27,5%
Utile pour les contrôles	0	0,0%	1	4,0%	1	2,0%
NON	9	25,7%	7	21,9%	16	23,9%
Pas besoin	1	11,1%	1	14,3%	2	12,5%
Aucune utilité pour l'avenir/quotidien	3	33,3%	2	28,6%	5	31,3%
Sans justification	12		9		21	
4) Avez-vous apprécié ce type d'activités ?						
OUI	32	91,4%	25	78,1%	57	85,1%
Manipuler	1	3,1%	1	4,0%	2	3,5%
Apprentissage, compréhension, connaissance en physique-chimie	6	18,8%	3	12,0%	9	15,8%
Culture	0	0,0%	2	8,0%	2	3,5%
Intéressant/Original	9	28,1%	9	36,0%	18	31,6%
Liaison science/histoire	1	3,1%	2	8,0%	3	5,3%
NON	1	2,9%	6	18,8%	7	10,4%
N'aime pas les sciences	0	0,0%	1	16,7%	1	14,3%
Ennuyant	0	0,0%	1	16,7%	1	14,3%
Long à réaliser	1	100,0%	1	16,7%	2	28,6%
Ca dépend	2	5,7%	1	3,1%	3	4,5%
Sans justification	16		11		27	
5) Plus tard, il faudrait qu'elles soient :						
Plus travaillées	11	31,4%	13	40,6%	24	35,8%
Apprentissage plus constructif/plus de connaissances	3	27,3%	7	53,8%	10	41,7%
Intéressant	3	27,3%	2	15,4%	5	20,8%
Plus de plaisir à apprendre	2	18,2%	0	0,0%	2	8,3%
Moins ennuyant (que d'écouter le prof)	1	9,1%	0	0,0%	1	4,2%
Moins travaillées	11	31,4%	6	18,8%	17	25,4%
Trop long	2	18,2%	1	16,7%	3	17,6%
Pas assez d'expériences	0	0,0%	2	33,3%	2	11,8%
La paresse de le faire	1	9,1%	0	0,0%	1	5,9%
Trop de temps sur une notion	1	9,1%	0	0,0%	1	5,9%
Pas travaillées	0	0,0%	1	3,1%	1	1,5%
N'aime pas les sciences	0		1	100,0%	1	100,0%
Ne rien changer	7	20,0%	6	18,8%	13	19,4%
Bien expliquée	1	14,3%	0	0,0%	1	7,7%
Pas d'avis/ne sait pas	6	17,1%	6	18,8%	12	17,9%
Sans justification	15		19		34	
6) Comment préférez-vous travailler l'histoire des sciences ?						
Exposé	6	17,1%	10	31,3%	16	23,9%
Développer son savoir, compréhension, compétences informatiques	1	16,7%	4	40,0%	5	31,3%
Intéressant	1	16,7%	1	10,0%	2	12,5%
Travaux de groupe/oral	0	0,0%	3	30,0%	3	18,8%
Plus "cool"/différent	2	33,3%	0	0,0%	2	12,5%
Plus d'investissement	1	16,7%	1	10,0%	2	12,5%
Activités documentaires	8	22,9%	7	21,9%	15	22,4%
Support préféré	1	12,5%	1	14,3%	2	13,3%
Plus ludique	0	0,0%	1	14,3%	1	6,7%

<i>Entraînement</i>	0	0,0%	1	14,3%	1	6,7%
<i>Travaux de recherches</i>	1	12,5%	0	0,0%	1	6,7%
<u>Exercices</u>	<u>4</u>	<u>11,4%</u>	<u>3</u>	<u>9,4%</u>	<u>7</u>	<u>10,4%</u>
<i>Entraînement</i>	0	0,0%	1	33,3%	1	14,3%
<i>Plus facile</i>	0	0,0%	1	33,3%	1	14,3%
<i>Rapide</i>	1	25,0%	0	0,0%	1	14,3%
<u>Activités expérimentales</u>	<u>25</u>	<u>71,4%</u>	<u>18</u>	<u>56,3%</u>	<u>43</u>	<u>64,2%</u>
<i>Développer son savoir</i>	1	4,0%	0	0,0%	1	2,3%
<i>Plus ludique/intéressant</i>	4	16,0%	9	50,0%	13	30,2%
<i>Pour savoir comment faire</i>	1	4,0%	0	0,0%	1	2,3%
<i>Support préféré</i>	1	4,0%	0	0,0%	1	2,3%
<i>Meilleur investissement</i>	1	4,0%	1	5,6%	2	4,7%
<i>Manipulation</i>	6	24,0%	4	22,2%	10	23,3%
<i>Aide/facile (à mémoriser, à comprendre, ...)</i>	4	16,0%	2	11,1%	6	14,0%
<i>Sans justification</i>	13		9		22	
<u>Pas de préférence</u>	<u>1</u>	<u>2,9%</u>	<u>1</u>	<u>3,1%</u>	<u>2</u>	<u>3,0%</u>
7) Où préférez-vous la travailler ?						
