



HAL
open science

L'utilisation de l'épistémologie et de l'histoire des sciences et techniques dans le secondaire

Gabriel Harouy

► **To cite this version:**

Gabriel Harouy. L'utilisation de l'épistémologie et de l'histoire des sciences et techniques dans le secondaire. Education. 2017. dumas-01647552

HAL Id: dumas-01647552

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01647552>

Submitted on 5 Apr 2018

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

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



Académie de Nantes

Université de Nantes
École Supérieure du Professorat et de l'Éducation
de l'Université de Nantes

Université de Nantes

Site de Nantes

L'utilisation de l'Épistémologie et de l'Histoire des Sciences et Techniques dans le Secondaire

Gabriel HAROUY

(En collaboration avec Nicolas COCHEREL)

Sous la direction de

Armelle MANCEAU

Master Métiers de l'Enseignement et de l'Éducation et de la Formation
Mention Enseignement Second Degré – Physique-Chimie
Année universitaire 2016-2017

Mémoire de Master MEEF-PC Nantes (2016-2017)

**L'utilisation de l'Épistémologie et de l'Histoire
des Sciences et Techniques dans le Secondaire**

Gabriel HAROUY

(En collaboration avec Nicolas COCHEREL)

Sous la direction de
Armelle MANCEAU

Il y a trois raisons de faire de l'histoire des sciences qui sont historique, scientifique et philosophique.

La raison historique est intrinsèque à la science, et réside dans la pratique des commémorations, dans le fait des rivalités en recherche de paternité intellectuelle, dans les querelles de priorité.

La raison scientifique vient du fait que celui qui parvient à un résultat théorique ou expérimental jusqu'alors inconcevable, déconcertant pour ses pairs contemporains, ne rencontre aucun succès, faute de communication possible, dans la cité scientifique ; et parce que, savant, il doit croire en l'objectivité de sa découverte, il recherche si d'aventure ce qu'il pense n'aurait pas été déjà pensé.

La raison philosophique tient à ceci que sans référence à l'épistémologie une théorie de la connaissance serait une méditation sur le vide et que sans relation à l'histoire des sciences une épistémologie serait un doublet parfaitement superflu de la science dont elle prétendrait discourir.

Georges CANGUILHEM – *Étude d'histoire et de philosophie des sciences*

Remerciements

Je tiens à commencer par remercier Nicolas pour son aide et sa collaboration dans la rédaction de ce mémoire concernant aussi bien la forme que, et c'est bien le plus important, sur le fond, que ce soit pour l'analyse d'articles, la créations d'activités traitant d'histoire des sciences comme les retours sur leur mise en place en séance et les résultats de ces travaux. Nos discussions très constructives et intéressantes ont été d'une grande aide aussi bien pour la conception de cet écrit comme dans le déroulement d'une manière générale de cette année de stage.

Un grand merci également à l'ensemble de mes camarades de promotions des années de M1 et M2 du CAPES 2016 de Physique-Chimie de Nantes pour les échanges et moments sympathiques passés ensemble, ainsi que les membres de la formation à l'ESPE pour leurs conseils. A ceux-ci je joins toutes les personnes qui ont contribué au bon déroulement de cette année de stage, et en particulier mon tuteur Raphaël Vercasson, ce qui m'a permis d'aborder de la meilleure des façons les cours que j'ai donné, tout ceci ayant contribué indirectement à ce mémoire au travers des conseils et de la mise en confiance nécessaires pour m'aider à mettre en place notamment des séances proposées concernant le thème de ce mémoire.

Table des matières

1. Introduction générale.....	6
1.1 Présentation de la thématique.....	6
1.2 Choix du thème.....	6
1.3 Construction du sujet de recherche.....	7
2. Cadre théorique.....	10
2.1 Les instructions officielles.....	10
2.1.1 Le contenu des instructions officielles.....	10
2.1.2 Travaux en lien direct avec les instructions officielles.....	10
2.2 Analyse d'articles de recherche en sciences de l'éducation.....	12
2.2.1 Introduction de cette partie.....	12
2.2.2 Évolution de l'intégration de la HST dans les programmes du Secondaire.....	12
2.2.3 L'HST et les sciences de l'éducation.....	14
2.2.4 La formation des enseignants en HST.....	17
2.2.5 Lien entre théorie et pratique : exemple des microworlds et historique des théories du mouvement.....	19
3. Présentation d'activités proposées à des classes de Seconde.....	21
3.1 Activité sur les conceptions des lois du mouvement.....	21
3.2 Activité sur des modèles historiques de l'atome.....	23
3.3 Activité sur l'histoire de l'aspirine.....	23
3.4 Activité présentant la méthode de Mendeleïev pour la classification des éléments.....	25
3.5 Activité sur l'étymologie des noms d'éléments.....	26
3.5.1 Activité menée par Gabriel.....	26
3.5.2 Activité menée par Nicolas.....	27
3.6 Historique sur les expériences sur la radioactivité de Becquerel.....	27
4. Analyse du déroulement des séances et des productions d'élèves.....	29
4.1 Analyse de l'activité sur les modèles historiques de l'atome.....	29
4.1.1 Modalités et déroulement de l'activité.....	29
4.1.2 Objectifs de l'activité et production d'élèves au cours de la séance.....	30
4.1.3 Analyse des réponses à une question en lien posée lors du DS suivant.....	31
4.2 Analyse de l'activité sur l'histoire de l'aspirine.....	32
4.2.1 Changements par rapport à l'activité proposée par Nicolas et détail des questions.....	32
4.2.2 Déroulement de l'activité et analyse des productions d'élèves.....	33
4.3 Analyse de l'activité présentant la méthode de classification des éléments de Mendeleïev ..	35
4.3.1 L'intérêt d'étudier la classification de Mendeleïev d'un point de vue historique.....	35
4.3.2 Déroulement de l'activité.....	36
4.3.3 Analyse des réponses des élèves à la question en lien avec l'activité lors du DS suivant.....	38
4.4 Analyse de l'activité sur les expériences de Becquerel.....	39
5. Conclusion.....	42
6. Annexe A – Énoncé de l'activité sur les conceptions des lois du mouvement...44	

7. Annexe B1 – Exemple de texte proposé pour l'activité sur les modèles historiques de l'atome : le modèle de Bohr.....	46
8. Annexe B2 – Travaux d'élèves sur l'atomisme indien.....	47
9. Annexe C – Énoncé de l'activité sur l'histoire de l'aspirine.....	48
10. Annexe D1 – Énoncé de l'activité sur la démarche de Mendeleïev pour la classification périodique des éléments.....	49
11. Annexe D2 – Image projetée dans le cadre de l'activité présentant la méthode de classification de Mendeleïev.....	50
12. Annexe E – Énoncé de l'activité sur les expériences sur la radioactivité de Becquerel.....	51
13. Bibliographie.....	52

Liste des sigles

- AP : Accompagnement Personnalisé
- B.O. : Bulletin Officiel
- CNRTL : Centre National des Ressources Textuelles et Lexicales
- EDE : Enseignement de Découverte et d'Exploration
- EHST : Épistémologie et Histoire des Sciences et Techniques
- ESPE : Écoles Supérieures du Professorat et de l'Éducation
- HST : Histoire des Sciences et Techniques
- IO : Instructions Officielles
- IUFM : Institut Universitaire de Formation des Maîtres
- MPS : Méthodes et Pratiques Scientifiques
- SL : Science de Laboratoire
- TP : Travaux Pratiques
- TPE : Travail Personnel Encadré
- SVT : Sciences de la Vie et de la Terre

1. Introduction générale

1.1 Présentation de la thématique

Notre thématique porte sur l'intérêt d'utiliser l'Épistémologie¹ et l'Histoire des Sciences et Techniques² (EHST) dans des séances du Secondaire en cours de Physique-Chimie, avec notamment un questionnement sur les modalités à prendre en compte pour construire des activités en incluant. Nous nous appuyons pour ceci sur un corpus qui se compose de différentes sources, qui seront présentées et utilisées dans cet ordre :

- Ressources et textes officiels disponibles sur les sites académiques et ministériels
- Articles de recherche sur les liens entre didactique et HST
- Description des activités proposées en cours

L'analyse des articles nous permettra alors d'expliquer en quoi ils nous aident de construire nos activités, voir les erreurs ou choses à modifier à partir des activités disponibles notamment sur *Eduscol* pour mieux construire nos propres activités, ainsi que de trouver des pistes sur l'intérêt à l'utilisation de l'HST.

1.2 Choix du thème

Le thème choisi pour ce sujet de mémoire de recherche de Master 2 concerne l'utilisation de l'Épistémologie et l'Histoire des Sciences et Techniques pour l'introduction et l'apprentissage de nouveaux concepts en cours dans le Secondaire. Ce choix est motivé par l'intérêt que nous portons à la fois aux sciences de l'éducation et à l'EHST que nous avons étudié au cours de nos années antérieures. De plus, ce thème riche est souvent trop peu exploité par les professeurs de matières scientifiques dans le Secondaire, malgré l'apport dont il peut faire preuve ainsi que l'inscription dans les textes officiels de la nécessité de traiter d'HST pour permettre aux élèves de mieux comprendre les modalités des sciences qu'ils étudient et de donner davantage de sens aux apprentissages.

Pour travailler ce thème, il sera nécessaire de définir l'histoire des sciences dans le cadre des sciences de l'éducation et de l'enseignement dans le secondaire. Il est également nécessaire de chercher pourquoi il peut être intéressant de travailler l'HST et en quoi elle peut faire avancer les élèves. Les différentes idées que nous avons relevé sont alors les suivantes :

- A – Intéresser les élèves à la discipline et à la démarche scientifique

1 Nous définissons « épistémologie » selon les termes du dictionnaire du CNRTL : « Partie de la philosophie qui a pour objet l'étude critique des postulats, conclusions et méthodes d'une science particulière, considérée du point de vue de son évolution, afin d'en déterminer l'origine logique, la valeur et la portée scientifique et philosophique. »

2 Nous définissons l'Histoire des Sciences et Techniques comme la discipline scientifique qui a pour objet d'étude l'évolution des concepts et avancées techniques ou technologiques au cours de l'histoire, les intégrant dans leur contexte sociologique et culturel.

- B – Aider les élèves à dépasser des obstacles épistémologiques et didactiques
- C – Permettre aux élèves de s'ouvrir à la critique historique et scientifique
- D – Permettre aux élèves de travailler l'interdisciplinarité
- E – Se construire une culture scientifique générale

Aussi, l'étude de l'EHST en Physique-Chimie dans le Secondaire, peut-elle permettre d'amener les élèves à se questionner de manière « intelligente » sur leurs objets d'étude ?

La question de recherche que nous essaierons alors de traiter au cours de ce mémoire peut s'énoncer ainsi : « **Quel est l'intérêt de l'EHST dans l'enseignement des sciences physiques et chimiques dans le secondaire ?** » et, par suite : « **Quelles sont les modalités à prendre en compte pour construire des séances incluant de l'EHST ?** », afin d'avoir une réflexion sur notre pratique professionnelle.

1.3 Construction du sujet de recherche

Les différentes hypothèses de recherche que nous pouvons formuler à partir de ce questionnement sont les suivantes :

- 1 – *Permet de mieux intéresser les élèves à la démarche scientifique, au thème qui va être abordé dans la séquence ou séance suivante.* Dans ce sens, l'EHST sert de situation déclenchante ou d'élément d'accroche dans une séance ou une séquence pédagogique. Par ailleurs, l'EHST peut être un vecteur pour susciter l'intérêt des élèves pour les sciences en général.
- 2 – *Permet de dépasser des obstacles épistémologiques et ainsi mieux comprendre le sens physique ou chimique des phénomènes étudiés ou décrits.* Ceci s'inscrit dans l'idée que les obstacles auxquels étaient confrontés les scientifiques de l'époque, dans un certain paradigme, à propos des développements de certaines théories ou technologies, sont proches de ceux auxquels doivent encore aujourd'hui faire face les élèves.
- 3 – *Permet de s'intéresser à l'interdisciplinarité en faisant un lien entre les « sciences de la nature » et les « sciences humaines ».* Vise à montrer les connexions et influences réciproques entre la Physique-Chimie et les avancées techniques et technologiques, ainsi qu'en montrant leurs liens avec le contexte historique et sociologique.
- 4 – *Démonter des idées préconçues ou caricaturales que peuvent avoir les élèves.* Celles-ci peuvent concerner le déroulement de « découvertes scientifiques », l'importance « d'expériences cruciales » ou de « dates clés » et la construction de « héros de la science ».
- 5 – *Permet de se construire une culture générale scientifique au-delà de la simple nomination de concepts.*

Ces différents points peuvent alors entrer dans un cadre théorique et pourraient être analysés grâce à une méthodologie différente point par point comme suit :

- 1 – Proposer un questionnaire à remplir pour les élèves à propos de l'intérêt de l'histoire des sciences selon eux, et avec des questions en lien avec la séquence suivante pour effectuer une évaluation diagnostique sur leur vision de l'EHST en lien avec leurs connaissances aussi bien en EHST qu'en Physique-Chimie.
- 2 – Introduire une séquence pédagogique à des élèves durant le stage en insistant sur l'aspect historique pour mieux développer les concepts en jeu par la suite. Puis distribuer un questionnaire en fin de séquence pour faire une évaluation formative et voir la différence d'apport entre l'introduction historique et l'institutionnalisation du savoir de fin de séquence en prenant en compte l'HST.
- 2 & 5 – Faire faire des études de document n'intégrant pas seulement des concepts et des formules permettant de résoudre une situation-problème proposée mais comprenant également des documents historiques à propos du contexte dans lequel cette situation a été rencontrée au cours de l'histoire et quelles sont les différentes solutions qui ont alors été proposées. Ceci permet alors de ne pas s'intéresser uniquement au *comment* on résout la situation problème posée mais aussi au *pourquoi* il faut la résoudre en comprenant les difficultés rencontrées par les savants de l'époque pour que les élèves aient conscience des difficultés qu'ils rencontrent également et ainsi mieux les résoudre. Cette solution sera la plus reprise dans le travail mené durant nos séances en classe et donc ce qui sera majoritaire dans la suite de ce mémoire.
- 3 – Analyser des TPE dont les disciplines étaient l'Histoire-Géographie ou les Sciences Économiques et Sociales (ou éventuellement Langues et cultures de l'Antiquité) d'un côté, et une discipline scientifique de l'autre (Physique-Chimie, Sciences de la Vie et de la Terre, Mathématiques ou Sciences de l'Ingénieur). Le but serait de voir quels liens sont faits entre les deux disciplines et comment ceci est justifié pour voir si ces thèses s'insèrent dans la démarche globalement adoptée en HST, à savoir le concours entre science internaliste et science externaliste dans les processus de construction des savoirs.
- 4 – Analyse d'extraits de manuels du Secondaire concernant les aspects d'histoire des sciences, d'articles sur l'EHST à destination des enseignants, de livres de vulgarisation scientifique destinés explicitement aux collégiens et/ou lycéens. Le but serait de voir les grandes tendances à faire des raccourcis historiques, voir les limites des aspects épistémologiques (ie. « la science devait le découvrir »), ainsi que la survalorisation de personnages (la construction de « héros de la science »). Cet aspect sera repris principalement dans l'analyse du corpus d'articles, différents

auteurs revenant sur ce point. L'analyse des manuels eux-mêmes ne sera pas faite car a déjà fait l'objet d'une étude par l'un de nous deux (Gabriel) l'année dernière dans le cadre du travail préparatoire au mémoire, et il s'avère que les conclusions corrélaient très fortement ce que l'on trouve dans les articles, d'où son intérêt limité pour le présent travail.

- 4 – Analyse de sources secondaires de chercheurs en sciences de l'éducation et de l'enseignement de l'histoire des sciences pour voir quels conseils sont donnés aux professeurs du secondaire pour parvenir à faire une partie d'enseignement d'EHST cohérente et voir si les thèses développées sont en accord avec la démarche généralement adoptée en EHST pour de telles études. Ce point fera l'objet principal de ce cadre théorique présenté ci-dessous.

L'ensemble de ces points ne peuvent faire l'objet d'une étude approfondie au cours de cette année car ils sont trop larges et conséquents à analyser. Seuls deux points principalement – étude d'articles de recherche en sciences de l'éducation, et activités avec étude de documents historiques – seront abordés. Le choix a été porté sur ces deux points car ils nous paraissent les plus pertinents pour une première approche du sujet, mélangeant un point de vue plus théorique (avec l'analyse des articles) et un point de vue plus pratique (avec la description de séances incluant fortement de l'HST dans un but didactique).

Les autres points ont pour certains peu d'intérêt pour cette année (comme celui sur l'analyse de ressources à la disposition des professeurs car étude déjà menée). D'autres sont difficiles à mettre en place sur le court terme, et ce pour plusieurs raisons : nous n'avons pas d'élèves de Première donc il nous est difficile d'avoir la possibilité d'analyser des TPE ; l'introduction de séquences complètes grâce à l'HST nécessite un recul sur sa pratique et une certaine maîtrise de l'ensemble des sujets sous tous ses aspects que nous estimons en toute humilité ne pas encore avoir acquis ; et pour le dernier point, l'intérêt du questionnaire ne serait réel que si des séquences entières avaient pu être montées avec comme fil conducteur l'HST, ce qui, encore une fois, nous paraît un peu trop complexe vu notre manque de recul.

La suite de ce mémoire portera donc sur une analyse d'articles et d'instructions officielles permettant de construire des activités qui seront présentées puis analysées dans leur ensemble.

2. Cadre théorique

2.1 Les instructions officielles

2.1.1 *Le contenu des instructions officielles*

Afin de commencer dans ce sujet, et afin de poser le cadre théorique, nous nous sommes intéressés dans un premier temps au contenu des instructions officielles (IO) et par suite à voir si les objectifs des IO peuvent être atteints en classe grâce notamment à ce qui est dit dans les manuels (ce qui constitue le principal support pour introduire de l'HST pour les professeurs) ainsi que dans les ressources en ligne disponibles à leur intention sur le site d'*Eduscol*³.

