

Table des matières

Introduction	3
1. Cadre théorique et problématique	3
1.1. l'API.....	3
1.2. L'Activité scientifique.....	5
1.3. La Problématique de transmettre la culture scientifique aux élèves	7
1.4. Hypothèse.....	9
2. Cadre méthodologique	10
2.1. Construction de la séquence d'enseignement.....	10
Planification	11
2.2. Nature des données.....	12
2.3. Méthodologie d'évaluation des données	12
3. Résultats et analyse à 2 grains : mésoscopique & microscopique	13
3.1. Analyse descriptive de la séquence à grain mésoscopique	13
3.2. Analyse de l'activité des élèves à grain microscopique selon le modèle de l'API.....	16
Questionnement.....	16
Évidence I – Recherche littéraire	17
Évidence II - Expérience	18
Analyse.....	20
Explication	20
Connexion	21
Communication	21
Réflexion	21
4. Discussion	22
5. Perspectives : améliorations, recommandations, points de vigilance	24
6. Conclusion.....	25

Bibliographie.....	27
Annexes.....	i
A. Ressources – Groupe 1 : les exoplanètes.....	i
Documents Imprimés	i
Ressources Internet	i
Vidéos.....	ii
B. Ressources – Groupe 2 : l'Énergie du Soleil.....	ii
Documents Imprimés	ii
Ressources Internet.....	ii
Vidéos.....	iii
C. Ressources – Groupe 3 : Les taches solaires	iii
Documents Imprimés	iii
Ressources Internet	iii
Vidéos.....	iv
D. Ressources – Groupe 4 : La température du Soleil	iv
Documents Imprimés	iv
Ressources Internet	v
Vidéos.....	v
E. Exemple d'un rapport : Groupe 4 – La température du Soleil.....	vi
F. Feuilles d'évaluations des présentations orales	xxiv
G. Exemple d'un Questionnaire rempli par un élève	xxviii

Introduction

Aujourd'hui, nous vivons dans une société qui est basé sur l'information, c'est partout, et donc il devient de plus en plus important, pour participer activement dans la société moderne, d'avoir une certaine « culture scientifique » (“Scientific Literacy” ou “Information Literacy” (Levy, Lamerias, McKinney, & Ford, 2011; Tiberghien, 2016)). On peut définir la culture scientifique comme étant l'adoption d'une certaine approche à prendre à l'égard de l'information pour pouvoir identifier l'information qui est pertinente aux besoins, pour pouvoir l'utiliser de manière sage et éthique (Levy et al., 2011). On pourrait même dire, de manière plus générale qu'il est important d'accéder à la philosophie même de la science, pour pouvoir comprendre comment se construit la connaissance scientifique, la notion de preuve, d'évidence, d'examen par des pairs etc. pour pouvoir distinguer la vraie science de la pseudoscience, et de développer un esprit critique qui pousse l'élève puis le citoyen à toujours se questionner.

Je pense que le lieu propice pour le développement de cet esprit critique est l'école, c'est l'endroit où, pour la plupart des élèves, ils vont rencontrer la science pour la première fois. Le but de ce projet sera de trouver des moyennes à intégrer l'enseignement de la culture scientifique, et pourquoi c'est si important, dans les cours de physique d'un gymnase Romand.

1. Cadre théorique et problématique

1.1. l'API

L'apprentissage par l'investigation (API) (« Inquiry-based science éducation » ou « IBSE » (Levy et al., 2011)) propose un apprentissage qui permet d'accéder plus directement au processus scientifique. L'API est une approche globale dans laquelle l'investigation des élèves est mis au centre du processus d'apprentissage. L'investigation est utilisée comme un outil par les élèves pour construire la connaissance et elle prend comme base les techniques de recherches disciplinaires de la discipline dans laquelle on utilise l'API. C'est cette caractéristique qui donne à l'API la possibilité de faire accéder des élèves au processus scientifique.

L'API propose quatre buts d'apprentissage (adapté de (Bybee, 2000)) :

- Compréhension des connaissances scientifiques
- Développement des compétences de bases nécessaires pour le questionnement scientifique
- Développement des compétences plus avancées nécessaires pour le questionnement scientifique

- Développement de la compréhension du fonctionnement de l'investigation scientifique.