<u>Lycée</u>	<u>28</u>	<u>80,0%</u>	<u>24</u>	<u>75,0%</u>	<u>52</u>	<u>77,6%</u>
<i>Moins de travail à la maison</i>	6	21,4%	2	8,3%	8	15,4%
<i>Meilleure compréhension</i>	0	0,0%	1	4,2%	1	1,9%
<i>Pour le laboratoire</i>	1	3,6%	0	0,0%	1	1,9%
<i>Plus éducatif/motivant</i>	3	10,7%	3	12,5%	6	11,5%
<i>N'aime pas travailler en dehors</i>	1	3,6%	1	4,2%	2	3,8%
<i>Travail à plusieurs (échanges,...)</i>	2	7,1%	3	12,5%	5	9,6%
<i>Trop de distraction chez soi</i>	0	0,0%	3	12,5%	3	5,8%
<i>Le professeur peut aider</i>	3	10,7%	4	16,7%	7	13,5%
<u>Maison</u>	<u>2</u>	<u>5,7%</u>	<u>2</u>	<u>6,3%</u>	<u>4</u>	<u>6,0%</u>
<i>Condition (calme, temps,...)</i>	0	0,0%	1	50,0%	1	25,0%
<i>Plus d'investissement</i>	0	0,0%	1	50,0%	1	25,0%
<i>Tous les moyens/outils à la maison</i>	1	50,0%	0	0,0%	1	25,0%
<u>Les deux</u>	<u>5</u>	<u>14,3%</u>	<u>4</u>	<u>12,5%</u>	<u>9</u>	<u>13,4%</u>
<i>Meilleure culture générale</i>	1	20,0%	0	0,0%	1	11,1%
<i>Travail avec des amis</i>	0	0,0%	1	25,0%	1	11,1%
<i>Travaux individuel et de groupe</i>	1	20,0%	0	0,0%	1	11,1%
<u>Nulle part</u>	<u>0</u>	<u>0,0%</u>	<u>1</u>	<u>3,1%</u>	<u>1</u>	<u>1,5%</u>
<u>Sans réponse</u>	<u>0</u>	<u>0,0%</u>	<u>1</u>	<u>3,1%</u>	<u>1</u>	<u>1,5%</u>
<i>Sans justification</i>	16		10		26	

<u>MASTER 2 METIERS DE L'ENSEIGNEMENT, DE L'EDUCATION ET DE LA FORMATION (MEEF) EN SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES</u>	
AUTEUR : Rodolph JARDIN	DATE DE SOUTENANCE :
	LIEU DE STAGE : Lycée Les Bourdonnières, 44200 NANTES
DIRECTRICE DE MEMOIRE : Mme Armelle MANCEAU, formateur ESPE	TUTEUR TERRAIN : M. Arnaud DAMERVAL, enseignant de physique-chimie.
TITRE : L'histoire des sciences, quels liens avec la pédagogie ?	
MOTS-CLES : Histoire des sciences, pédagogie, didactique, élèves, (relation au-, sens du-) savoir, compétences, activités (expérimentales, documentaires), épistémologie.	
RESUME : Ce mémoire de recherche a pour sujet l'histoire des sciences et ses applications didactiques et pédagogiques dans le programme de seconde. L'objectif est de comprendre en quoi l'histoire des sciences prend toute son importance en classe de seconde, dans le programme de physique-chimie. Ainsi, je vais chercher à déterminer comment cette discipline s'articule autour de la pédagogie et de la didactique pour permettre aux élèves de faire face à un savoir qu'ils peuvent appréhender. De ce fait, je propose plusieurs axes de travail. Dans un premier temps, je compte partir des définitions chacune des trois disciplines citées plus haut, afin d'en faire sortir des liens théoriques. Puis, après un rapide descriptif du cadre de travail, je présenterai le recueil de données que j'ai accumulées pour, enfin, l'analyser. Cela me permettra de tenter de répondre à la problématique que je me suis posé : en quoi l'histoire des sciences permet-elle une meilleure approche didactique et pédagogique du programme de seconde par les élèves ?	
KEYWORDS : History of sciences, pedagogy, didactic, pupils, (relationship to-, meaning of-) learning, abilities, activities (experimental, documentary), epistemology.	
ABSTRACT : This research paper deals with the history of sciences and its didactic and pedagogical applications in the syllabus of the eleventh year. The goal is to understand in what the history of sciences takes all its importance in this grade, in the physics' and chemistry's syllabus. Therefore, I am going to seek to determine how this discipline can articulate around pedagogy and didactic, to allow the pupils to face up a learning they can apprehend. Thereby, I suggest several areas of work. First, I intend to start with the definitions of the three disciplines quoted higher, to make it out of theoretical links. Then, after a quick description of the framework, I will present the data collection to finally analyse it. That will allow me to try to answer the question I have come up to myself : In what does the history of sciences allow a better didactic and pedagogic approach of the syllabus of the eleventh year par the pupils ?	