L'article [Fauque, 2006] se finit sur une dernière partie intitulée « Évolution de la présence de l'HST dans les programmes officiels de l'enseignement secondaire général, dans le cas particulier des sciences physiques ». Il y est dit que l'HST apparaît dans les programmes officiels suite à la réforme du lycée de 1979. Sa mise en place est accentuée avec les nouveaux programmes de 1993 qui sont accompagnés d'une importante bibliographie selon l'auteure. Pour autant, il est bien précisé que cette introduction d'éléments d'HST dans l'enseignement ne concerne que la filière Scientifique.

L'histoire des sciences est par la suite intégrée dans les programmes du collège en 2005, particulièrement dans les « thèmes de convergence ». Il est alors souligné, comme nous en avons déjà fait l'hypothèse, que l'HST peut être utilisé au travers de travaux interdisciplinaires. Il n'est donc pas explicité de compétences spécifiques à l'HST mais simplement dit qu'il est nécessaire d'en introduire dans les cours aussi bien au collège qu'au lycée. Le problème réside dans l'application réelle en cours qui est faite de ces consignes.

2.1.2 *Travaux en lien direct avec les instructions officielles*

On trouve en lien avec les instructions officielles des travaux permettant de justifier et d'aider à mieux saisir l'intérêt de l'ajout de l'histoire des sciences dans le Secondaire. Ceci est notamment fait dans les travaux de Cécile de Hosson, présents également sur le site d'*Eduscol*. On trouve en effet dans l'annexe B.1 (p. 2 à 7) de [*Instruction officielles*, 2008b] un passage dans lequel l'auteure y met en avant l'utilité de l'histoire des sciences au travers de divers types d'activités : l'étude de textes originaux, l'iconographie, le récit historiographique (écrit ou oral), la réplique d'expériences historiques ou encore l'étude de controverses historiques. Cette dernière idée est justifiée ainsi :

La controverse scientifique en tant que support d'enseignement est intéressante pour deux raisons. D'abord parce qu'elle est le lieu d'un débat dont la transposition en classe pourrait s'avérer efficace d'un point de vue socio-cognitif ; ensuite, parce que le règlement par lequel elle s'achève pourrait inspirer une stratégie didactique particulière. Il s'agit par conséquent de choisir un problème qui, ayant donné lieu à une polémique dans l'histoire des sciences, donne lieu pareillement à un débat au

³ Le site *eduscol.education.fr* est un site institutionnel majeur, géré par le ministère de l'éducation nationale, servant à « Informer et accompagner les professionnels de l'éducation ».

sein de la classe. La pertinence d'une telle transposition va donc se trouver suspendue à la connaissance que l'enseignant peut avoir des raisonnements des élèves, et de leur ressemblance éventuelle avec des idées déjà présentes dans l'histoire. [*Instructions officielles*, 2008b : 7]

Cette réflexion est intéressante et paraît légitime. Cependant, ce passage date de 2008 et depuis de nombreuses tentatives ont été réalisées par notamment les éditeurs de manuels qui ont essayé de traiter de telles controverses. J'ai d'ailleurs étudié, dans le cadre du cours de Pierre Teissier sur l'histoire de l'électricité du master d'HST de l'Université de Nantes, l'histoire de la controverse entre Volta et Galvani à propos de l'origine du phénomène électrique constaté lors de la contraction des muscles de la grenouille lorsque ses nerfs sont mis en contact avec des métaux (cf. [Teissier, 2014]). Cette séance portait d'un ensemble de résumés de cette controverse trouvés dans des livres de vulgarisation scientifique et manuels scolaires du Secondaire. Une même trame y était présente, Volta étant survalorisé et Galvani parfois presque ridiculisé. Ceci proposait aussi une hiérarchie des sciences sous-entendue avec les sciences physico-chimiques bien supérieures à la médecine qui serait très approximative. On y valorise Volta au travers de sa place supposée dans la société de l'époque en évoquant sa récompense donnée par Napoléon I^{er} en personne, simplement pour mettre en exergue le personnage et pas afin de discuter du fait important, à savoir que ceci consistait en un acte politique. De plus, ceci n'est en rien marquant de la démarche suivie par le savant italien pour comprendre le phénomène auquel ses collègues faisaient face. On doit de plus y ajouter les innombrables anachronismes présents dans les différents textes et le manque total de contextualisation, plaçant le discours (donc la science évoquée) hors du temps pour ne retenir que des grands hommes, réalisant des expériences jugées cruciales.

Tout comme l'étude des controverses, la réplique d'expériences historiques est très compliquée et souvent sujet à débat. Il est en effet facile de trouver « ce que l'on cherche » dans la reproduction d'une expérience connue, et ce d'autant plus que souvent peu d'informations sont fournies par les expérimentateurs pour savoir précisément comment ils ont procédé pour obtenir leurs résultats. Ceci a été mis en avant par des chercheurs d'HST au travers notamment de deux thèses soutenues ces dernières années à propos de la réplique de l'expérience de Coulomb pour trouver la loi de la force électrostatique entre deux charges égales et opposées. En effet, l'une concluait à l'impossibilité que Coulomb ait obtenu des résultats aussi précis et constants à l'aide du dispositif qu'il décrit et qui avait été répliqué, tandis que l'autre, procédant de même, avait conclu l'inverse, ses résultats étant tout à fait semblables. De plus, le manque du matériel exact, le changement de vocabulaire, etc. impliquent qu'une telle reproduction à l'identique est absolument impossible. Ces différents éléments mis en commun discréditent toute tentative d'une telle réalisation en classe du Secondaire.

Les trois autres pistes de travail, à savoir l'étude de textes originaux, d'iconographies, ou la

conception de récits historiographiques sont quant à elles tout à fait réalisables en classe du Secondaire. Le principal problème lié à ces idées est alors la formation du professeur pour que ces activités soient véritablement instructives, bien construites et efficaces dans les processus d'apprentissage des élèves tout en leur étant parfaitement adaptées. Or aucune formation particulière n'a été dispensée aux professeurs en place, et même si des modules d'histoire des sciences sont intégrés aux formations en lien avec les ESPE, tous les nouveaux professeurs ne passent pas obligatoirement par celles-ci et ces modules (en M1 pour Nantes par exemple) relèvent plutôt du bachotage en lien avec les dates et personnalités qu'il est nécessaire de connaître pour passer le concours que d'une véritable aide à la réflexion en lien avec l'HST et à son application possible dans la construction d'activités à intégrer à nos séances d'apprentissage.

Pour autant, nous allons tout de même tous deux tenter de construire des séances intégrant des passages parfois courts, parfois sur une séance entière, d'HST. Nous nous baserons donc principalement sur des études documentaires, servant à introduire des concepts en classe entière ou bien une manipulation en TP. Les supports principaux parmi les cinq idées relevées par Cécile de Hosson seront donc l'appui sur des textes originaux, ainsi que sur des iconographies. Ces aspects seront détaillés dans la suite de ce mémoire, que ce soit concernant l'application réelle de ces passages d'HST, l'analyse des activités proposées, ainsi qu'une critique portée sur notre travail afin de porter une réflexion sur notre pratique professionnelle.

Après cette introduction générale, nous allons donc passer à l'analyse d'articles de sources secondaires traitant de l'utilité et des modalités de l'emploi d'EHST dans les sciences de l'éducation et dans leur pratique professionnelle, en accentuant le trait sur le Secondaire qui est notre domaine d'enseignement.

2.2 Analyse d'articles de recherche en sciences de l'éducation

2.2.1 Introduction de cette partie

Dans un premier temps, nous traiterons de l'évolution de l'intégration de l'HST dans les cours du Secondaire, et comment les professeurs doivent tenter d'augmenter cette intégration, ses avantages étant certains. Puis sera abordée la question de la formation des professeurs à cette discipline. Enfin, nous ferons une transition entre cette théorie et les activités mises en pratique dans nos classes grâce à l'article traitant des *microworlds* et la première activité sur l'évolution des lois du mouvement.

2.2.2 Évolution de l'intégration de la HST dans les programmes du Secondaire

L'article [Fauque, 2006] présente les débuts de l'enseignement de l'HST à des enseignants pour

qu'ils l'intègrent dans leurs cours du secondaire. Il y est souligné que :

Le fait que l'histoire des sciences et des techniques contribue à la culture moderne est accepté et défendu par un grand nombre de pays. Son enseignement et sa diffusion étaient déjà fortement recommandés dès la Libération. Dans la première conférence générale de l'UNESCO, en 1946, il a été souligné l'importance de l'histoire des sciences "projet d'importance cardinale pour l'histoire de la culture humaine" [Fauque, 2006 : 5]

La prise de conscience de l'utilité de l'HST dans la formation des élèves est donc précoce dans les instances selon l'auteure. Pour autant, la formalisation dans les textes officiels sera bien plus tardive, et bien que ce soit le cas actuellement, ces consignes sont très peu respectées par la grande majorité des professeurs du Secondaire et ce pour plusieurs raisons qui seront détaillées dans la suite. Pour autant, cette utilité ayant été soulignée, des professeurs ont fait des tentatives comme il l'est reporté dans la suite :

la notion de "small injections" proposée par Silvana GALDABINI rencontre un certain écho. Il ne s'agit pas d'organiser au niveau du secondaire un enseignement spécifique d'histoire des sciences et des techniques mais à l'occasion de telle ou telle notion d'en introduire des éléments. Cette proposition reflète bien le bilan des observations des enseignants qui avaient depuis plusieurs années déjà tenté d'introduire des aspects de l'histoire des sciences dans leur enseignement scientifique. [Fauque, 2006 : 5]

L'idée d'un enseignement intégré de l'HST au sein des cours de matières scientifiques dans le Secondaire est donc adoptée par de plus en plus de professeurs et semble en conséquent avoir un impact positif sur l'intégration des notions et contenus chez les élèves. On trouve alors dans la suite de l'article des recommandations de H. Gié sur l'intégration de l'HST dans les cours de Physique-Chimie, la place qu'elle doit avoir et ses véritables buts. C'est ainsi qu'il est dit qu'il faut :

choisir des exemples significatifs, ne pas négliger la chronologie, faire en sorte de citer tout au long de son enseignement les noms des auteurs des découvertes scientifiques, et la chronologie succincte les concernant, procéder à l'examen de textes scientifiques originaux ou de seconde main, guider les élèves par des questions appropriées. Il recommande aussi la lecture attentive du document d'accompagnement qui propose une petite initiation à l'histoire des sciences pour les professeurs, qui sont le plus souvent novices dans le domaine. On y souligne l'évolution non linéaire des idées et le rôle de l'expérience dans cette évolution. Le hasard peut intervenir, mais il ne suffit pas. Il faut un regard préparé à voir. Plus largement l'observation ne précède pas nécessairement la théorie. Cette dernière détermine souvent les expériences à mener. [Fauque, 2006 : 7]

Plusieurs faits ressortent de ce paragraphe. Premièrement, alors que l'article date de 2006, il est souligné que les professeurs ne sont pas formés à l'intégration de l'HST dans leurs séquences pédagogiques, pas plus qu'à la critique de sources et documents l'utilisant. On constate aussi qu'ils ne sont pas plus formés à l'épistémologie comme le montre la fin du paragraphe où on essaie d'écartier

l'idée de sérendipité⁴ dans la « découverte scientifique » et on montre la nécessité des allers-retours entre modélisation de la théorie et expérimentation dans la démarche scientifique afin d'écartier une démarche scientifique qui serait dogmatique quant à ses processus et pour laquelle les erreurs ou écarts au paradigme principalement admis ne sont pas à prendre en compte, pas plus que l'influence de la société et le contexte historique pour expliquer la forme d'une modélisation ou les modalités d'une expérience.

Le dernier point à soulever de cette citation est le fait qu'il est principalement recommandé de traiter l'HST au travers des noms, des dates et des découvertes. Or ceci ne saurait être que trop superficiel et contribue aux mauvaises images qui ressortent du traitement « à grande échelle » (dans les manuels, livres de vulgarisation et différents médias) de « faits » d'HST. Si l'étude de l'HST peut permettre aux élèves de se construire une culture scientifique et historique plus générale, cet objectif ne doit être que secondaire par rapport par exemple à l'aide qu'elle peut apporter à surmonter des obstacles épistémologiques, et de plus ceci doit être fait du mieux que ce soit, c'est-à-dire ne pas simplement donner de « grandes dates » mais vraiment tout un panel élargi de références en lien avec ce qui est décrit.

2.2.3 *L'HST et les sciences de l'éducation*

Dans cet objectif, nous allons désormais étudier ce qui est dit à propos du lien à faire entre sciences de l'éducation et l'HST. On trouve ainsi dans [Gooday, Lynch, Wilson, Barsky 2008 : 322] le fait qu'utiliser l'HST permet de faire mieux saisir l'intérêt pédagogique voire de rendre les étudiants de meilleurs praticiens des sciences, mais que son intérêt s'étend également au-delà des études en sciences mais bien à l'école en général, voire au-delà du cercle académique habituel.

Il ressort principalement que l'étude de l'HST dans les études scientifiques permet de faire comprendre aux étudiants comment la recherche en sciences est menée. L'histoire des techniques pour les formations en physique appliquée et ingénierie permet de voir l'importance de l'aspect socio-économique dans le développement de nouveaux artefacts. De plus, il ressort aussi l'aspect de l'interdisciplinarité qui est important à développer pour mieux exceller dans sa discipline, et la rendre plus intéressante et concrète.

Les auteurs soulignent ensuite qu'étudier l'HST montre le véritable aspect des sciences, à savoir quelque chose de complexe à construire, contrairement à ce que beaucoup d'enseignants ou scientifiques tentent de montrer (p. 324), la science « bien construite » découlant d'une théorie à l'autre d'une manière logique car toujours améliorée. De plus, l'HST permet de mieux comprendre la lecture d'une source secondaire (un article de recherche compilant les résultats issus de dizaines d'ar-

⁴ Définition du dictionnaire Larousse : « Capacité, art de faire une découverte, scientifique notamment, par hasard. ». Disponible sur le site larousse.fr/dictionnaires/francais (consulté le 08/12/2016).

tibles afin de formuler une théorie par exemple) à partir des sources primaires sur lesquelles elle est basée (choix des données pertinentes, mise en avant ou retrait de certains faits en justifiant, etc.) :

Moreover, they can learn that one route to intellectual independence from fallible secondary sources is to learn to rely judiciously on other, more trustworthy authorities—notably primary sources.

[Gooday, Lynch, Wilson et Barsky 2008 : 325]

Les auteurs expliquent ensuite plus en détail l'intérêt majeur de l'étude de l'HST selon eux :

Arguably most important is the understanding of the broader processes of science that studying its history can uniquely offer. The key role of history here is characterizing the complexities of how science *changes*. So many science textbooks unhelpfully—and above all inaccurately—cultivate a rather static image of scientific disciplines, as if they were completed with comprehensive certainty. It is perhaps not difficult to understand how this gross oversimplification might arise as the result of a pedagogical need to “tidy up” the presentation of science to meet the needs and capacities of students. But faced with the textbook spectacle of such an apparently unalterable monolith, is it any wonder that students can have difficulty conceiving how they might ever contribute to science? By contrast, studying the history of science as a *process* of perpetual flux and innovation can cultivate their expectations of how they might contribute to future forms of its change, especially by interactions with medicine and technology. Moreover, if student expectations are better attuned to open-endedness in the character of science, they can more readily appreciate the incompleteness and fallibility of models and theories they regularly (and thus perplexingly) have to discard as they encounter each new stage of their curriculum. Much more of science thus becomes comprehensible through study of its history—and in ways that cannot easily be addressed by scientists working within a time-pressured science curriculum.⁵

[Gooday, Lynch, Wilson et Barsky 2008 : 326]

Ce long passage résume bien à la fois notre façon de penser sur l'utilité de l'HST, et à la fois son véritable but dans la démarche scientifique de manière générale. L'HST permet de mettre les sciences dans leur contexte historique et sociologique, de voir l'importance de la société sur celles-ci et en sens inverse, et de voir que tous ces processus ne sont nullement fixes et ne suivent pas qu'une seule ligne directrice.

L'article se termine en soulignant que l'HST peut permettre de combattre les créationnistes et anti-évolutionnistes aux États-Unis également.

5 « Le plus important est sans doute la compréhension de la progression de la science de façon plus large, ce que l'étude de son histoire peut offrir de manière unique. Le rôle clé de l'histoire est ici de caractériser la complexité de la manière dont la science *évolue*. Ainsi, beaucoup de manuels de sciences inutilement – et surtout de façon inexacte – cultivent une image plutôt figée des disciplines scientifiques, comme si elles étaient achevées avec une certitude totale. Il n'est sûrement pas difficile de comprendre que cette simplification grossière puisse résulter d'un besoin pédagogique « d'organiser » la présentation de la science aux élèves pour répondre à leurs besoins et à leurs capacités. Mais face au spectacle d'un tel bloc monolithique apparemment inaltérable, est-il vraiment étonnant que les élèves aient du mal à concevoir comment ils pourraient apporter une quelconque contribution à la science ? En revanche, étudier l'histoire de la science comme un *processus* de changements perpétuels et d'innovations peut faire grandir en eux leur espérance de pouvoir contribuer aux formes futures de son changement, notamment par les interactions avec la médecine et la technologie. Par ailleurs, si l'esprit des élèves est plus ouvert à la nature profonde de la science, ils peuvent plus facilement estimer l'incomplétude et la faillibilité des modèles et des théories qu'ils ont régulièrement dû abandonner à chaque nouvelle étape de leurs études. Un bien plus grand pan de la science devient ainsi compréhensible par l'étude de son histoire et d'une manière qui ne peut être facilement traitée par des scientifiques pressés par le temps. »

L'article [Palter, 1974] prend en partie le contre-pied de notre discours car l'auteur n'est pas convaincu qu'une amélioration de l'éducation des sciences, grâce notamment à l'HST, puisse jouer sur la capacité d'un élève à acquérir un esprit scientifique. Mais à défaut de cela l'auteur estime qu'une amélioration du cheminement scientifique de l'élève peut produire sa meilleure compréhension de la science. Ainsi, Palter insiste sur le fait que la science a toujours fait, dans l'histoire, l'objet de controverses et qu'encore aujourd'hui le consensus n'est jamais ni parfait ni statique.