Ce dernier représente l'apprentissage de la culture scientifique et est le but qu'on identifie le moins souvent dans des cours fondés sur l'API. (Levy et al., 2011), ce qui montre un manque général d'enseignement de la culture scientifique.

Levy et al (2000) propose sept caractéristiques essentielles d'un enseignement qui incorpore l'API : le questionnement, l'évidence, l'analyse, l'explication, la connexion, la communication et la réflexion. Une étude qui a évalué des articles publiés dans « The Science Teacher » entre 1998 et 2007 pour voir s'ils proposaient l'utilisation des caractéristiques de l'API a montré que l'évidence et l'analyse sont très prévalentes mais que les autres caractéristiques n'étaient présentes que dans moins que 25% des articles, c'est donc clair que plus de travail est nécessaire pour intégrer ces autres caractéristiques qui sont, pour le moment, sous-représentées.

La deuxième dimension de l'API explorée par Levy et al. (2000) est le type d'enseignement :

Structuré : Investigation est très dirigée par l'enseignant, p.ex. les élèves explorent une question fournie par l'enseignant, en utilisant une procédure écrite par l'enseignant.

Guidé : Les élèves prennent un peu plus de responsabilité, l'enseignant pourrait, p. ex. leur fournir un certain nombre de questions autour d'un thème, leur donner des indications sur l'approche méthodologique à prendre et à agir en tant que guide dans le processus d'apprentissage des élèves.

Ouvert : L'approche ouverte est le plus proche du vrai processus de recherche scientifique. Les élèves vont formuler leurs propres questions, ils vont décider quelle approche méthodologique à adopter et comment communiquer leurs résultats.

Couplé : Une approche couplée est celui qui intègre deux ou trois des approches décrites au-dessus. Cette approche donne la flexibilité de modifier le cours selon les besoins individuels d'une classe.

Les approches guidées et ouvertes sont identifiées comme aidant la compréhension du processus scientifique mais les auteurs n'ont pas trouvé un consensus sur la meilleure approche.

Une étude a montré que l'API a aussi des avantages pour la gestion des classes. L'utilisation de l'API dans des classes de physique au sein d'un établissement dans une zone « désavantagée »

a augmenté l'engagement des élèves dans des classes de physique. (Venturini & Amade-Escot, 2014)

1.2. L'Activité scientifique

Pour pouvoir créer une séquence qui permet aux élèves de comprendre le processus scientifique ce serait utile de définir ce processus, utilisé universellement par les chercheurs partout dans le monde. La synthèse suivante est globalement alignée l'activité scientifique comme décrite par Latour (Latour, 2001).

Toute investigation scientifique commence par une question, et en sciences ces questions viennent d'un besoin de mieux comprendre le monde qui nous entoure.

Quand la question a été formulé, la prochaine étape est de voir si quelqu'un d'autre y a déjà trouvé une réponse. C'est à ce stade qu'intervient l'esprit critique, pour évaluer la pertinence et la fiabilité des publications. Le système d'investigation scientifique est fondé sur le consensus, et le processus d'examen par les pairs essaye d'éliminer l'erreur humaine. Il faut poser des questions sur la provenance d'un article : qui a mené l'étude ? Quels sont ses intérêts ? Est-ce que l'étude a passé par le processus d'examen par les pairs ? Est-ce que les résultats sont reproductibles ? Est-ce que les résultats ont été reproduit ? Combien de fois ? etc, etc. La science ne traite pas avec des croyances, c'est construit d'idées et d'opinions basées sur l'évidence, et si l'évidence montre que des idées établies sont fausses la science oblige l'abandon de ces idées et l'exploration des nouvelles pistes, ceci est une excellente source de questions.

Après avoir fait une recherche littéraire, il y a deux possibilités : 1) il existe déjà une réponse à la question, 2) Il n'existe pas encore une réponse à la question. Les deux cas sont intéressants, et tous les deux donnent des raisons légitimes à monter une expérience. S'il n'existe pas encore de réponse à la question, c'est clair que la prochaine étape est de monter une expérience qui est capable de donner des résultats pour y répondre. Dans le premier cas c'est tout à fait légitime de reproduire l'expérience pour vérifier les résultats, et, dans le cas où les résultats ne seraient pas reproductibles il faut poser des questions sur la fiabilité de ces résultats.