L'hypothèse de l'auteur est que l'esprit scientifique dépend beaucoup des manuels de la formation scientifique d'un élève. Pour un enseignant, l'attitude à prendre vis-à-vis des manuels scolaires doit être sans parti pris. La nécessité de ces dispositifs pédagogiques doit être considérée comme une simple partie des faits naturels dans l'ensemble complexe des institutions sociales que constituent aujourd'hui la recherche scientifique. Pour autant, comme discuté ci-après, les manuels ne sauraient constituer une source tout à fait fiable. Ceci est probablement à remettre dans le contexte de l'article, l'auteur étant américain et l'article datant de 1974.

Le critère que l'auteur considère d'une certaine importance dans l'évaluation d'un manuel de science est la précision avec laquelle elle reflète l'état actuel de la recherche sur des sujets scientifiques pertinents. Or la plupart des manuels scolaires donnent l'impression qu'aucune recherche n'est faite sur de nombreux sujets abordés. L'auteur prend pour exemple la mécanique classique où, récemment, un grand nombre de résultats nouveaux et importants ont été publiés en exprimant des lois de l'espace-temps (mécanique classique non-linéaire) d'abord introduite dans les formulations de la mécanique relativiste. Ainsi la constante progression des connaissances ne doit pas être, selon l'auteur, cachée des élèves.

Une chose que l'auteur trouve absente dans les deux principales conceptions de l'histoire des sciences, que ce soit chez Popper (conjectures et réfutations) ou chez Kuhn (résolution de problèmes scientifiques normaux ponctués occasionnellement par une révolution scientifique), est le manque de cohérence avec les détails réels de l'histoire des sciences. Ces deux conceptions tendent à considérer l'image de la progression scientifique dans un domaine comme une seule progression ou un seul courant dans lequel une hypothèse est continuellement remplacée par une autre (Popper), ou dans laquelle un grand nombre de solutions de problèmes paradigmatiques s'accumulent jusqu'à ce qu'un nouveau paradigme adaptant à la fois les solutions de problème antérieures et les anomalies émerge pour remplacer le paradigme précédent (Kuhn). Ce sont dans les deux cas des conceptions unilinéaires. Le point de vue de l'auteur est que l'histoire des sciences doit être imaginée comme un modèle historique multilinéaire où une théorie donnée doit être représentée non pas par une seule ligne, mais par un faisceau de lignes provenant d'un point commun, lui-même issu de la confluence de plusieurs lignes antérieures.

2.2.4 *La formation des enseignants en HST*

On peut alors détailler la manière dont l'HST peut être étudié par les enseignants afin de mieux réussir à l'intégrer par la suite dans leurs cours. Il s'agit alors du thème principal de l'article [Guedj, Laubé et Savaton, 2007] dont le propos porte surtout sur le fait que :

Depuis quelques années les textes programmatiques concernant l'enseignement des sciences et des techniques affirment une réelle orientation en faveur de l'épistémologie et de l'histoire des sciences et des techniques (EHST). Un rapide tour d'horizon des usages en vigueur invite à interroger la nature des savoirs et des méthodes convoquées. Cette question est d'autant plus vive que l'EHST n'est pas une discipline scolaire et qu'il convient d'explicitier les savoirs savants de référence et de définir leur nécessaire transposition. Ainsi, rassembler des ressources diversifiées, mettre en œuvre une ingénierie didactique afin de constituer des outils pertinents dans le cadre de la formation des maîtres constituent les premières étapes indispensables à la mise en place de l'EHST dans les classes.

[Guedj, Laubé et Savaton, 2007 : 1]

Les auteurs commencent ainsi par faire le constat que l'enseignement de l'EHST, probablement parce qu'elle n'est pas une discipline scolaire, reste un objet de recherche peu ou pas questionné. Pour autant, l'HST occupe aujourd'hui une place significative dans les programmes scolaires, et plus particulièrement dans les programmes scientifiques du collège et du lycée. Cette considération pour l'HST participe d'une intention plus générale qui vise à favoriser l'acquisition par les élèves d'une « culture scientifique » au même titre que la culture littéraire ou la culture artistique.

En survolant les manuels de Physique-Chimie et SVT, les auteurs soulignent que l'HST est introduite dans trois catégories de documents : les ajouts de type « médaillons », les « petits textes tronqués » et les approches constructives. Cependant les deux premières catégories ne proposent qu'une étude historique superficielle car les « médaillons » ne renvoient ni à un quelconque contexte historique ni à une activité didactique particulière. Ils ne proposent que des frises historiques avec les dates de savants « géniaux » avec une présentation très raccourcie de leurs travaux afin d'éveiller la curiosité. Ceci a pour conséquence de tomber dans une vision caricaturale voire erronée de la réalité historique. De même, les « petits textes tronqués », souvent directement extraits de sources primaires (œuvre d'époque ou texte original), permettent de présenter une controverse. Cependant, ces controverses sont souvent très orientées et tombent dans l'alibi didactique plus que dans une vraie étude historique.

Il est alors souligné que l'approche constructive semble plus appropriée aux instructions exigées dans le programme du collège et du lycée avec une approche historique non anachronique dans la mesure où les arguments de l'auteur doivent être interprétés du fait de leurs cohérences et non en regard de la « bonne physique ». Ainsi, pour éclairer et comprendre le discours de la science, on ne peut pas se priver de son histoire, et introduire quelques références à des dates « de découvertes »

ne suffit pas. On se priverait alors de la réflexion, des justifications et des conclusions apportées des divers protagonistes de l'histoire.

Toutefois les auteurs reconnaissent la complexité de la discipline et qu'une didactique de l'EHST est à mettre en place. Ils proposent ainsi une piste de méthodologie pour la constitution d'une didactique de l'EHST, méthodologie qui doit être confrontée aux trois pôles qui constituent le triangle pédagogique. Alors, du point de vue du pôle enseignant, la priorité est dans la mise à dispositions des ouvrages sur l'EHST et des textes de source primaire. Ensuite il s'agit d'étudier à la fois le rapport des enseignants à l'EHST et les pratiques réelles de formation des enseignants en EHST à l'IUFM (ex-ESPE). La démarche envisagée est :

1. Repérer et décrire les pratiques en cours.
2. Identifier les compétences à l'œuvre.
3. Analyser les ressources cognitives utilisées par les formateurs et les étudiants.
4. Faire des hypothèses quant au mode de genèse des compétences en situation de formation.
5. Élaborer des dispositifs, des situations, des contenus planifiés de formation et les mettre en application.
6. Évaluer les dispositifs.

Du point de vue du pôle élève, l'analyse et la compréhension des situations didactiques impliquant des outils pédagogiques à caractère historique nécessitent que ces outils présentent des critères clarifiés d'historicité, et d'adapter les méthodologies/cadres théoriques dans le cadre plus large de la formation à un enseignement scientifique au lycée, collège ou primaire, les objectifs de culture scientifique doivent être connectés à l'apprentissage de concepts ou de méthodes scientifiques.

L'article [De Vittori et Loeuille, 2009] traite lui plus précisément de la formation à l'EHST des enseignants dans le cadre de leur formation en tant que stagiaire, à l'ESPE. Il y est souligné la nécessité de rendre un document historique pour le professeur en amont, et également lorsqu'il cherche à en faire une activité auprès des élèves. Trois activités sont décrites dans l'article, deux sur les cours de formation des professeurs montrant comment prendre conscience de l'intérêt historique d'un document et ce que cela implique ; une troisième sur une activité proposée en mathématiques pour des collégiens montrant l'évolution du discours qu'il est nécessaire de « traduire » pour obtenir le résultat escompté⁶. Il y est souligné que :

6 Il est ici nécessaire de faire une remarque sur le risque de la simplification disant « Les mathématiques sont toujours les mêmes ; seul le langage change ». Ici, l'activité étant pour des collégiens, il paraît suffisant de rendre le document historique en cherchant simplement à le « traduire » dans le langage mathématique actuel. Une activité similaire pour des lycéens, de préférence en 1^{ère} ou T^{ale} S, devrait amener en plus l'idée que les mathématiques ne se faisaient pas selon les mêmes modalités ni les mêmes finalités. Par exemple, à l'époque du document, c'est-à-dire vers 1700, les mathématiciens n'étaient pas des « chercheurs professionnels » mais des savants désintéressés qui occupaient leur temps libre à faire des mathématiques et n'en percevaient aucune rémunération, le but étant uniquement ludique, contrairement aux chercheurs actuels dont le but est généralement l'avancée de théories permettant une modélisation à des fins d'applications scientifiques et/ou économiques.

Les vertus pédagogiques, qu'elles soient liées à la découverte de nouvelles notions, à l'illustration de théorèmes, ou plus modestement à l'exotisme des textes anciens, sont généralement admises et dépassent le cadre des seules mathématiques. [De Vittori et Loeuille, 2009 : 5]

Ainsi, bien que l'intérêt de l'HST soit bien établi à la fois dans les programmes, comme d'un point de vue didactique, il ressort que pour les enseignants, les ressources à disposition sont fortement critiquables :

les manuels et autres documents utilisés par les professeurs contiennent de nombreux supports (frises, médaillons, extraits, etc.) qui renvoient à l'histoire. Cependant, en soi, un document n'est que très rarement historique. [...] Les documents ne sont historiques que sous l'impulsion de l'enseignant. Face à un extrait de texte, par exemple, le professeur doit se demander s'il en connaît l'auteur, sur quelle notion cela porte, à quelle période il a été rédigé. [...] La prise d'initiative de ce questionnement constitue une forme de vigilance que nous qualifions d'historique. [De Vittori et Loeuille, 2009 : 9]

Les auteurs critiquent donc le peu d'HST présent dans les manuels car les documents présents ne sont pas rendus historiques. La « vigilance historique » doit nous faire douter de l'intérêt des mini-biographies présentes dans les manuels et de la lumière mise sur uniquement quelques scientifiques sans montrer l'ampleur des travaux à mener pour que leurs « découvertes » soient effectives. Il est ainsi souligné que :

Rendre le contexte d'un document historique c'est redonner tout ce qui peut permettre de le situer à la fois dans son époque (vie de l'auteur, institutions, grands moments de l'Histoire générale, ...) mais aussi dans l'évolution de la discipline elle-même (nouvelle théorie, amélioration d'un résultat, simple application, ...) [De Vittori et Loeuille, 2009 : 9-10]

Les auteurs décrivent alors comment doit s'articuler la formation des professeurs autour de l'HST, en lien avec cette nécessité d'apprendre à rendre un document historique. Ils distinguent alors cinq modalités d'entrée dans l'apprentissage, en lien avec les situations décrites (les deux portant sur la formation d'enseignants-stagiaires en ESPE, et la mise en place d'une activité à caractère historique en mathématiques) qui sont les modalités suivantes : philosophique, technique, linguistique, pratique et dramatique. Ces différentes modalités d'entrée dans l'apprentissage montrent ainsi les différents aspects par lesquels peuvent être mis en activité les élèves lors des séances que nous proposons dans la suite de ce mémoire.

2.2.5 *Lien entre théorie et pratique : exemple des microworlds et historique des théories du mouvement*

Notre transition de la théorie à la pratique (donc du cadre théorique au cadre méthodologique, la partie suivante présentant les activités mises en place entrant donc dans le corpus de ce mémoire) se base sur l'exemple des *microworlds* décrit dans l'article [Masson et Vázquez-Abad, 2006]. Il y est développé un exemple d'utilisation de l'HST selon une méthode tout à fait originale afin d'amener

les élèves à se construire une image répondant aux attentes concernant les lois du mouvement en passant par un historique en trois étapes, les deux avant les lois de Newton étant la théorie des graves des Grecs Anciens, puis celle de l'*impetus* de Buridan.

Les auteurs soulignent l'idée que l'HST permet d'aider à saisir la notion de changement de conception en science. On trouve ainsi de fortes similitudes entre les conceptions des étudiants actuels et celles des philosophes et scientifiques du passé. On peut également faire un parallèle entre le développement de la connaissance et de la compréhension du monde qui entoure l'enfant et l'évolution des concepts scientifiques en HST. Il y a cependant une limite à ce parallèle ; en effet, les différences entre l'évolution conceptuelle d'un individu et l'évolution historique du « savoir » sont significatives de contextes métaphysiques, épistémologiques et sociaux entre deux époques. Les auteurs proposent alors une solution alternative au problème de changement conceptuel en introduisant les *microworlds* historiques (« microworlds » pouvant être traduit par « simulation informatique »). L'avantage des simulations est qu'elles réduisent la réalité à quelques paramètres. Elles sont ainsi une version simplifiée du monde réel. Il est donc possible de créer aussi bien des simulations des conceptions d'Aristote que celles, plus complexes et abstraites, de Newton.

Dans cet article, trois simulations historiques, qui obéissent rigoureusement aux lois de Newton, sont présentées et étudiées, toutes trois élaborées à partir du logiciel *Interactive Physics™ 3.0*. Ces trois simulations sont : une simulation sur la conception d'Aristote du mouvement, une simulation sur la conception de Jean Buridan (l'*impetus*) et une simulation sur la conception de Newton. Il s'agit dans tous les cas de diverses expériences visant à étudier le mouvement (vitesse et trajectoire) d'une balle. Il est constaté qu'en appliquant, ou non, des forces de friction et la résistance de l'air, on peut constater que les conceptions « aristotéliennes » et « buridaniennes » se révèlent être des cas particuliers des lois de Newton. Elles ne sont alors en aucun cas montrées comme des vues complètement erronées mais comme des interprétations limitées au contexte de l'époque (ces lois y étant « suffisantes » pour comprendre les observations faites au quotidien).

Il nous semble donc extrêmement intéressant de tenter de mettre en application de telles propositions d'activités qui mettent volontairement en lien la théorie de l'apprentissage grâce à l'HST et les notions explicitement au programme, en aidant les élèves à contourner les obstacles épistémologiques auxquels ils pourraient être confrontés. Cette activité leur permettrait de plus de mieux saisir la différence entre modélisation de la physique et perception de la réalité sous-jacente à une époque donnée, le biais de l'informatique favorisant ceci plutôt que le support papier habituel. Nous allons donc décrire, dans la suite, différentes activités mises ou à mettre en place dans nos cours, en commençant par celle-ci dont il faut encore définir les modalités afin de bien passer de cette simulation très théorique à la pratique dans nos classes.

3. Présentation d'activités proposées à des classes de Seconde

Différents types d'activités sur des sujets divers seront décrits dans cette partie, qui composent alors le cadre méthodologique de ce mémoire. Ces activités sont de plusieurs types : soit une séance complète comme pour l'activité sur les modèles historiques de l'atome (Gabriel), l'activité sur l'historique des conceptions des lois du mouvement (Nicolas) ; soit une partie de séance comme l'activité sur l'histoire de l'aspirine (Nicolas & Gabriel), sur la démarche de Mendeleïev et les limites de sa proposition (Gabriel), et l'activité sur l'étymologie des noms des éléments (Gabriel & Nicolas) ; ou encore en devoir à la maison pour l'activité sur l'histoire des expériences de Becquerel et les liens avec la découverte de la radioactivité (Gabriel). Nous présentons alors chaque activité avec ses modalités (durée, consignes, etc.), puis une description rapide des résultats et de l'apport, de l'efficacité (par rapport aux cinq intérêts de l'utilisation de l'HST relevés précédemment). L'analyse plus complète de ces activités et les modalités de sa mise en place effective au sein des séances, ainsi que des productions des élèves en lien, seront faites dans la prochaine partie.

3.1 Activité sur les conceptions des lois du mouvement

Nicolas a proposé deux activités de travaux pratiques préparées sur ce thème⁷. Toutes deux s'inscrivent dans le cadre du programme de 2^{nde} de Physique-Chimie du B.O. La première activité entre dans le thème « La pratique du sport » (partie : « L'étude du mouvement »). La seconde activité peut être proposée aussi bien dans le thème du sport que dans le thème de l'Univers. Elles ont deux objectifs précis :

- Savoir qu'une force s'exerçant sur un corps modifie la valeur de sa vitesse et/ou la direction de son mouvement et que cette modification dépend de la masse du corps.
- Utiliser le principe d'inertie pour interpréter des mouvements simples en termes de forces.

L'idée de la première activité est de décomposer l'étude du mouvement en reprenant, très schématiquement, trois conceptions historiques du mouvement dans un ordre chronologique. Elle est donc composée de trois parties (voir Annexe A) :

1. L'étude d'une vidéo sur le logiciel *Avimeca* où un glaçon est lancé le long d'une paille. Cette première partie montre que si les forces exercées sur un corps en mouvement se compensent, ce même corps ne s'arrête pas pour autant, invalidant la conception aristotélicienne à savoir le principe du repos (tout corps en mouvement est poussé par quelque chose ou alors il va ralentir et s'arrêter) et le principe naturel du mouvement (plus la force appliquée est grande et plus la vitesse d'un corps est importante ; plus la masse d'un corps est grande

⁷ Je me contente ici de présenter simplement l'activité et les quelques retours de Nicolas car je n'ai pas eu l'occasion de la mettre en place durant une de mes séances, le thème du sport dans lequel ces activités s'inscrivent préférentiellement étant abordé à la fin de l'année dans mon établissement.

et plus sa vitesse est faible).

2. L'étude de la chronophotographie d'une balle lancée dans une direction faisant 45° environ avec l'horizontale. En la comparant avec une illustration d'un boulet de canon du XVI^{ème} siècle, on invalide la conception buridanienne (théorie de l'*impetus*) à savoir qu'un corps continue sa trajectoire non pas parce que l'air le pousse (comme le croyait Aristote) mais parce que le projectile, lors de son lancement, emmagasine une énergie, appelée « impetus ».
3. La dernière partie est l'étude de la chute d'une goutte de solution de permanganate de potassium dans une burette remplie d'huile et sa comparaison par rapport à la chute libre verticale d'une balle (en chronophotographie). Cette étude doit valider la conception newtonienne (principe de l'inertie) à savoir que lorsqu'un corps est soumis à des forces qui se compensent ou à aucune force alors il est soit au repos soit animé d'un mouvement rectiligne uniforme.

Cette activité a été présentée à une classe de seconde (2nde F du Lycée Mounier) pour une séance de TP d'une heure et demie. L'activité s'est avérée beaucoup trop longue malgré les apparences. L'utilisation du logiciel *Avimeca* ou l'exploitation d'une courbe dans un repère orthonormé sont de vraies difficultés pour les élèves et, finalement, une seule des 3 parties aurait pu suffire à elle seule pour tenir la séance. Seulement cette séquence, organisée sur deux ou trois séances, perdrait de son efficacité et donc de son intérêt. Il fallait donc penser à une activité bien plus simple pour les élèves et pouvant tenir dans une heure et demie.

La seconde activité, directement inspirée de l'article [Masson et Vázquez-Abad, 2006], pourrait répondre à cette attente. Il est envisageable, comme dans cet article, de construire la séance autour du logiciel *Interactive Physics*TM 3.0 disponible au lycée :

- Il faut concevoir une simulation où la résistance de l'air est si importante que tout objet en mouvement finit par s'arrêter et que tout objet en chute libre tombe à une vitesse constante. Cas limite : un objet avec peu de résistance dans l'air (exemple : une flèche) n'est pas stoppé malgré l'absence apparente de force appliquée.

- Plus on met de la puissance dans la flèche, plus elle accumule de l'*impetus*. Avec la résistance de l'air, l'*impetus* s'atténue et la flèche tombe. Les élèves doivent réfléchir au sujet du rôle de la vitesse initiale sur le mouvement de la flèche.

- Il faut concevoir une simulation où les objets ne s'arrêtent pas et les objets tombant sont accélérés. On peut envisager une simulation montrant la trajectoire d'une balle sur divers plans inclinés. Dans cette situation il ne doit y avoir ni résistance de l'air ni autre friction. Dans ce cas aucune énergie n'est perdue et l'objet va conserver indéfiniment son mouvement si aucune force n'agit dessus.

Cette proposition pourra donc faire l'objet d'une tentative de mise en place dans une de mes classes à l'avenir et ainsi comparer mes résultats avec ceux de Nicolas.

3.2 Activité sur des modèles historiques de l'atome

La première activité que j'ai conçue et mise en place en classe consiste en une recherche documentaire suivie d'une présentation devant les autres élèves, traitant de divers modèles historiques de l'atome. L'activité se déroule en séance de TP de 1h30 en salle informatique. Les élèves avaient à disposition un document comportant un ou des extraits d'une ou deux sources secondaires présentant un modèle historique de l'atome. Ces modèles choisis couvrent volontairement une grande période historique et « géographique » afin de voir des modèles traitant d'un même sujet, à savoir l'atomisme, dans des contextes complètement différents (culture, philosophie, histoire, période, modalités de son étude, etc.). Les exemples choisis sont ainsi l'atomisme de Démocrite et Leucippe dans la Grèce Antique (sujet 1), l'atomisme indien et les quatre éléments de la philosophie aristotélicienne afin de faire un parallèle avec celui des indiens (sujet 2), l'atome selon John Dalton du début du XIX^e siècle (sujet 3), celui de J. J. Thomson un siècle plus tard (sujet 4) et les modèles de Rutherford et Bohr qui font suite au précédent (sujets 5 et 6, ce dernier étant reporté en annexe B1) dans une période de forts changements dans l'ensemble des principaux domaines de la physique.

Les consignes étaient d'analyser par groupe de 2 ou 3 les extraits proposés afin d'en extraire les informations les plus importantes, puis reporter celles-ci dans la trame de diaporama proposée, et compléter ainsi la première diapositive avec les noms, prénoms et le sujet, les deux suivantes avec les informations retenues et la quatrième qui servira de résumé du modèle, se basant si possible sur une représentation picturale du modèle à légender. Les vingt dernières minutes de la séance serviront au passage à l'oral des différents trinômes.

Les quatre séances (avec les deux classes) ont permis de traiter les 6 sujets quatre fois, ce qui permet de mieux saisir ce qui a été bien compris et ce qui a été plus difficile pour les différents élèves. La constitution des groupes était libre mais connaissant désormais assez bien les élèves, je savais qu'en se plaçant par affinités, ils se placeraient également globalement par niveau d'intérêt ou de facilités en Physique-Chimie ce qui m'a permis de faire de la pédagogie différenciée à partir d'un même sujet. Enfin, une question en lien avec cette activité était posée au devoir surveillé suivant afin de voir ce que les élèves avaient pu en retenir.

Les résultats de celle-ci, des productions d'élèves et une analyse plus poussée sur les difficultés et les résultats est proposée dans la partie suivante de ce mémoire.

3.3 Activité sur l'histoire de l'aspirine

Cette activité rentre dans le cadre du programme de 2nde de physique-chimie du B.O., dans le thème « La santé » (partie : « Les médicaments »). Elle a deux objectifs précis :

- Savoir que certains matériaux proviennent de la nature et d'autres de la chimie de synthèse.

- Comprendre le rôle de la chimie de synthèse.

Le plan de l'activité est le suivant (le texte de l'activité que j'ai mené étant reporté en Annexe C) :

1. Un texte relatant l'obtention, l'utilisation et l'étude par l'Homme des composés salicylés (salicyline, acide salicylique et acide acétylsalicylique) comme analgésique à travers l'histoire.
2. Un questionnaire qui interroge les élèves sur leur compréhension du texte ainsi que l'analyse qu'ils en tirent.

A la fin de l'activité, l'enseignant attend que les élèves comprennent du texte les points suivants :

- L'Homme a utilisé les composés salicylés pour calmer les douleurs et fièvres dès l'Antiquité.
- Que les composés salicylés furent obtenus dans un premier temps par l'extraction des plantes (feuilles de saule, reine-des-prés ou spirée).
- Que pour un souci de rendement, la synthèse chimique des composés salicylés (acide salicylique) fut privilégiée au détriment de l'extraction des plantes.
- Que dans un souci de supprimer (ou d'atténuer) les effets néfastes (brûlures et hémorragies gastriques), l'option de synthétiser de nouveaux composés non-naturels aux propriétés différentes, fut envisagée.

Une première remarque en bilan de l'activité menée par Nicolas est de constater qu'elle s'est avérée trop longue. La deuxième partie de la séance n'a pas pu être réalisée dans le temps imparti et il a été demandé aux élèves de la terminer à la maison (finalement l'activité a été terminée en présence de l'enseignant lors de la séance suivante).

Ce qu'ont principalement retenu les élèves sont, d'une part, le fait que les feuilles de saule furent utilisées dès l'Antiquité pour leurs propriétés antalgiques et antipyrétiques, et d'autre part, que l'extraction des plantes fut abandonnée pour des raisons écologiques. Toujours pour le troisième objectif, la raison économique n'a pas été évoquée. Le texte ne l'explicitant pas, il était trop ambitieux d'attendre une telle déduction de la part des élèves. De plus la notion de rendement n'a pas été encore vue en séance. Le quatrième objectif n'a pas non plus été remarqué par un seul élève et ce malgré que les effets néfastes de l'acide salicylique sont clairement évoqués.

La principale difficulté rencontrée par les élèves fut au niveau de la lecture, et plus précisément du vocabulaire. De nombreux mots du texte (exemple : empirique, thérapeutique, antalgique, stomacal) leur étaient inconnus. Cet obstacle a considérablement freiné leur lecture et leur a, évidemment, empêché de comprendre une grande partie du texte. Par voie de conséquence, de nombreux élèves se sont vus dans l'incapacité de répondre aux questions de l'activité. Par ailleurs, l'insertion de quelques illustrations (formules topologiques des composés salicylés, photographie du premier flacon d'aspirine) dans le texte, changeant ainsi son format, a perturbé également les élèves.

Cette activité dont le déroulement décrit ici a donc été menée par Nicolas. Elle a été reprise par moi-même dans une de mes classes en m'appuyant sur les remarques formulées par Nicolas afin de tenter d'améliorer la séance proposée (avec notamment l'utilisation d'une aide lexicale), deux de nos classes ayant à peu près le même profil. Les résultats et productions d'élèves issues de ma reprise de cette activité sont alors donnés dans la partie suivante, ainsi qu'une analyse complète.

3.4 Activité présentant la méthode de Mendeleïev pour la classification des éléments

Le but principal était de montrer que les sciences sont en constante évolution et que le modèle de Mendeleïev collait, à quelques exceptions près, à l'ensemble des observations de son époque d'où son retentissement. Le tableau périodique actuel a peu varié par rapport à celui du savant russe mais les définitions ont fortement varié, et peuvent encore changer avec la synthèse de nouveaux éléments, la découverte de nouvelles caractéristiques de certains éléments, etc., ce qu'il était important de faire comprendre aux élèves.

L'activité s'est déroulée sur deux séances avec les deux classes, le sujet comportant deux parties distinctes (celui-ci étant reporté en Annexe D1). Nous avons fait en groupe-classe par groupe de trois ou quatre la première partie qui consistait en la construction du tableau périodique avec identification des deux critères pertinents pour construire le tableau à double entrée. Les élèves avaient donc à proposer les deux critères historiques qui ont permis à Mendeleïev de proposer son tableau, à savoir un classement par masse atomique croissante d'un côté, et par propriétés chimiques similaires de l'autre, sachant que d'autres informations étaient proposées aux élèves (comme des propriétés physiques par exemple) qui ne pouvaient permettre d'obtenir une classification satisfaisante (c'est-à-dire formant un tableau à seulement deux entrées).

Le lendemain, en début de TP (donc en demi-groupe), les élèves avaient à chercher les réponses aux quatre questions avant une mise en commun, celles-ci s'appuyant sur un document historique, à savoir une représentation par Mendeleïev de sa proposition de classification (ce document étant reporté en Annexe D2). Ces questions avaient pour but de montrer qu'il existe des exceptions à la règle des masses croissantes, ce qu'on pouvait déjà trouver dans le document historique de Mendeleïev, ainsi que montrer que les gaz nobles étaient absents de la classification de Mendeleïev et chercher pourquoi, et enfin à faire comprendre aux élèves que le tableau périodique n'est pas définitif mais bien en constante évolution car à l'époque de Mendeleïev, il n'y avait pas les gaz nobles, mais surtout on n'avait pas encore détecté des éléments dont pourtant on soupçonnait l'existence.

Le détail de ces questions et l'analyse des réponses d'élèves seront traités dans la prochaine partie, ainsi que les réponses à la question en lien avec cette activité posée lors de l'évaluation suivante.

3.5 Activité sur l'étymologie des noms d'éléments

Cette activité a été mise en place par nous deux, mais selon des modalités différentes. Nous ne présentons ici que des généralités concernant cette activité car son but était avant tout d'attiser la curiosité des élèves en utilisant l'histoire des sciences, et à former en partie leur culture scientifique générale, ces objectifs étant donc moins ambitieux que pour les activités précédentes, et aucun travail de restitution leur étant demandé. Nous allons donc chacun décrire la manière dont nous avons mené cette activité, ainsi que ces principaux résultats.

3.5.1 Activité menée par Gabriel

Dans le cadre d'une fin de séquence portant sur le tableau périodique et les éléments, j'ai organisé un petit jeu par équipe lors de la fin d'une séance de TP, sur environ 25 à 30 minutes pour les deux demi-groupes d'une de mes classes. Cette « récréation intellectuelle » comme je l'ai appelé consistait en des questions portant sur de l'étymologie, des symboles d'éléments ou encore certaines de leurs caractéristiques. Cette activité mêlait donc physique, chimie et histoire des sciences d'une manière ludique. Des exemples de questions sont donnés ci-dessous⁸ :

1. Donner l'élément nommé en référence à un continent.
2. Donner les éléments chimiques nommés en hommage à une femme.
3. Donner le numéro atomique et le nom de l'élément nommé en référence à Paris.
4. Donner le numéro atomique et le nom de l'élément nommé en référence à deux des scientifiques dont nous avons étudié le modèle de l'atome.

La question 1. a permis de mettre en avant le fait que les éléments synthétisés récemment étaient nommés selon des modalités différentes de ceux connus depuis des siècles, les scientifiques pouvant choisir un nom selon des critères larges comme c'est le cas pour l'*europium*. La question 2. attendait deux réponses, à savoir le *curium* nommé en hommage à Marie Curie, que les élèves ont trouvé très rapidement, et le *meitnérium* que les élèves ont mis beaucoup de temps à trouver. Pour la première, certains élèves semblaient déjà connaître cette scientifique, d'où la rapidité de la réponse. Pour la seconde, des propositions étant faites sur d'autres scientifiques tels le *copernicium*, le *berkélium* ou le *lawrencium* (nommés d'après des hommes donc). Les élèves ne connaissaient ainsi pas du tout Lise Meitner (ce qui semble normal vu que ses travaux portent principalement sur la fission nucléaire), et cette activité m'a donc permis de leur faire connaître son nom et ses travaux dans les grandes lignes. La question 3. est typique de l'interdisciplinarité à laquelle peut amener l'intégration d'HST dans des séances. En effet, la réponse attendue était *lutécium*, réponse qui nécessitait donc

⁸ D'autres questions portaient sur d'autres parties que de l'étymologie en lien avec l'HST, telle « Quel est l'élément naturel le plus lourd ? » ou « Combien d'éléments sont gazeux dans les conditions standards ? » mais intéressent peu notre propos ici.

une référence au cours d'Histoire-Géographie, ce qu'une élève a réussi très rapidement dans un des demi-groupes. A noter que les propositions *gallium* et *francium* ont aussi été tentées (sachant que la référence à la Gaule avait déjà été donnée lors du TP précédent), après la fameuse tentative du « parisium » que j'ai eu dans les deux groupes. Enfin, la question 4. nécessitait de réactiver les souvenirs de révisions qui dataient d'environ deux semaines auparavant. Les élèves ont ainsi tenté de chercher par exemple le « thomsonium » ou le « daltonium » avant de trouver le *bohrium* (et non le *bore* comme l'a proposé un groupe) ainsi que le *rutherfordium*.

En bilan, les élèves les plus investis en cours sont ceux qui ont réussi à glaner le plus de points, même si la grande majorité s'est impliquée dans cette activité ludique. Un point très positif a aussi été le fait que deux élèves (une dans chaque demi-groupe) se sont très fortement prises au jeu et ont rapporté de nombreux points à leur équipe alors qu'il s'agit de deux des quelques élèves qui ne montraient que peu de motivation et d'implication en Physique-Chimie depuis le début de l'année.

3.5.2 *Activité menée par Nicolas*

Dans le cadre d'un TP informatique (séance de 1h20), les élèves étaient évalués sur leur aptitude à extraire des informations de documents (sur internet) ainsi qu'à présenter leurs réponses sur un document de type « traitement de texte ». Cette activité portait principalement sur l'étymologie de divers éléments chimiques puis sur leur regroupement en diverses « familles » étymologiques (scientifiques, astres, divinités, lieux). Par ailleurs, quelques questions étaient portés sur :

- Le nombre d'éléments chimiques dans le tableau.
- Le nombre d'éléments se trouvant à l'état gazeux en corps simples dans la nature.
- Le nombre d'éléments radioactifs.

Les élèves se sont prêtés au jeu avec enthousiasme. Les principales difficultés rencontrées sont leur manque de maîtrise de l'outil informatique (traitement de texte, moteur de recherche). Par ailleurs nous pouvons remarquer qu'au cours de leurs recherches, les élèves n'ont pas tous trouvé le même nombre d'éléments chimiques dans le tableau. Cela dépend à quelle date fut édité le tableau que les élèves ont consulté, les plus anciens n'étant pas à jour par rapport à la découverte des derniers éléments synthétiques. Autre détail, certains élèves ont dénombré quatre « éléments » (feu, terre, air, eau) d'après la définition faite par les philosophes grecs présocratiques.

3.6 **Historique des expériences sur la radioactivité de Becquerel**

J'ai proposé à mes élèves, dans le cadre d'un travail à la maison facultatif à faire au cours d'une période de vacances, de travailler s'ils le souhaitaient sur un sujet interdisciplinaire mélangeant de la physique-chimie et de l'histoire au travers des expériences historiques de Becquerel qui ont fortement contribué aux premiers développements des théories sur la radioactivité.

Ce travail consistait en l'analyse d'un document présentant un petit historique d'expériences menées par Henri Becquerel qui conduisent aux premières observations concrètes concernant la radioactivité après une rapide contextualisation sur la physique liée à la toute fin du XIX^e siècle, puis en la réponse à des questions qui portaient sur différents aspects ayant pour but de développer l'intérêt des élèves à la réflexion en lien avec l'Histoire des Sciences et Techniques tout en développant leur aptitude à analyser un document volontairement assez complexe pour des élèves de Seconde. (Le texte du document ainsi que les questions associées sont reportés en Annexe E).

La question 1 demande de résumer les différentes expériences menées par Becquerel pour retracer la démarche qu'il a suivi depuis des roches émettrices de rayons X jusqu'à la détection de ses « rayons uraniques ». Les élèves devaient donc expliquer de manière claire et simplifiée quelles expérimentations ont été menées, dans quel ordre et dans quel but. Le document présentait bien évidemment une version simplifiée mettant de côté toutes les hésitations, vérifications, répétitions d'expériences, etc., qui sont caractéristiques de la démarche scientifique expérimentale, mais mettait volontairement en avant une hypothèse erronée que Becquerel cherche ensuite à démontrer (alors qu'il l'avait formulée lui-même dans un premier temps), ce qui l'amène justement à de nouvelles observations jamais mises en avant auparavant, et donc à la description d'un nouveau phénomène qui sera ensuite vérifié par d'autres.