C'est à ce moment-ci, avant de concevoir notre expérience qu'il faut transformer la question en hypothèse. C'est l'hypothèse qui fait la différence entre monter une expérience pour voir ce qui se passe et monter une expérience pour tester une idée scientifique. Dans le cas où la question n'aurait pas encore de réponse, l'hypothèse se repose sur des connaissances préalables. Si une réponse existe déjà, l'hypothèse peut prendre la position que les résultats et/ou l'hypothèse du

ou des auteurs soient vrai ou faux. Si la position de l'hypothèse est que l'hypothèse initiale est fautive, cette nouvelle hypothèse sera basée sur des connaissances préalables.

La conception de l'expérience soi-même est aussi très importante, il faut trouver un moyen d'isoler le paramètre à étudier pour que l'expérience ne soit pas influencée par des facteurs externes ou des autres phénomènes que celui étudié. Il faut également évaluer les sources d'erreurs possibles et, avant de commencer l'expérience, il faut prédire les résultats que l'on trouvera si l'hypothèse s'avère correcte.

Finalement, après avoir conçu l'expérience, il faut l'effectuer. Le processus scientifique est souvent présenté comme étant essentiellement linéaire, quand en réalité ceci est loin d'être le cas. En général un papier scientifique est écrit après l'expérience, et même dans le cas où la partie méthodologique aurait été écrite avant l'expérience, c'est presque toujours modifier après l'expérience pour donner l'impression que l'expérience a été bien défini avant de commencer et que la procédure n'a pas été modifiée pendant l'expérience. En réalité la recherche est un processus continu, des mesures sont prises, ils sont comparés avec le modèle pour voir s'ils y correspondent et sinon l'expérience est modifiée pour essayer de comprendre pourquoi. C'est souvent le cas qu'une expérience trouve, par hasard, un nouveau phénomène, imprévu, qui est ensuite exploré plus en détail et est introduit dans le papier même si ceci ne faisait pas partie de l'hypothèse initiale. La science n'est pas linéaire et loin d'être parfaite, des erreurs peuvent fausser les résultats, des modèles et les processus expérimentaux peuvent être corrigés pendant l'expérience, et trouvant des résultats inattendus ne veut pas nécessairement dire que l'expérience était mal construite mais simplement que les processus derrière étaient mal comprises et c'est le but central de la science de repérer les choses mal comprises et essayer de les comprendre.

Après que l'expérience est terminée et que toutes les données ont été, il faut analyser les résultats pour voir s'ils correspondent, ou ne correspondent pas, avec l'hypothèse. Cela n'est pas toujours clair, parce que les résultats peuvent, parfois, être interprétés de manières différentes surtout quand il n'y a pas encore de consensus sur le modèle utilisé. L'interprétation peut également être influencée par les motivations des auteurs, que ce soit de promouvoir leur propre modèle scientifique ou leur propre position politique, les résultats ne mentent pas mais la manière de les interpréter peut varier de manière significative selon les motivations de la personne ou le groupe qui les présente. Cela est pourquoi c'est toujours important de savoir qui a mené une étude et d'où viennent leurs fonds.

Le dernier stade du processus scientifique est la communication, toutes les autres étapes ne servent à rien si les résultats ne sont pas communiqués, mais le processus ne s'arrête pas ici et a priori ne s'arrêtera jamais parce que ce processus est plutôt un cycle. Après avoir terminé un projet de recherche et publié les résultats, il faut se poser la question de quoi faire avec ces résultats, quelles implications ils auront sur des futurs projets et lignes de raisonnement, peut-être, dans le cas où l'hypothèse serait montrée fausse, il faut complètement repenser le modèle. La recherche est l'outil principal pour la construction de la connaissance de l'humanité, chaque projet élargit ce savoir un petit peu ou parfois beaucoup et quelquefois, il se trouve que tout ce qui a été pensé vrai est faux et il faut recommencer dans la quête pour la vérité.

Cette vision de la philosophie des sciences correspond bien avec les sept caractéristiques de l'API (Levy et al., 2011) : le questionnement, l'évidence, l'analyse, l'explication, la connexion, la communication et la réflexion et s'aligne bien avec les buts proposés par cette approche.

1.3. La Problématique de transmettre la culture scientifique aux élèves

L'idée de cette étude est de créer une séquence pédagogique basée sur l'approche de l'API pour mettre en évidence le fonctionnement de la méthode scientifique. La séquence va essayer de reproduire autant que possible le « vrai » processus scientifique comme décrit auparavant mais en tenant compte des modifications nécessaires pour mettre une telle séquence en place dans une classe au gymnase. Ce n'est pas possible de demander aux élèves de mener un vrai projet de recherche vu qu'ils manquent les connaissances nécessaires, et en prenant une telle approche, entièrement ouverte, l'enseignant abandon sa responsabilité pour l'apprentissage des élèves. C'est important que l'enseignant puisse cerner les capacités de chaque classe et de chaque élève pour pouvoir employer l'approche adéquate à chaque instant : structurée, guidée ou ouverte.

Il faut d'abord que les élèves aient une **question** à traiter. Les questions ont une place particulière dans l'enseignement, c'est le seul milieu dans lequel des questions sont posées auxquelles les réponses sont déjà connues. Des élèves (au moins aux gymnases) ont plus tendance à répondre aux questions qu'à les poser mais tout enseignant adore quand une élève pose une vraie question, une question naît de la curiosité, qui montre que l'élève a de l'agentivité (Venturini, 2014), qu'il veut savoir. Idéalement les élèves viendraient avec leurs propres questions, ce qui montrerait directement leur agentivité, et l'enseignement prendrait la forme d'un projet « authentique », mais le questionnement est une des caractéristiques qui nous obligent à prendre une approche didactique guidée et ceci pour plusieurs raisons. Premièrement, par souci de rester dans le programme d'études ce n'est pas possible de laisser libre choix aux

élèves quant à leur sujet, il faut que cela trouve sa place dans le plan d'études, il faut aussi que ce soit possible de mener le projet dans le temps à disposition et avec le matériel à disposition

Pour la partie **évidence**, il y a plusieurs étapes, d'abord il y a l'évidence existant, et pour trouver cela, il faut mener une recherche littéraire. Pour cette partie, l'enseignant peut prendre une approche entre ouverte ou guidée, selon les besoins particuliers de chaque groupe, certains auront déjà des capacités de recherche d'informations bien développées et d'autres auront besoin de plus d'aide. Pendant cette phase l'enseignement peut enseigner aux élèves à distinguer entre une idée scientifique et une opinion ou de la pseudoscience. Pour cela, les élèves peuvent consulter des sources de provenances différents et de médiums différents pour essayer de différencier les sources fiables de ceux qui sont plutôt douteux. Cet apprentissage aura également de l'utilité hors de l'école pour aider les élèves à trier le flux d'informations avec lequel ils sont bombardés tous les jours. Plus tard, en tant que citoyen, les élèves seront amenés à se prononcer sur divers sujets et c'est donc important qu'ils acquièrent les outils nécessaires pour trier le vrai du faux et prendre une décision informée. Après la recherche littéraire les élèves seraient en position pour formuler une hypothèse, cela est une partie que l'enseignant peut laisser ouvert, à la condition que les élèves aient déjà appris comment formuler une hypothèse.

Ensuite la deuxième partie pour la caractéristique **évidence** est pour les élèves de mener une expérience pour amener leur propre évidence. C'est fort probable que l'expérience soit la reproduction d'une expérience déjà effectuée, mais comme discuté auparavant ceci est tout aussi important qu'une expérience nouvelle. Les élèves sont généralement habitués à mettre en place des expériences déjà conçues par des enseignants, et donc ils manquent, généralement, les connaissances nécessaires pour construire une expérience et évaluer tous les facteurs qui pourrait l'influencer, les sources d'erreurs possibles etc. C'est donc nécessaire que l'enseignant prenne une approche guidée pour le montage de l'expérience, en laissant, quand même, le plus de place possible pour qu'ils fassent leurs propres erreurs pour lesquelles les enseignants peuvent aider les élèves à trouver des solutions, et pour montrer aux élèves que la science n'est pas linéaire. C'est avant que l'expérience soit effectuée qu'il faut que les élèves, en se basant sur leur hypothèse, prédisent les résultats de l'expérience au cas où l'hypothèse s'avérerait correcte.