La question 2 demande de schématiser la série d'expérience visant à montrer que ce n'est pas le caractère phosphorescent mais une propriété propre à l'uranium qui permettent les impressions des plaques photographiques. Le but est donc de bien saisir les expériences dans le détail de leur réalisation et de convertir ceci en schémas simples mais aussi clairs et complets que possible.

La question 3, plus complexe, est : « Il est souvent admis que les travaux de Becquerel n'ont, dans un premier temps, connu que peu de retentissement dans la communauté scientifique. Selon vous, quelles peuvent en être les raisons ? ». Ceci demande une capacité d'abstraction historique de la part des élèves, avec formulation d'hypothèses liées aussi bien aux sciences, à l'histoire, au contexte historique, etc. Il n'était bien évidemment pas attendu de réponse complète ni même forcément « correcte » (dans le sens où vérifier cette affirmation historique est très complexe) mais bien que les élèves fassent preuve de leur réflexion sur le sujet.

Sur la totalité de mes élèves, peu sont donc impliqués dans cette activité car seuls ceux qui ont choisi cette troisième partie d'un DM facultatif se sont donc penchés sur ces questions. Pour autant, comme présenté dans la partie suivante de ce mémoire, plusieurs propositions de réponse ont été formulées et sont très intéressantes à analyser.

4. Analyse du déroulement des séances et des productions d'élèves

4.1 Analyse de l'activité sur les modèles historiques de l'atome

4.1.1 Modalités et déroulement de l'activité

Un premier aspect attendu et qui s'est vérifié est que cette activité permettait de faire de la différenciation pédagogique, ce qui est d'autant plus intéressant qu'elle utilise l'interdisciplinarité ce qui a tendance à creuser les écarts entre les élèves, entre ceux bien intégrés au sein du système du lycée et ceux qui le sont moins. En effet, les sujets (dont le n°6 est reporté en annexe B1) n'étaient pas d'une même difficulté, et celles-ci n'étaient pas du même type selon l'atomisme qui était à étudier.

Ainsi, le sujet sur l'atome de Bohr était le plus complexe au niveau de la physique et a donc été réservé au groupe semblant avoir le plus de facilités avec la Physique-Chimie, ce qui a été concluant trois fois sur les quatre (le dernier groupe ayant été choisi par défaut par mes soins, et j'ai eu à fortement aider ce trinôme même si deux des trois élèves semblent bien avoir saisi l'aspect scientifique et historique de ce modèle au bout du compte). Le sujet concernant le modèle de Thomson était d'une difficulté intermédiaire concernant la physique et a donc été réservé à des groupes plutôt sérieux et ne présentant pas de fortes lacunes *a priori* pour la matière.

Le sujet sur l'atomisme indien était quant à lui plus compliqué non pas concernant la physique mais bien concernant la philosophie intrinsèque à cet atomisme, complexe et avec de nombreuses imbrications avec les croyances, l'histoire et les modalités de la science dans cette civilisation indienne d'avant notre ère. Un binôme a pour autant extrêmement bien réussi à saisir l'ensemble de ces aspects ainsi qu'à faire le parallèle avec les quatre éléments dans la théorie aristotélicienne (leurs travaux sont reportés en Annexe B2). Ce sujet était donc réservé aux binômes impliqués qui pour autant n'ont pas forcément beaucoup d'affinités avec la Physique-Chimie.

Le sujet sur l'atomisme chez les Grecs Anciens était quant à lui complexe par l'abstraction historique qu'il nécessitait (ce à quoi je ne m'étais pas attendu, cette civilisation étant travaillée en cours d'Histoire-Géographie dès la 6^e et même également au cours du Primaire). Certains élèves ont alors butté sur cette difficulté liée à la contextualisation de la théorie décrite ; d'autres au contraire ont réussi à saisir ceci et produire ainsi un travail très complet et convainquant concernant le lien entre les disciplines de l'histoire et de la physique.

Les deux derniers sujets étaient quant à eux moins complexes à aborder pour les élèves, probablement car il s'agit des modèles servant de base aux cours du collège. En effet, l'atome est considéré comme quelque chose d'immuable dans le programme de Quatrième (ancien programme) car il se « conserve » au cours des réactions chimiques, et sa modélisation est faite au travers de celles des

molécules représentées avec les modèles moléculaires, c'est-à-dire des boules de plastique solides, sans les idées d'électron et de noyau ; ceci correspond donc fortement au modèle de Dalton, dans lequel la taille des atomes change quand les éléments sont différents⁹. Le modèle de Rutherford correspond quant à lui au programme de Troisième dans lequel il est écrit « Constituants de l'atome : noyau et électrons. Structure lacunaire de la matière. ». Ces deux modèles étaient donc donnés aux trinômes ayant le moins d'affinité avec la Physique-Chimie.

A noter que des élèves m'ont signalé que cette activité avait déjà été faite dans leur cours de l'année de Troisième (3 occurrences). Les modèles étaient alors Grecs Anciens, puis Dalton, puis Rutherford. Cette filiation directe est ce que j'ai tenté d'éviter au cours de cette séance.

4.1.2 Objectifs de l'activité et production d'élèves au cours de la séance

Les textes ne montraient que peu de contextualisation, ce qui était volontaire car le but était avant tout de reconstruire le modèle à partir de ce qu'on nous en disait. Ensuite seulement, les élèves faisaient quelques recherches internet afin de mieux comprendre le contexte dans lequel ce modèle était proposé. Les exposés ont ensuite été fait volontairement dans l'ordre chronologique, non pas pour montrer une « suite logique » entre ces atomismes, mais bien pour montrer qu'il y a une corrélation à faire entre l'histoire et la science. Le but final était bien simplement une prise de conscience de l'historicité des modèles, pas l'analyse de l'ancrage historique d'une théorie physique, ce qui aurait été trop complexe et long à mettre en place, et du coup probablement assez décourageant pour les élèves, surtout ceux peu intéressés par la matière. Mais au bilan, au contraire, les sujets traités et les productions fournies montrent que certains moins enclins à faire des sciences de la nature (difficultés habituellement avec l'aspect mathématique ou de raisonnement construit selon des modalités définies) ont réussi à tenir un discours construit répondant aux attentes et exigences de l'exercice proposé (et ont donc présenté un discours scientifique, mais plus basé sur les modalités des sciences humaines, bien évidemment complémentaires de celles des sciences de la nature).

Afin de voir ce que les élèves ont pu tirer de cette activité est reportée en annexe B1 un exemple de production d'élèves qui ont proposé à la fois un diaporama comme demandé, mais également une trame écrite de leur présentation orale qui donne ce que ces deux élèves ont principalement retenu de leur travail. On constate que ces élèves ont bien su se saisir de l'intérêt du texte et donc d'intégrer la dimension historique et philosophique de cet atomisme. Leur conducteur de présentation orale est un très bon condensé du texte, difficile à aborder, qui leur a été donné. Elles ont

⁹ Dans les modèles moléculaires, la couleur également change. Il est d'ailleurs ensuite difficile de faire comprendre aux élèves que les atomes n'ont pas de couleur, et ce d'autant plus que beaucoup gardent une vision « matérielle » de la couleur, comme si celle-ci existait en soi et n'était pas une simple interprétation du cerveau ; l'exemple le plus marquant est le fait que beaucoup considèrent encore en classe de Seconde et malgré le travail sur la lumière fait au collège qu'un arc-en-ciel est bien un véritable objet.

su détacher les informations les unes après les autres pour mettre en avant les « éléments », puis les « substances », et enfin leurs « qualités », ce qui est d'autant plus remarquable que les élèves de Seconde ont souvent déjà une conception de l'atome déjà arrêtée, celle de la sphère dure, alors qu'ici la proposition en est très éloignée.

De plus, comme dans ce modèle, les quatre types d'atomes correspondent aux quatre éléments d'Aristote, il a été facile d'enchaîner au cours de la séance sur le modèle d'atomisme des Grecs Anciens car Démocrite et Leucippe étaient opposés à la doctrine d'Aristote, qui pourtant est souvent présenté comme le précurseur d'une théorie immuable qui va perdurer durant tout le Moyen-Âge. Montrer que la théorie du philosophe découle de travaux plus anciens, des Indiens dont les élèves ignorent souvent que la civilisation est aussi ancienne et avancée scientifiquement, a été bénéfique et permis par le travail de ce groupe, ce qui a fortement intéressé les élèves. Ainsi, même si les élèves n'auront pas tout retenu des détails de cette activité, plusieurs se sont montrés intéressés par les aspects historiques liés à l'atomisme et ont apprécié apprendre des choses liées à la culture générale scientifique, en lien avec l'histoire.

4.1.3 Analyse des réponses à une question en lien posée lors du DS suivant

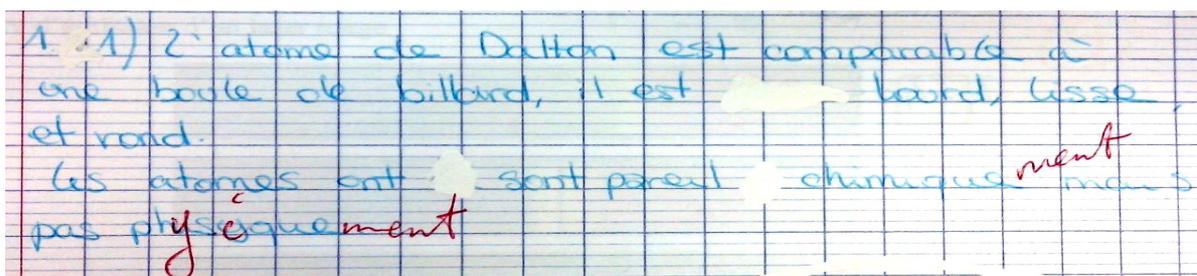
Une question liée à cette activité était proposée au devoir surveillé suivant. Celle-ci était : « Décrire plusieurs modèles historiques de l'atome en nommant à qui il est dû et quelles sont ses caractéristiques. La réponse attendue n'excédera pas 5 lignes. ». Il s'agissait de la toute première question du DS, et comptait pour 2 points sur 20. Les résultats sont assez décevants dans la mesure où seuls les meilleurs élèves lors des présentations orales ont été capables de présenter leur modèle de façon assez complète et concise. Très peu d'élèves ont été capables de nommer deux des six modèles étudiés, et aucun n'a été capable d'en nommer plus. Plusieurs réponses sont donc assez complètes, mais portent seulement sur le modèle étudié par l'élève.

Un exemple d'élève qui a été capable de reprendre de manière assez détaillée le modèle qu'elle a étudié est présenté ci-dessous (Sujet 2 sur l'atomisme indien) :

1.1. Il y a l'atomisme indien par Aristote et la tribu des Nyanya-Véséika, pour eux la base de la matière est les éléments de la nature, l'eau, l'air, le feu et la terre. Et forment le goût, l'odorat, le toucher, la senteur, ...

La principale erreur est de dire qu'Aristote est Indien, alors que celui-ci a vécu environ deux siècles après la théorie décrite, ce qui était indiqué dans le document fourni. L'essentiel du modèle a pour autant été retenu, comme le montrait leur présentation (qui est celle reportée en annexe B2 et discutée précédemment, ainsi que le scripte de leur présentation).

Un autre exemple de réponse est la suivante :



On a ici les idées principales de l'atome de Dalton tel qu'étudié par l'élève. On constate tout de même que l'on n'a pas de période de proposée, ni la notion d'« élément » d'évoquée alors que celle-ci l'était fortement dans les documents proposés.

J'ai relevé quatre autres réponses semblables à celle-ci, donnant le nom et les principales caractéristiques d'un modèle historique de l'atome, toujours celui étudié par l'élève. Ce nombre est donc très faible, le bilan faisant donc état de 6 réponses assez détaillées sur 64 élèves, et seulement 10 de plus avec simplement l'évocation du nom d'une des théories, ce qui rapportait 0,5 point sur 2.

Ce résultat peu probant est d'autant plus décevant que les élèves avaient été prévenu qu'une telle question serait posée, et alors trop peu ont appliqué la consigne d'aller regarder les diaporamas des autres, déposés en ligne sur e-lyco. Il est difficile d'associer ceci à un manque d'intérêt que beaucoup ont ressenti pour cette activité, ou plutôt à un manque de sérieux dans leur travail personnel, même si la seconde hypothèse est très probable (peut-être aussi conjuguée à la première pour certains) car ceci a été constaté dans plusieurs matières, et à plusieurs reprises concernant la Physique-Chimie.

4.2 Analyse de l'activité sur l'histoire de l'aspirine

4.2.1 Changements par rapport à l'activité proposée par Nicolas et détail des questions

Le texte de l'activité, reporté en Annexe C, est celui composé par Nicolas et que j'ai repris exactement pour ma séance. Cependant, comme l'avait fait remarquer Nicolas, plusieurs mots posaient problème aux élèves et j'ai alors projeté un lexique avec les définitions des mots soulignés dans le texte afin de les aider. De plus, quelques questions ont été changées, même s'il s'agissait seulement de reformulations, les objectifs restant les mêmes que ceux décrits précédemment.

La première question portait simplement sur l'intérêt thérapeutique et l'utilisation historique du composé soulageant la douleur contenue dans l'écorce de saule, à savoir la salicyline, et la deuxième question visait à identifier le nom de cette molécule.

La question suivante visait à demander si l'acide salicylique, contenu cette fois dans la *reine-des-prés*, est une molécule naturelle, de synthèse ou artificielle. Ces notions étant explicitement au

programme du B.O., il était intéressant de les rattacher à cette activité. En effet, cette molécule étant à la fois naturelle et de synthèse, elle pouvait donc être extraite de la plante mais aussi synthétisée. Une vidéo de *C'est pas sorcier* avait d'ailleurs déjà été diffusée sur le sujet, dans laquelle il était dit que l'aspirine était extraite de la nature et aussi synthétisée à partir de produits pétrolier.

Cette double occurrence avait pour but de faire le lien avec la question suivante, qui s'énonce ainsi : « Y a-t-il eu, du point de vue scientifique, économique ou technique, un réel progrès entre les travaux de Löwig en 1835 et de Kolbe en 1874 ? Justifier. ». Le premier a cristallisé de la *Spisäure* qui s'est avérée être de l'acide salicylique par la suite, et le second a synthétisé cette même molécule et sa version ionique. Les avancées scientifiques étaient donc de constater que ces molécules étaient les mêmes, et qu'une version ionique moins agressive pour le corps en existait, ces informations étant données plus ou moins explicitement dans le texte. Il en est de même pour l'avancée technique, car il s'agissait de dire que l'on est passé de l'extraction (méthode d'hydrodistillation) à la synthèse, deux techniques qui ont par la suite été réalisées en TP (avec cependant d'autres molécules que l'aspirine car non réalisables dans mon établissement). Enfin, les élèves avaient à déterminer par eux-mêmes quels pouvaient être les progrès économiques liés à ces avancées techniques et scientifiques, la réponse attendue devant faire référence à la complexité de la mise en place à une échelle industrielle de la synthèse, qui pour autant est bien plus rentable car moins chère une fois le processus optimisé par rapport à l'extraction.

Les deux dernières questions tournaient autour de l'aspirine pour faire constater aux élèves qu'il s'agit d'une molécule artificielle (donc également de synthèse), présentant de nouveaux intérêts thérapeutiques d'où le fait qu'elle remplace finalement l'acide salicylique.

4.2.2 Déroulement de l'activité et analyse des productions d'élèves

Dans l'ensemble, les élèves, qui étaient réunis par groupe de quatre, ont réussi à répondre assez facilement et assez rapidement aux premières questions car ceci avait déjà été plus ou moins vu au travers d'une première activité présentant les médicaments d'une manière générale et plus particulièrement l'aspirine au travers d'une double analyse documentaire, le premier document étant un texte et le second un extrait de vidéo de *C'est pas sorcier*.

La question pour savoir si l'acide salicylique est une molécule de synthèse ou naturelle a posé des soucis aux élèves car beaucoup ont pensé qu'elle ne pouvait être que l'un ou l'autre, et non pas les deux. Cependant, une fois cet obstacle dépassé (dû probablement surtout à l'utilisation du terme « synthétique » au quotidien souvent par opposition à « naturel »), les élèves ont pu se pencher sur la question des progrès du point de vue scientifique, technique et économique. Cette question a dû être décomposée, les élèves ne saisissant pas qu'il s'agissait de donner les trois aspects et non un

seul. Une fois ses modalités comprises, ils ont produit des réponses intéressantes comme celle-ci :

2.3) Il y a un réel progrès entre le travail de Löwig en 1835 et celui de Kolbe en 1874 du point de vu

- technique : en 1835 on extrait l'acide salicylique alors qu'en 1874 on le synthétise.
- scientifique : en 1835 on ne savait pas que "spisäure" était l'acide salicylique contrairement, en 1874,
- économique : en 1874 la forme de l'acide salicylique est plus facile à vendre qu'en 1835. La synthèse est plus facile et est plus rentable (plus grande quantité)

Cette réponse est donc un résumé de ce qui était attendu, même si la réponse en soi est complète et donc satisfaisante. Les élèves de Seconde n'ayant pas encore certaines habitudes de travail et présentant des difficultés de concentration pour beaucoup, une réponse suffisamment détaillée comme celle-ci et non pas un paragraphe comme on aurait pu l'espérer convient pour estimer que l'objectif, qui était de comprendre les différents aspects de l'étude et de l'utilisation dans la société de cette molécule, a été atteint. Une seconde réponse plus approximative et moins détaillée est alors donnée ci-dessous, et représente ce que la majorité des groupes ont pour produire :

2.3. D'un point de vue scientifique, les deux molécules sont les mêmes mais elles ne proviennent pas du même endroit. Celle de Löwig vient de la nature et celle de Kolbe vient d'un laboratoire. Pour l'aspect économique, la molécule de Löwig est plus facile à obtenir que celle de Kolbe.