Pour la partie **analyse**, il faut que les élèves utilisent les sources qu'ils ont trouvées pendant leur recherche littéraire pour interpréter leurs résultats et les comparer avec leurs prédictions

pour décider si leur hypothèse est correcte. Ce stade du processus est idéal pour introduire les idées telles que le degré d'incertitude de nos mesures, les statistiques utilisées pour évaluer les données et, comme discuté plus tôt, l'interprétation des résultats selon les motivations des auteurs. L'utilisation d'une approche plus ouverte ou plus guidée pour cette section, va dépendre de l'habileté de chaque groupe et à quel point les élèves ont compris leur sujet, c'est donc à la discrétion de l'enseignant de choisir l'approche adaptée.

Pour la partie **explication**, il va falloir que les élèves puissent expliquer pourquoi ils ont trouvé de tels résultats. Cette partie peut être relativement courte dans le cas où ils reproduiraient une expérience vue qu'ils auraient déjà parlé des résultats des autres études. Il y a aussi la possibilité d'explorer les conséquences des résultats, quelle implication ont-ils pour le modèle de l'univers ? C'est aussi à ce moment que les élèves peuvent être amenés à faire la **connexion** entre leurs résultats et les sources qu'ils ont trouvés dans leur recherche littéraire, est-ce qu'ils trouvent plus crédibles ces sources ayant récolté leur propre évidence ? Est-ce que leurs résultats sont en accord avec ces autres sources ?

Pour la **communication**, en préparant un rapport écrit et en présentant leur travail devant la classe, les élèves vont améliorer leurs techniques de communication pour les aider à communiquer de manière claire, soit par écrit ou par orale. La capacité de communiquer ses idées de manière claire est importante pour toutes les disciplines, non pas seulement la science. La présentation devant la classe va aussi permettre de transmettre ce qu'ils ont appris aux autres élèves.

La partie **réflexion** se prête à une intervention guidée de la part de l'enseignant. Une piste possible serait que l'enseignant prépare des questions pour guider les élèves dans leur questionnement de ce qu'il faut faire avec ces résultats, quelles implications ils ont sur le monde et sur les façons de penser des élèves. C'est aussi le moment propice pour discuter, peut-être en classe, de ce que les élèves ont appris sur le processus scientifique et d'institutionnaliser leurs idées là-dessus, pour clore l'exercice.

1.4. Hypothèse

L'hypothèse avancée est qu'en utilisant l'API avec une approche guidée et/ou ouverte et en se focalisant sur le questionnement, la connexion, la communication et la réflexion, que les élèves vont s'appropriier les concepts du processus scientifique. Pour cela il faut que l'enseignant prenne une partie importante de la responsabilité d'apprentissage des élèves.

2. Cadre méthodologique

2.1. Construction de la séquence d'enseignement

L'étude se porte sur quatre groupes de trois élèves, sept filles et cinq garçons, cela étant un sous-groupe de la classe de 21 élèves au total, les TP (Travaux Pratiques) n'étant donné qu'à une moitié de la classe à la fois. La séquence était planifiée sur deux séances de deux périodes de TP, sur deux semaines, une période étant de 45 minutes pour un total de 3 heures de temps de travail en classe sur leurs projets. Suivant les périodes des TP étaient deux périodes de cours consacrées aux présentations des groupes de leurs projets, cette fois-ci avec toute la classe.

Les élèves étaient mises en groupes de trois, pour essayer d'éviter la classique du binôme où un des élèves fait tout le travail et aussi pour limiter le nombre de groupes pour permettre à l'enseignant de passer assez de temps avec chaque groupe. Le thème global du projet était le soleil et chaque groupe a été attribué un thème par tirage au sort :

- Groupe 1 : les exoplanètes
- Groupe 2 : l'énergie du Soleil
- Groupe 3 : les taches solaires
- Groupe 4 : la température du soleil

Chaque groupe a reçu un paquet d'informations (voire annexes) avec des documents imprimés ainsi qu'une liste de liens pour des pages et des vidéos sur Internet et des consignes pour le projet. Les documents étaient tirés d'une recherche sur Internet, ils étaient vérifiés au niveau de leur lien avec le thème mais pas au niveau de leur pertinence ni de leur fiabilité, l'idée étant que les élèves puissent voir une section des ressources disponibles et tirer leurs propres conclusions sur la fiabilité et la pertinence de ces ressources. La décision de fournir directement les documents a été pris par souci de temps, mais ils étaient aussi tâchés de chercher un livre de la bibliothèque qui avait un lien avec leur thème, ainsi que deux ressources supplémentaires, tel que des liens sur Internet ou des vidéos. Ils avaient comme travail à la maison de lire les documents fournis ainsi que le livre et les ressources supplémentaires qu'ils avaient trouvé et de préparer une analyse de chaque ressource, à apporter avec eux pour la première séance de TP, sur les points suivants :