Ici, on parle « d'endroit » alors que la molécule de Löwig provient aussi d'un laboratoire car c'est là qu'y est faite l'extraction. Il n'est pas évoqué directement l'amélioration technique même si celle-ci est sous-entendue entre le « changement d'endroit » et la « facilité d'obtention ». Et d'un point de vue économique, l'aspect du coût n'est pas évoqué non plus.

Au final, cette activité a apporté beaucoup aux élèves d'un point de vue disciplinaire car les points explicitement dans le programme (molécule naturelle, de synthèse, artificielle ; technique d'extraction et de synthèse ; principe actif) ont bien été saisis. Cependant, l'intérêt du travail interdisciplinaire en s'appuyant sur l'étude historique de l'aspirine pour intégrer toutes ces notions a été limité car même si les élèves ont trouvé intéressant de voir cette molécule sous son aspect historique, ils n'ont pas su l'utiliser suffisamment pour construire les savoirs à partir de ceci directement, sans devoir revenir pour chaque question à un traitement plus « classique ».

4.3 Analyse de l'activité présentant la méthode de classification des éléments de Mendeleïev

4.3.1 *L'intérêt d'étudier la classification de Mendeleïev d'un point de vue historique*

La classification de Mendeleïev est généralement présentée de manière historique aux élèves, mais souvent de manière trop simplifiée, voire caricaturale (certaines fois les activités proposées, dans des manuels scolaires notamment, montrant Mendeleïev comme un génie isolé qui créa un tableau immuable et encore utilisé de nos jours). Cette classification est pourtant complexe car associe les caractéristiques chimiques (et non physiques, qui pourtant étaient proposées pour certaines sur les cartes de jeu, comme la couleur du solide ou du liquide, ainsi que l'état dans les conditions standards) et les masses atomiques. Montrer sa complexité et l'ancrage de celle-ci dans son contexte historique permet aux élèves selon moi de mieux saisir ce qu'il en ressort et à quoi cela sert, ainsi que de chercher à comprendre pourquoi les critères ont changé. Ceux-ci sont :

1 – Les propriétés chimiques : Il ne s'agit alors que de propriétés constatées de manières macroscopique, à partir de composés supposés purs (électrolyse de l'eau par exemple, qui ne donne que du H_2 et du O_2 à partir d'une eau ne contenant aucun ion).

2 – Les masses atomiques : Il est nécessaire de faire remarquer aux élèves que les masses atomiques indiquées sur le document sont des masses relatives, prises à partir de l'hydrogène à qui on a associé dans un premier temps la valeur 1 exactement. Plus tard, la référence sera donnée à l'oxygène 16, ce qui donne la valeur 1,0076 pour l'hydrogène. Il faut aussi faire comprendre aux élèves que les valeurs déjà très précises présentes dans le tableau de Mendeleïev (de l'ordre du centième voire beaucoup plus encore) sont dues à des milliers de mesures et d'heures de travail, à partir de nombreuses combinaisons, par croisement d'informations et grâce à d'importantes collaborations (Mendeleïev n'étant pas le seul responsable de l'établissement de son classement car il n'a pu mener les expériences donnant ses valeurs de masse atomique et de propriétés chimiques seul ; il s'agit principalement d'une compilation particulièrement bien menée de milliers d'informations).

L'évolution du classement de Mendeleïev au classement actuel est importante. Si très peu d'éléments ont « changé de place », ou si seulement quelques masses atomiques ont été affinées jusqu'à des différences d'environ 5 %, d'autres changements majeurs mais peu visibles ont eu lieu. Ceux-ci étaient nécessaires afin d'expliquer la place de nouveaux éléments, certaines nouvelles propriétés chimiques, les inversions dans les masses atomiques constatées, et incluant les nouvelles connaissances concernant la structure de l'atome. Il est donc nécessaire de faire comprendre aux élèves que la classification actuelle n'est pas une « amélioration » du classement de Mendeleïev mais bien une refonte en profondeur (les définitions des deux entrées du tableau étant extrêmement différentes)

qui pourtant donnent presque le même résultat. On comprend ainsi que faire des sciences amène souvent non pas à des « révolutions » mais généralement à de simples évolutions avec des contributions affinant le modèle en vigueur chez de nombreux scientifiques, qui ensuite cherchent à valider le nouveau modèle plus précis ou complet que le précédent par consensus.

4.3.2 Déroulement de l'activité

L'activité s'est déroulée sur deux séances avec les deux classes. Nous avons fait en groupe-classe par groupe de trois ou quatre la partie de construction du tableau périodique avec identification des deux critères pertinents pour construire le tableau à double entrée. Le lendemain, en début de TP (donc en demi-groupe), les élèves avaient à chercher les réponses aux quatre questions avant une mise en commun.

Afin de les aider à répondre à la première question, j'ai rappelé au tableau les caractéristiques de l'argon et du potassium en notant au tableau : « Ar : masse de 39,9 u et numéro atomique $Z = 18$ K : masse de 39,1 u et numéro atomique $Z = 19$ ». Comme le critère vu la veille était la masse atomique croissante pour suivre l'ordre des éléments, il leur était demandé la remarque que l'on pouvait faire. La réponse attendue était donc qu'il y avait une exception à la règle des masses atomiques croissantes. Pour autant, certains élèves raisonnaient en sens inverse en m'affirmant que le problème était que le potassium ne devait pas être l'élément suivant mais situé entre le chlore et l'argon. Il était alors nécessaire de rappeler la seconde règle vue, à savoir les propriétés chimiques identiques, pour faire comprendre qu'aucun de ces trois éléments ne pouvait changer de colonne donc d'ordre.

La question suivante était alors de pointer dans le document historique ce qui est entouré (voir le diaporama reproduit dans l'Annexe D2). Le travail sur ce document a donc demandé un travail préliminaire pour le « rendre historique » comme détaillé dans le cadre théorique. Le premier point était de faire remarquer aux élèves que les entrées du tableau étaient inversées par rapport à celles déterminées la veille, à savoir que les masses croissantes sont placées en colonne, du haut vers le bas. Les éléments sur une même ligne sont alors ceux qui ont des propriétés chimiques similaires. J'ai ensuite contextualisé en expliquant que si ceci avait été modifié, c'était aussi dû au fait que le tableau a un siècle et demi. A noter que l'écriture en russe n'a pas perturbé les élèves qui se sont cantonnés au tableau dont les symboles des éléments étaient les mêmes qu'aujourd'hui. Ceci posé, ils pouvaient faire la remarque que le tellure Te était une autre exception à la règle des masses croissantes et que donc ce critère n'était pas suffisamment précis. En faisant un retour à la comparaison argon/potassium (impossible avec le document historique), les élèves ont ainsi su me dire facilement que le critère actuel était donc le numéro atomique Z qui devait être croissant. L'aspect historique du document est alors bien ressorti car les élèves ont saisi que le changement de critère effa-

çait l'idée d'irrégularité donc « d'erreur » qu'aurait commise Mendeleïev ; c'était donc assez clair pour eux qu'il n'avait juste pas une explication suffisamment précise, pas qu'il s'était trompé.

La question suivante, la C., portait sur le fait que les gaz nobles étaient absents de la classification de Mendeleïev. La réponse attendue a bien été formulée par plusieurs élèves, à savoir que ces éléments n'avaient pas encore, à l'époque, été détectés car inertes chimiquement. J'ai alors mis en avant que c'étaient des méthodes physiques, à savoir la spectroscopie, qui avaient permis cette détection, notamment de l'hélium dans le spectre du Soleil (travaillé quelques semaines auparavant), d'où son nom. J'ai ainsi pu montrer les liens entre disciplines, et le fait que celles-ci étaient interconnectées dans la démarche scientifique. Une seconde hypothèse a cependant été formulée par une élève et révèle sa compréhension de l'historicité du document. En effet, elle a fait comme hypothèse que si les gaz nobles n'étaient pas présents dans le tableau périodique, c'était parce qu'ils étaient justement inertes chimiquement et donc inutiles à étudier car n'avaient pas d'application ou d'intérêt. Elle a donc montré que ce tableau pouvait avoir un aspect pratique plus que théorique à l'époque, hypothèse qui a convaincu plusieurs élèves du cours avant que ne soit formulée l'hypothèse qui était attendue. Démontrer son hypothèse était malheureusement trop complexe car il aurait fallu contextualiser toute la théorie développée à l'époque autour de la classification périodique, ce qui m'aurait pris trop de temps. J'ai cependant souligné que son hypothèse était tout à fait recevable et révélait un aspect du lien entre théorie et pratique qu'il est important de considérer en sciences, et que ceci fait partie intégrante de la démarche scientifique (objectif important à inculquer aux élèves et pour lequel l'HST est un bon moyen).

La question D. quant à elle visait à faire comprendre aux élèves que le tableau périodique n'est pas définitif mais bien en constante évolution car à l'époque de Mendeleïev, il n'y avait donc pas les gaz nobles, mais surtout on n'avait pas encore détecté des éléments dont pourtant on soupçonnait l'existence. Faire remarquer ainsi aux élèves que le scientifique russe a écrit dans son tableau « ? = 68 » et « ? = 70 » permet donc de voir qu'il avait fait l'hypothèse que devaient exister des éléments, dont il avait estimé la valeur de la masse atomique ainsi que les propriétés chimiques attendues. Une comparaison avec le tableau actuel montre ensuite qu'effectivement ces emplacements du tableau sont désormais occupés, par le *gallium* de masse atomique 69,7 u et par le *germanium* de masse atomique 72,6 u. Deux remarques peuvent alors être formulées : la première est que j'ai fait remarquer l'étymologie des noms aux élèves et donc ils ont constaté que ces noms étaient récents même si empruntés à des mots latins, car dans les autres éléments, aucun n'avait été nommé en hommage à des pays, ce qui en fait un acte moderne¹⁰. La seconde remarque est l'écart entre la

¹⁰ Cette première utilisation de l'étymologie, avec en plus celle concernant l'azote qui était présente dans un des documents du devoir surveillé de la même semaine, a ensuite été réutilisée à des fins pédagogiques la semaine suivante au travers de la petite activité décrite précédemment.

masse atomique estimée par Mendeleïev et sa valeur actuelle, valeur « assez fausse » pour les élèves ; il est alors nécessaire, comme je l'ai fait, de leur faire remarquer que la précision était finalement assez bonne vu les moyens de l'époque. Une contextualisation rapide a donc été nécessaire, mais pour valider entièrement mon propos, j'ai donc pris l'exemple du plomb estimé à 207 u pour 207,2 u actuellement¹¹.

4.3.3 Analyse des réponses des élèves à la question en lien avec l'activité lors du DS suivant

Lors du troisième devoir surveillé de 1h de l'année, une question était posée dans l'exercice 1, sous forme de QCM, à propos de cette activité. La question était « Quels sont les critères historiques (de Mendeleïev) de la classification périodique des éléments ? ». Les quatre réponses proposées étaient « 1 – Propriétés chimiques similaires. 2 – Électrons sur la couche externe. 3 – Numéro atomique croissant. 4 – Masse atomique croissante ». Il fallait donc entourer les réponses les 1 et 4.

Les élèves ont dans leur grande majorité eu faux à cette question (malgré le fait que j'avais prévenu qu'une question simple serait posée sur cette activité). Il est assez étonnant que beaucoup n'aient entouré qu'une réponse, ou au contraire trois ou quatre. La réponse la plus fréquente a été « Propriétés chimiques similaires » et « Numéro atomique croissant », ce qui est d'autant plus étonnant que les élèves avaient trouvé lors de l'activité en cours le critère « Masse atomique croissante » assez simplement, alors que celui sur les « Propriétés chimiques similaires » a été compliqué à trouver pour certains groupes (beaucoup préférant essayer de former des « familles » par propriétés physiques comme le fait que des éléments soient des gaz, d'autres des métaux, etc.).

Au final, seules 5 réponses étaient correctes sur 64 copies¹². Ce résultat est donc très faible, mais les résultats d'une manière générale à cet exercice de type QCM ont montré que les élèves n'étaient pas suffisamment attentifs aux consignes, et n'ont pour beaucoup pas saisi le fait que l'ensemble des activités faisaient partie de leur cours (malgré plusieurs avertissements, et le fait que l'on soit déjà en décembre donc que les élèves savaient comment fonctionne le cours de Physique-Chimie, notamment pour les DS qui est leur principal objectif, au-delà de la compréhension du cours pour certains). Ce résultat décevant révèle un manque d'intérêt pour certains pour l'activité menée, mais également pour la matière en général, et pour d'autres le fait qu'ils n'aient pas saisi que ce genre d'activité, peu habituel pour eux, fait bien partie intégrante du cours et est donc aussi à réviser pour les évaluations. Au final, les cinq réponses correctes n'ont été données que par des élèves parmi les plus sérieux et intéressés par la matière.

11 L'emploi de l'unité u pour parler des valeurs du tableau de Mendeleïev est anachronique mais comme la définition va se baser sur une référence pour laquelle on estime que l'unité de l'époque équivaut à environ 1 u actuel, j'ai pris la liberté de volontairement garder cette unité.

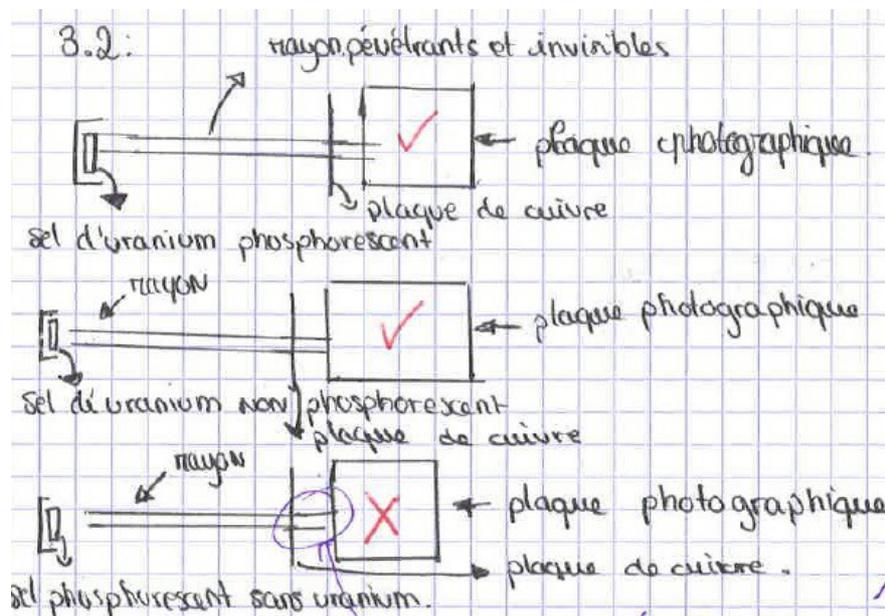
12 Je prends le parti de ne pas reporter les réponses « à moitié correctes » (qui ne donnent d'une des deux propriétés) car la part du hasard pour obtenir une telle réponse était trop grande pour cette question, tandis que une réponse totalement correcte était tout de même assez peu probable simplement avec le hasard.

4.4 Analyse de l'activité sur les expériences de Becquerel

Comme décrit précédemment, le texte descriptif était suivi de trois questions. La première visait à résumer les expériences décrites dans le document, ce qui a été réussi par la plupart des élèves ayant tenté cette question. Cette question qui peut sembler simple au premier abord demande une capacité d'abstraction pour imaginer ce qu'a fait Becquerel, comme la suivante qui demandait de reproduire une de ses expériences à l'aide d'un schéma tel que l'élève l'a compris. Ceci donne par exemple la réponse suivante :

3.1: Henri Becquerel cherche à découvrir si le caractère phosphorescent des roches riches d'uranium et le fait qu'elles émettent des rayons ont un lien. Il commença par exposer du sel d'uranium à la lumière du soleil et obtint une plaque photographique impressionnée. Il en déduit que les roches ont dû emmagasiner une grande quantité d'énergie solaire. Mais un jour, après avoir mis les sels d'uranium à l'abri du soleil dans une boîte de plomb et l'expérience donne toujours le même résultat. Pour s'en assurer, il teste avec 3 sels d'uranium dont un phosphorescent, un non phosphorescent et le dernier sans sels d'uranium phosphorescent mais sans uranium. Le dernier a donné un résultat négatif, tandis que les deux autres fonctionnent. Il en conclut que l'uranium avec son propre rayonnement provoquent des impressions, avec ou sans lumières solaires et non le caractère phosphorescent.

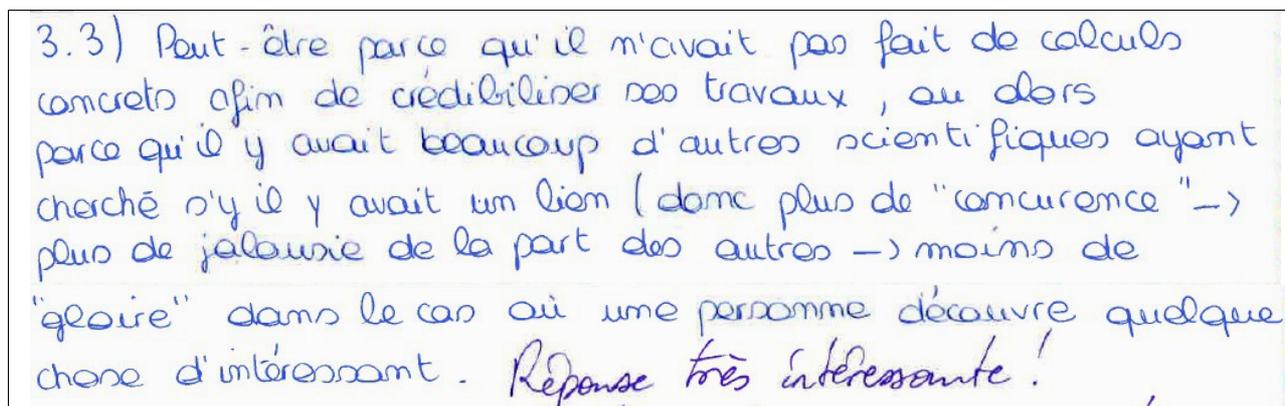
Cette réponse est donc de la paraphrase du contenu du texte mais pour autant très complet, clair et l'élève montre ainsi qu'il a saisi de quoi il parle car on n'y trouve pas de contre-sens (ce que j'ai pu trouver dans d'autres réponses de la part d'élèves ayant fait un travail trop bâclé). Ceci est confirmé par sa réponse à la deuxième question, les schémas proposés étant très clairs :



Cette élève a donc bien saisi l'intérêt et les modalités des expériences de Becquerel comme le montrent ses deux réponses. D'autres réponses équivalentes, représentant les trois types de roches et des rayons qui impressionnent les plaques photographiques ou non ont été produits par quatre autres élèves, montrant leur compréhension du texte et le fait qu'ils aient saisi l'intérêt de son contenu.

Cependant, si plusieurs élèves ont bien réussi ces deux premières questions, moins ont été inspirés pour la question suivante qui demandait de proposer des hypothèses sur les raisons qui expliquent que les travaux de Becquerel n'ont, dans un premier temps, eu que peu de retentissement. La correction de cette question, assez courte et résumée, qui leur a été donnée après avoir corrigé leurs travaux est la suivante : « Les raisons peuvent être le fait que plusieurs chercheurs travaillaient sur les sels phosphorescents donc de nombreux résultats étaient à examiner. De plus, Becquerel n'était pas encore très connu dans la communauté scientifique (à une époque où les communications étaient beaucoup plus lentes que de nos jours). Enfin, comme ces « rayons uraniques » étaient aussi de nature inconnue, ils ont souvent été pris pour des rayons X directement et non pas comme démontrant un nouveau phénomène, de plus difficilement explicable à l'époque, à savoir la radioactivité. » Celle-ci donne donc trois aspects complémentaires (mais pas forcément tous vrais ni exclusifs) qui amènent les élèves ayant travaillé ce document à saisir ce qui pouvait être attendu d'eux et donc de prendre conscience une fois de plus de la complexité de la démarche scientifique et de ses nombreux aspects.

Certaines réponses ont alors été très intéressantes à lire car parfois assez proches de ce que je pouvais attendre, même si globalement les élèves qui y ont répondu n'ont mis d'une seule hypothèse, parfois deux comme le montre la réponse suivante :



3.3) Peut-être parce qu'il n'avait pas fait de calculs concrets afin de crédibiliser ses travaux, ou alors parce qu'il y avait beaucoup d'autres scientifiques ayant cherché s'y il y avait un lien (donc plus de "concurrence" → plus de jalousie de la part des autres → moins de "gloire" dans le cas où une personne découvre quelque chose d'intéressant. Réponse très intéressante!

On y trouve donc l'importance des mathématiques, idée très prégnante chez les élèves même si celle-ci est vraie de manière actuelle mais beaucoup moins à l'époque de Becquerel. Pour autant, cette proposition paraît tout à fait légitime, un calcul relatif à une expérience lui apportant une certaine scientificité supplémentaire. L'idée de « concurrence » est encore plus intéressante car tout à fait légitime. Cette élève, contrairement à ce qui est raconté dans de nombreux manuels scolaires, part du principe que ceci a été étudié par de nombreux scientifiques et non un seul, isolé, comme

Becquerel est souvent décrit. Ceci s'explique probablement par le fait qu'elle n'avait aucun *a priori* concernant ses travaux. Une autre élève a d'ailleurs formulé exactement la même hypothèse alors qu'elles n'ont pas travaillé ensemble, tandis qu'une autre élève au contraire a proposé que les résultats de Becquerel n'ont pas pu être confirmés par d'autres et donc que la communauté scientifique manquait de certitudes pour reconnaître ces travaux. Tout ceci montre que l'utilisation de l'histoire des sciences peut permettre aux élèves de bien saisir certaines des modalités de la démarche scientifique car seulement grâce au texte qui sous-entendait que ces travaux étaient majeurs, sur un sujet qui leur était inconnu, elles ont pu en déduire le fait que ces expériences étaient inédites mais pas uniques et que ce n'est qu'avec des reproductions proches et multiples par d'autres scientifiques que l'on peut finir par attester de leurs résultats pour les faire entrer dans les nouvelles théories.

Une autre proposition de réponse a été le fait que les effets de la radioactivité n'étaient à cette époque pas connus retardant le moment où les scientifiques s'y sont véritablement intéressés. On voit ici l'importance pour les élèves des applications des sciences, idée assez contemporaine, ce qui avait aussi été relevé avec le tableau périodique de Mendeleïev qui ne faisait pas apparaître les gaz nobles car ceux-ci n'auraient eu que peu d'intérêt étant inertes chimiquement.

A noter également que j'ai proposé, toujours en lien avec la radioactivité, un petit texte qui traitait de l'alchimie et de la transmutation, la radioactivité permettant une certaine transmutation qui était mise en opposition avec la pierre philosophale ou l'élixir de jouvence moyenâgeux des alchimistes. De plus, ce texte était en anglais, ce qui renforçait le caractère interdisciplinaire. Les élèves qui s'y sont penchés ont globalement trouvé intéressant de mélanger trois disciplines comme ceci et ont ainsi pu rendre compte de leur compréhension de la physique inhérente au texte alors qu'ils n'y portent au départ que peu d'intérêt car j'avais recommandé à ceux qui ne veulent pas aller en S mais dans d'autres filières de se pencher sur cette partie (car non calculatoire contrairement aux deux premières). Il s'agit d'un grand point positif qui ressort de toutes les activités que j'ai pu proposer.

5. Conclusion

Comme décrit à plusieurs occurrences, les résultats concernant l'intérêt et l'efficacité des activités mises en place sont à modérer selon plusieurs critères même si globalement il apparaît clair, au travers de notre expérience et des travaux réalisés par les élèves, que l'utilisation de l'histoire des sciences et techniques a entièrement sa place et une véritable utilité dans les classes du Secondaire.

Tout d'abord, il convient de faire remarquer que l'ensemble des travaux d'élèves reproduits dans ce mémoire correspondent presque toujours aux réponses et productions les plus abouties. Ainsi, si quelques élèves ont su sortir du lot et véritablement s'emparer de ces activités (me permettant d'analyser leur travail comme détaillé précédemment), une grande partie s'est tout de même contentée d'adapter sa pratique lors des activités « classiques » aux activités en lien avec l'HST proposées. Cependant, ils ont globalement mieux adhéré aux activités proposées parce qu'elles étaient justement différentes de ce à quoi ils peuvent être confronté plus habituellement, et ceci les a plus motivé généralement ce qui rend ces séances plus faciles et agréables à mener.

Ensuite, il est difficile de mesurer l'impact des activités proposées étant donné que les études détaillées dans le présent mémoire n'ont été menées qu'à une petite échelle, et ces résultats sont d'autant plus difficiles à analyser que notre recul sur notre pratique et notre construction des activités est faible. Il est également nécessaire de replacer nos travaux dans leur contexte, à savoir que les classes dans lesquelles nous avons mené nos activités sont des classes de Seconde avec tout ce que ceci implique comme les différentes formes d'hétérogénéité que l'on peut y trouver. En effet, la classe de Seconde n'est probablement pas la plus propice au type de séances que nous avons construit car l'écart de niveau entre les élèves y est très fort, et nous devons aussi y faire face à de grandes disparités par rapport au comportement, beaucoup d'élèves n'étant pas régulièrement dans de bonnes dispositions pour travailler en séance, et par rapport à la motivation, des élèves ne se sentant pas à leur place au lycée, d'autres refusant de travailler en physique-chimie car n'auront plus cette matière les années suivantes car décident de s'orienter vers certains baccalauréats de séries technologiques.

Il est donc fort à parier que les résultats que nous avons obtenus auraient été plus probants s'ils avaient été menés dans des classes plus favorables, à savoir soit en série Scientifique (classe de Première ou de Terminale), soit en groupe restreint et par choix, que ce soit en séance d'Accompagnement Personnalisé (AP) dite « d'approfondissement » où on choisirait donc de faire de l'AP de Physique-Chimie volontairement orienté vers l'histoire des sciences, soit éventuellement une ou deux séances dédiées en classe de Seconde en Enseignement de Découverte et d'Exploration (EDE), à savoir les options Sciences de Laboratoire (SL) ou Méthodes et Pratiques Scientifiques (MPS).

Pour autant, il ressort de vrais points positifs par rapport aux cinq hypothèses de l'intérêt de l'utilisation de l'HST relevés en introduction : elle permet de manière certaine *de mieux intéresser les élèves à la démarche scientifique, au thème qui va être abordé dans la séance, de s'intéresser à l'interdisciplinarité en faisant un lien entre les « sciences de la nature » et les « sciences humaines »*, ainsi que *de se construire une culture générale scientifique au-delà de la simple nomination de concepts*.

Les deux derniers points, à savoir le fait qu'elle permet *de démonter des idées préconçues ou caricaturales que peuvent avoir les élèves* ou encore *de dépasser des obstacles épistémologiques et ainsi mieux comprendre le sens physique ou chimique des phénomènes étudiés ou décrits* sont plus difficiles à mettre en avant même si c'est ce qui était généralement présent dans les articles de recherche publiés à ce propos. De plus amples investigations dans ce sens seront à mener même s'il semble en première approche que l'HST le permette effectivement.

En conclusion, il apparaît clair que, même si ses modalités et sa mise en place ne sont pas toujours simples, l'histoire des sciences et techniques a entièrement sa place dans les cours du Secondaire, particulièrement en Physique-Chimie, afin d'attiser la curiosité des élèves, les aider à mieux saisir quelques notions complexes, leur permettre d'apprendre et de réutiliser de nouveaux contenus et de développer de nouvelles compétences grâce à l'interdisciplinarité qu'elle implique.

6. Annexe A – Énoncé de l'activité sur les conceptions des lois du mouvement

NB : L'énoncé proposé ci-dessous est une version simplifiée et écourtée de la première des deux activités proposées sur ce thème.

TP n°4 Les théories sur le mouvement des corps

Objectifs :

- Savoir qu'une force s'exerçant sur un corps modifie la valeur de sa vitesse et/ou la direction de son mouvement
- Utiliser le principe d'inertie pour interpréter des mouvements simples en termes de forces.
- Réaliser et exploiter des enregistrements vidéo pour analyser des mouvements.

Introduction

Depuis l'Antiquité, les philosophes et scientifiques ont débattu sur le mouvement des corps. Quel est en était la cause ? Voici deux théories qui ont émergé au cours de l'Histoire.

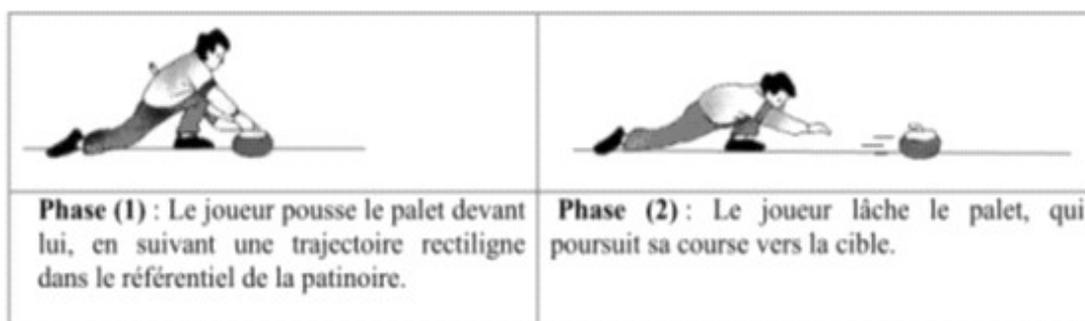
1) La théorie soutenue par Aristote (384-322 av. JC) : Un corps est en mouvement rectiligne uniforme (à vitesse constante) à condition qu'une force s'exerce sur lui, afin d'entretenir ce mouvement.

2) La théorie soutenue par Isaac Newton (1643-1727) : Si les forces s'exerçant sur un corps se compensent (ou en absence de force), alors ce corps sera à l'état de repos (à l'arrêt) ou en mouvement rectiligne uniforme.

Le but de ce TP est d'étudier ces 2 théories et de trouver laquelle était la plus exacte.

I. Le curling

Le curling est un jeu d'équipe qui se pratique sur une piste de glace. Il consiste à faire glisser des "palets", dotées d'une poignée et pesant environ 20 kg. L'objectif est de faire en sorte qu'elles s'arrêtent le plus près possible de la cible dessinée sur la glace.



➤ Afin de simuler ce mouvement, nous allons réaliser la chronophotographie du centre d'un glaçon à l'aide du logiciel Avimeca. Pour cela, ouvrir le logiciel Avimeca dans le dossier « Physique-Chimie ». Puis aller dans « Fichier » → « Ouvrir un clip vidéo » → « Video-Physique » → « 2nd » → « Curling » → « glaçon ».

1. Dans quel référentiel est étudié le mouvement du glaçon ?

2. Quelle est la trajectoire du centre du glaçon dans ce référentiel ?

- Avec le curseur, cliquer sur le centre du glaçon pour chaque position filmée du mouvement. Puis comparer les distances parcourues par le centre du glaçon toutes les 40 ms.
- 3. Que dire alors de la vitesse du centre du glaçon lors de son mouvement ?
- 4. Quel est le mouvement du centre du glaçon dans le référentiel terrestre ?
- 5. Quelles sont les forces qui s'exercent sur le glaçon dans les situations suivantes :
 - le glaçon est au repos ;
 - le glaçon glisse sur le plan horizontal (sans contact avec le joueur).

II. Étude expérimentale du mouvement d'une goutte.

A. Description de l'expérience

Une burette graduée de 25 mL est maintenue verticalement. Elle est graduée régulièrement de mL en mL. Elle est remplie d'huile.

Avec un compte-gouttes, on lâche, à la surface libre de l'huile une goutte de solution de permanganate de potassium.

B. Réalisation de l'expérience et résultats

Quand la goutte passe devant la graduation zéro, déclencher le chronomètre qui indique alors $t_0 = 0$.

Lire la durée de chute t quand la goutte passe devant les graduations indiquées dans le tableau. Le compléter.

Graduation	0	3	6	9	12	15	18	21	24
t (s)									

Tracer, avec le logiciel Regressi, le graphe donnant la distance parcourue par la goutte en fonction du temps : $h=f(t)$ entre les graduations 0 et 24 mL.

C. Questions

1. Dans quel référentiel étudie-t-on le mouvement de la goutte ?
 2. Calculer la vitesse moyenne de la goutte lors de sa chute (en cm.s^{-1}) ?
 3. Calculer sa vitesse quand elle passe à la graduation « 15 » (utiliser les distances et les durées de chute entre les graduations qui encadrent celle considérée). Ainsi on calcule approximativement la vitesse instantanée de la goutte à la position « 15 ». Quelle est la nature du mouvement de la goutte ? Justifier.
 4. Quelles sont les forces qui s'exercent sur la goutte ?
- D'après ces deux études, laquelle des deux théories est la plus exacte ? Justifier.

7. Annexe B1 – Exemple de texte proposé pour l'activité sur les modèles historiques de l'atome : le modèle de Bohr

Document 1 :

Bernard Pullman,
L'atome dans l'histoire
de la pensée humaine,
p. 235-236

[Le mérite historique de Bohr est d'avoir pressenti que les difficultés auxquelles était confrontée la physique atomique de son époque pouvaient se résoudre par l'utilisation des idées de Planck et d'Einstein. Il était conscient que, selon ses propres termes, « en contradiction avec la condition de continuité caractéristique de la description ordinaire des phénomènes, l'indivisibilité du quantum d'action exige l'introduction d'un élément essentiel de discontinuité dans la description des phénomènes atomiques¹⁹ ».]

[...]

[La première hypothèse impliquait que, contrairement aux conceptions classiques qui conduisaient inéluctablement les électrons-planètes à retomber en spirale sur le noyau atomique en raison de la modification continue de leurs orbites, accompagnée d'une perte progressive de leur énergie, seules étaient, en fait, permises à ces particules certaines orbites sélectionnées d'énergie constante, c'est-à-dire, ce qui revient au même, situées à certaines distances fixes par rapport au noyau.]

[...]

[La seconde hypothèse inaugure une ère nouvelle en spectroscopie, quel que soit le domaine des fréquences étudiées, en associant à toute réaction radiative atomique, c'est-à-dire à l'émission et à l'absorption de chaque photon de lumière, une transition, un « saut » entre deux états stationnaires. La spectroscopie étant l'un de nos principaux moyens d'exploration des structures subatomiques, le postulat quantique de Bohr sera la clef qui permettra de décrypter les messages que les spectres nous transmettent à leur sujet.]

Document 2 : Extrait d'un manuel scolaire

En 1914, Bohr proposa une modification au modèle atomique de Rutherford.

Le modèle proposé est comparable au système solaire.

Au centre, à la place du Soleil, un noyau avec des neutrons et des protons. Les neutrons étaient une sorte de ciment qui empêchait les protons de se dissiper. Cependant, on ne doit la découverte du neutron non pas à Bohr, mais plutôt à Chadwick. Autour du noyau gravitent (tournent) des électrons négatifs. Entre le noyau et les électrons règnent du vide.

Les travaux de Bohr conduisent au développement du concept selon lequel les électrons sont répartis par couches et les propriétés chimiques d'un atome sont déterminées par les seuls électrons situés dans la couche périphérique.

8. Annexe B2 – Travaux d'élèves sur l'atomisme indien

Trame de présentation écrite du diaporama :

Nous allons vous parler de l'atomisme indien, en particulier de la doctrine atomisme des Nyaya-Vaisésika

Premièrement, la philosophie Nyaya-Vaisésika distingue 4 types d'atomes originaux correspondant aux 4 éléments : la terre, l'eau, l'air et le feu. Selon les indiens, les atomes sont éternels, indestructibles, sans parties, innombrables et illimités. Ensuite, ces éléments ne constituent que 4 des 9 substances : l'éther, l'espace et le temps, l'omnipénétrant et les âmes. Les atomes qui sont tous de forme arrondi, diffèrent entre eux par des qualités spécifiques. Ainsi, à l'atome de terre sont associés la couleur (il y en a 7 sortes), la saveur (6 sortes), l'odeur (2 sortes) et le toucher ; à l'atome de l'air, le toucher seulement. Signalons que la terre et l'eau, contrairement à l'air et au feu, sont douées, en plus de la pesanteur. Il existe 24 qualités divisées en 2 groupes : les qualités « générales » qui résident dans toutes les substances (par ex, le nombre ou l'étendue) et les qualités « spécifiques » associées d'une façon plus sélective à certaines d'entre elles (couleur, odeur, saveur, toucher qui peuvent-être de plusieurs sortes notamment on distingue 7 couleurs, 6 saveurs, etc).

Aristote (384-322 Av JC) élève de Platon qu'il ne quitte qu'à sa mort, reprend la doctrine des quatre éléments mais considère que chacun est construit à partir d'une matière primordiale unique. Les forces qui agissent pour leur donner forme sont quatre "qualités" : le chaud, le froid, le sec, l'humide formant quatre couples (les couples chaud-froid et sec-humide étant exclus).

- le feu est le résultat du couple chaud-sec sur la matière.
- l'air celui du couple chaud-humide.
- l'eau provient du froid-humide.
- la terre du froid-sec.

Des règles régissent le fonctionnement de ces qualités. Si la chaleur donne du sec, un excès de chaleur donne de l'humide. Le froid produit de l'humide mais un excès de froid donne du sec.

Diaporama de la présentation orale :

1

Histoire et modèle de l'atome

Modèle à étudier : L'atomisme indien

- A D
- M G

(Noms et prénoms des élèves)

2

Description du modèle des Indiens à partir du document (1)

- 4 types d'atomes originaux correspondant aux 4 éléments : la terre, l'eau, l'air et le feu.
- Les 5 autres « substances primordiales » : L'éther, l'espace et le temps, l'omnipénétrant et les âmes.
- Les atomes sont éternels, indestructibles, sans parties, innombrables et illimités. Ils sont tous de forme arrondie.

3

Description du modèle des indiens à partir du document (2)

Qualités des atomes :

- Qualités « générales » : résident dans toutes les substances (par ex. : le nombre ou l'étendue)
- Qualités « spécifiques » : associées à certains d'entre eux, comme la couleur, l'odeur, la saveur, le toucher (qui sont de plusieurs sortes).

Exemples :

→ atome de terre : la couleur (7 sortes), la saveur (6 sortes), l'odeur (2 sortes) et le toucher

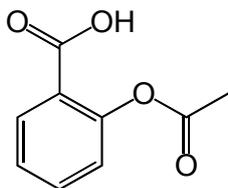
→ atome de l'air : toucher seulement

4

Résumé du modèle d'Aristote

9. Annexe C – Énoncé de l'activité sur l'histoire de l'aspirine

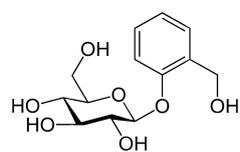
Activité – La petite histoire de l'aspirine



Acide acétylsalicylique

L'histoire de l'aspirine, ou **acide acétylsalicylique**, illustre la lente évolution qui a conduit l'Homme de l'utilisation empirique des plantes médicinales à l'identification des principes actifs correspondants puis à la conception et à la synthèse industrielle des médicaments.

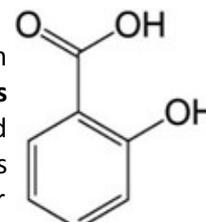
L'histoire de l'aspirine débute, il y a quatre millénaires, avec l'utilisation médicinale des feuilles de saule comme antidouleur par les Sumériens. On retrouve les traces de l'utilisation de décoction de feuilles de saule blanc dans un papyrus égyptien datant de 1550 av. J.C. Vers l'an 400 av. J.C., **Hippocrate** (-460,-377) préconisait une préparation à partir de l'écorce de saule blanc pour soulager les douleurs de l'accouchement et faire baisser la fièvre. Les Romains connaissaient aussi ses propriétés, le nom latin du saule étant **salix**. L'utilisation empirique des feuilles et de l'écorce de saule pour soigner fièvres et douleurs se poursuit jusqu'au XIXe siècle.



Salicyline

En 1763, **Edward Stone** présente un mémoire devant la « Royal Medicine Society » sur l'utilisation thérapeutique de l'écorce du saule blanc contre la fièvre. En 1829, **Pierre-Joseph Leroux**, un pharmacien français, après avoir fait bouillir de la poudre d'écorce de saule blanc dans de l'eau, tente de concentrer sa préparation ; il en résulte des cristaux solubles qu'il baptise **salicyline** (de *salix*).

En 1835, le suisse **Karl Löwig** cristallisa un composé nommé « Spisäure » à partir d'un extrait de la *reine-des-prés*, ou *spirée*. En 1839, le chimiste français **Jean-Baptiste Dumas** démontra que le « Spisäure » n'était autre que l'**acide salicylique**. En 1874, l'allemand **Hermann Kolbe** synthétisa l'acide salicylique et son sel de sodium (l'ion salicylate) ; ces deux produits s'avèrent efficaces pour combattre fièvres et douleurs, mais le premier provoquait des brûlures d'estomac, inconvénient que ne présentait pas le second.



Acide salicylique



Flacon d'aspirine

C'est le chimiste allemand **Félix Hoffmann**, qui travaille pour l'entreprise **BAYER**, qui met au point la synthèse de l'acide acétylsalicylique. Son collègue pharmacologue **Arthur Eichengrün** avait, quant à lui, remarqué en premier ses propriétés antalgiques. Le 1er février 1899, la compagnie **BAYER** lança alors sur le marché son nouveau produit sous le nom commercial **Aspirin®**, qui possédait des propriétés comparables à l'acide salicylique sans présenter la même agressivité à l'égard des muqueuses stomacales. C'est seulement en 1971, que le médecin et pharmacologue britannique **John Vane** (prix Nobel de Médecine, 1982) élucide, en partie, le mode d'action de l'aspirine. De nouvelles indications thérapeutiques sont alors proposées et testées avec succès : prévention et

traitement de l'infarctus, des accidents cardio- et cérébro-vasculaires...

Répondre aux questions suivantes à partir des informations fournies et de vos connaissances :

1 – Écorce de saule

1.1 – Dans quel but thérapeutique utilisait-on, depuis au moins 3000 ans, des préparations à base d'écorces ou de feuille de saule ?

1.2 – Quel est le « principe actif » de cette préparation ?

2 – Acide salicylique

2.1 – Cette substance est-elle une substance présente dans la nature ou fabriquée par synthèse ?

2.2 – Y-a-t-il eu (du point vu scientifique, ou économique, ou technique) un réel progrès entre le travail de Löwig en 1835 et celui de Kolbe en 1874 ? Justifier.

3 – Aspirine

3.1 – Cette substance est-elle une substance que l'on trouve dans la nature ? Comment appelle-t-on alors ce type de molécules ?

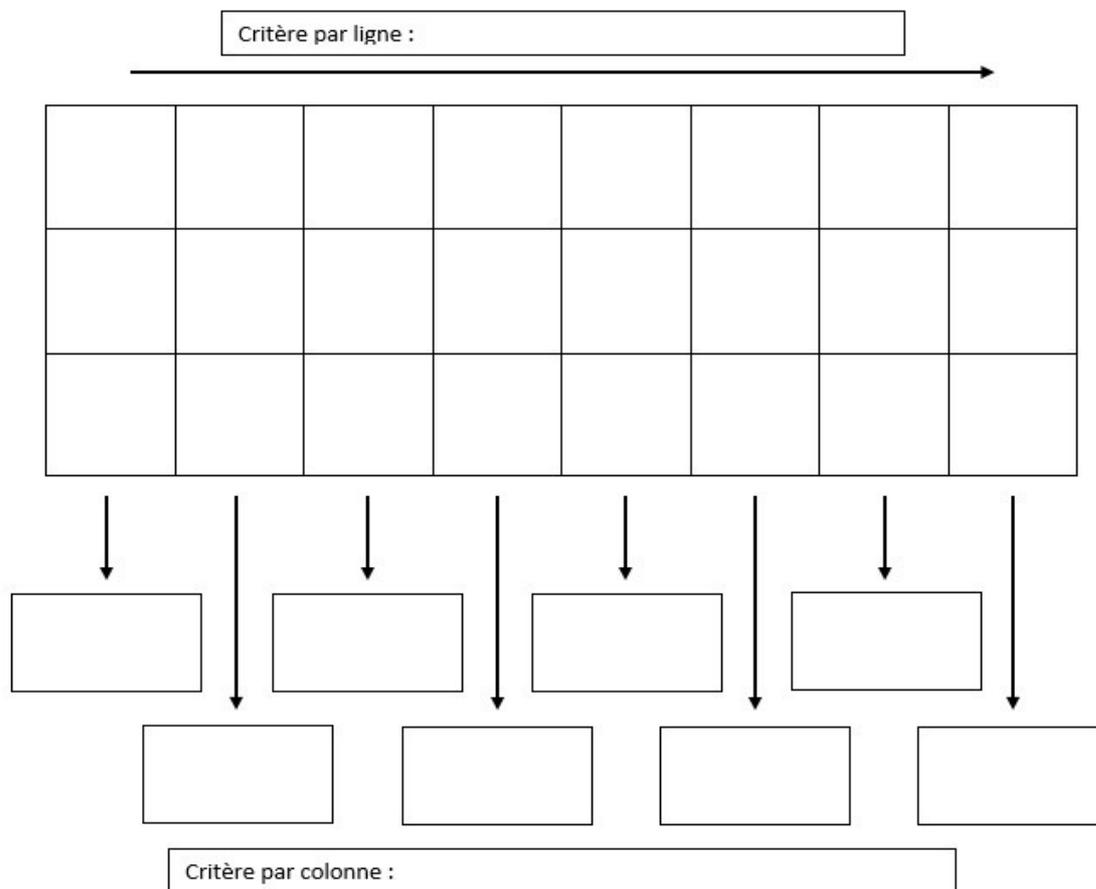
3.2 – Quel est l'intérêt thérapeutique de cette substance par rapport aux deux précédentes ?

10. Annexe D1 – Énoncé de l'activité sur la démarche de Mendeleïev pour la classification périodique des éléments

Activité : Démarche de Mendeleïev et classification actuelle

1 – Établissement d'une classification à partir de critères, suivant la démarche de Mendeleïev

- Déterminer plusieurs critères permettant de classer les éléments proposés sur les cartes.
- Appliquer ces critères afin de réaliser une classification sous forme d'un tableau à double entrée.
- Résumer vos résultats en inscrivant les différents éléments dans les cases et en indiquant les propriétés choisies en légende des flèches.



2 – De la classification historique à la classification actuelle

- A.** L'élément suivant de la classification périodique est le potassium K dont le numéro atomique est 19 et dont la masse est de 39,1 u . Quelle remarque peut-on faire concernant le potassium K et l'élément précédent, l'argon Ar de numéro atomique $Z = 18$?
- B.** Dans la classification de Mendeleïev, quelle remarque peut-on faire concernant l'élément suivi d'un point d'interrogation, le tellure Te, montrant qu'il y avait un souci pour le scientifique russe ?
Quel peut alors être le critère actuel de classification à la place de la masse atomique ?
- C.** Quelle autre principale différence concernant les éléments présents peut-on faire entre le tableau de Mendeleïev et celui qui vient d'être construit ? Donner une explication.
- D.** On constate de même que Mendeleïev a écrit « ? = 68 » et « ? = 70 ». Qu'est-ce que cela signifie ? Quelle peut être la conséquence de ceci ?

12. Annexe E – Énoncé de l'activité sur les expériences sur la radioactivité de Becquerel

Document 3 : Histoire des sciences et uranium

A la toute fin du XIX^e siècle, Wilhelm Röntgen découvre des rayons invisibles et très pénétrants émis par des corps fluorescents. De nature inconnue, il les appelle « rayons X » et constate qu'ils permettent d'impressionner une plaque photographique. En plaçant sa main entre la plaque et la source de rayons X, il constate que l'on obtient, en développant l'image obtenue sur la plaque, une photographie des os de la main. De nombreux scientifiques cherchent alors s'il n'existe pas un lien entre le caractère phosphorescent des roches et le fait qu'elles émettent des rayons X. Henri Becquerel essaie alors une substance phosphorescente qu'il expose à la lumière du Soleil, un sel d'uranium, et constate qu'elle impressionne la plaque photographique, les rayons traversant la plaque de cuivre située entre la roche et la plaque photographique. Cependant, il laisse également des plaques dans l'obscurité et constate de même que les plaques sont impressionnées une fois développées. Il en déduit que les sels d'uranium doivent avoir emmagasiné une très grande quantité d'énergie, mais constate, après les avoir laissés longtemps dans une boîte de plomb, que l'expérience donne toujours le même résultat. Il imagine alors que ce n'est pas le caractère phosphorescent des roches qui provoque ces impressions, mais quelque chose provenant de la chimie propre des composants des sels d'uranium. Il teste alors, pour s'en assurer, la même expérience avec un sel d'uranium phosphorescent, un second non phosphorescent, et un troisième sel phosphorescent mais ne contenant pas d'uranium. Les deux premiers donnent le même résultat positif (les rayons traversent la plaque de cuivre sur laquelle repose la roche et impressionnent la plaque photographique en-dessous), tandis que la troisième présente un résultat négatif. C'est donc la nature même de l'uranium qui provoque les impressions, et non le caractère phosphorescent. Ceci se fait donc spontanément sans recours à la lumière. Becquerel nomme ces nouveaux rayons les « rayons uraniques » ; la radioactivité était découverte.

BIMBOT René, *Histoire de la radioactivité - L'évolution d'un concept et de ses applications*. Paris : Vuibert, 2006.

Questions :

- 1 – Résumer en quelques lignes l'historique des expériences de Becquerel sur les sels d'uranium.
- 2 – Schématiser la dernière expérience avec les trois types de sels différents telle que vous la comprenez.
- 3 – Il est souvent admis que les travaux de Becquerel n'ont, dans un premier temps, connu que peu de retentissement dans la communauté scientifique. Selon vous, quelles peuvent en être les raisons ?

13. Bibliographie

DE VITTORI Thomas et LOEUILLE Hervé

- 2009 Former des enseignants à l'histoire des sciences : Analyse et enjeux d'une pratique en mathématiques. *Petit x*, Institut de recherche sur l'enseignement des mathématiques (Grenoble), 2009, p. 5-22

FAUQUE Danielle

- 2006 La "longue marche" d'un enseignement de l'histoire des sciences et des techniques. In « Histoire des sciences : formations et recherches en IUFM », *Tréma*, n°26, p. 34-47

GUEDJ Muriel, LAUBÉ S. et SAVATON Pierre

- 2007 Vers une didactique de l'histoire des sciences. *Actualité de la Recherche en Education et en Formation*, 2007, Strasbourg, p. 1-12

GOODAY Graeme, LYNCH John, WILSON Kenneth et BARSKY Constance

- 2008 Does Science Education Need the History of Science? *ISIS*, 2008, vol. 99, n°2, p. 322-330

Instructions officielles (principalement rédigées par DE HOSSON Cécile et FAUQUE Danielle)

- 2008a Ressources pour le cycle central en Physique-Chimie – Document principal

- 2008b Ressources pour le cycle central en Physique-Chimie – Annexes

- 2008c Ressources en Physique-Chimie, classe de Troisième – Document principal

- 2008d Ressources en Physique-Chimie, classe de Troisième – Annexes

Documents disponibles à l'adresse <eduscol.education.fr/cid46456/ressources-pour-le-college.html>

- 2011 Ressources pour la classe de Première – Série S

Disponible à l'adresse <eduscol.education.fr/cid58043/ressources-pour-les-programmes-de-premiere.html>

MASSON Steve et VÁZQUEZ-ABAD Jesús

- 2006 Integrating History of Science in Science Education through Microworlds to Promote Conceptual Change. *Journal of Science Education and Technology*, oct. 2006, vol. 15, n°3, p. 257-268

PALTER Robert

- 1974 Philosophy of Science, History of Science, and Science Education. *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, 1974, vol. 1974, p. 313-321

TEISSIER Pierre

- 2014 « Analyse d'une controverse scientifique : Galvani, Volta et les autres, 1780-1840 », cours n° 4 de l'UEC4 – *Histoire des sciences physiques et chimiques* du Master d'Histoire des Sciences et Techniques de l'Université de Nantes, année universitaire 2014-2015.

Engagement de non-plagiat

Je soussigné(e) _____,

étudiant(e) en MEEF EPD 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(e) que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur 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 :

Résumé

Ce mémoire traite de l'utilité et des modalités du recours à l'épistémologie et l'histoire des sciences et techniques dans des cours de Physique-Chimie du Secondaire. Un premier temps est consacré à la mise en évidence de ce qui est proposé dans les instructions officielles et à l'analyse d'articles de recherche en sciences de l'éducation traitant de ce sujet. Ensuite sont proposées des activités qui peuvent être mises en place en classe de Seconde dans le cadre du programme officiel, utilisant des aspects de l'histoire des sciences pour introduire des nouveaux contenus et concepts. Enfin, une analyse des séances durant lesquelles ont été utilisées ces activités est proposée, avec la description de leur déroulement ainsi que l'étude de productions d'élèves pour finalement proposer également quelques améliorations.

Mots-clés : Histoire des sciences, épistémologie, didactique, sciences de l'éducation, physique-chimie

Abstract

This thesis deals with why and how we could integrate the epistemology and the history of sciences and techniques in sessions of Physics and Chemistry in secondary school. First of all, we present what can be found in the official instructions (for France) and what emerge from articles of education sciences. Then we suggest some activities that can be set up in classes of “Seconde” (equivalent of the tenth grade) using epistemology and history of sciences for the introduction of new contents. Finally, we analyze the works done by the students and the way the sessions took place in order to sort out the positive and negative points of the activities and upgrade the activities.

Key-words: History of Sciences, epistemology, didactic, education sciences, physics & chemistry