- Les éléments dans la ressource qu'ils avaient trouvée pertinents et/ou intéressants.
- L'auteur : ses qualifications, ses affiliations, son poste, etc.
- Le public cible : grand public ? scientifiques ? gymnasiens ? etc.
- Leur avis sur la pertinence et la fiabilité de la ressource.

Planification

Évidence I

- Lecture des ressources fournies
- Recherche de ressources supplémentaires
- Évaluation de la pertinence et de la fiabilité des ressources selon les critères fournis par l'enseignant

Questionnement

- Élaboration d'une question liée à leur thème
- Formulation d'une hypothèse à partir de leur question et de leur recherche littéraire

Évidence II

- Planification d'une expérience capable de tester leur hypothèse
- Évaluation de sources d'erreurs potentielles et d'influences externes potentielles
- Prédiction des résultats selon hypothèse
- Mise en place de l'expérience
- Récolte des données

Analyse

- Interprétation des résultats à l'aide des ressources trouvées pendant la recherche littéraire
- Validation, ou non, de l'hypothèse en comparant les résultats avec ceux prédis
- Évaluation du degré de certitude des résultats

Explication

- Explication des résultats en s'appuyant sur des ressources théoriques

Connexion

- Faire la connexion entre leurs résultats et ceux qu'ils ont trouvés pendant leur recherche littéraire, quelle place ont ces résultats dans le monde ?
- Évaluation de la fiabilité de leurs résultats comparés avec la fiabilité des résultats des autres

Communication

- Rédaction d'un rapport écrit
- Présentation orale de leur projet devant la classe

Réflexion

- Remplir un questionnaire (en annexe) sur la place de leur travail dans le contexte de leur propre apprentissage et dans le contexte plus large de la connaissance scientifique et l'effet que l'information pourrait avoir sur le monde
- Réflexion sur le processus scientifique

2.2. Nature des données

Plusieurs traces ont été produit pendant l'étude et ces traces seront utilisés pour évaluer, a posteriori, la présence d'indicateurs qui seront définis plus tard.

Traces :

- Vidéos des séquences et des présentations des élèves
- Rapports écrits des élèves (un exemple en annexe)
- Feuilles d'évaluations des présentations orales (en annexe)
- Questionnaires remplis par les élèves (un exemple en annexe)

2.3. Méthodologie d'évaluation des données

La méthode de validation interne (LABORDE, 1997) ne s'agit pas de comparer la classe avec une classe témoin mais de comparer l'analyse a priori et a posteriori de la séquence. Le choix de ce type d'évaluation se fait pour deux raisons, le premier étant d'ordre logistique, avec le temps et nombre de classes à disposition, ce ne serait pas possible de faire une comparaison avec une classe témoin. La deuxième raison est plutôt d'ordre philosophique, avec le nombre de variables entre deux classes, ce ne serait pas possible de savoir si des différences viennent de la différence entre les méthodes d'enseignement ou de la différence entre les élèves (Buty, 2004). Aussi de comparer avec une classe « témoin » suppose que l'on puisse définir une séquence standard à laquelle on puisse comparer notre séquence, et cette séquence n'existe tout simplement pas.

2.4 Indicateurs

Une liste d'indicateurs a été élaboré pour faciliter cette analyse :

Questionnement : ➤ Formule leur propre question

Évidence : ➤ Réussi à chercher plusieurs sources avec différentes provenances
➤ Essaye d'évaluer la pertinence et la fiabilité des sources
➤ Regarde si une réponse existe déjà et comment on l'a trouvé
➤ Réfléchissent à comment trouver la réponse à leur question
➤ Réussi à évaluer les compétences, les données ou le matériel supplémentaire nécessaire pour trouver la réponse à leur question

- Pose des questions sur comment monter leur expérience pour éviter des erreurs et influences externes
 - Évalue les erreurs possibles dans leur expérience
 - Avance une hypothèse pertinente
- Analyse :
- Pose des questions sur la certitude de leurs résultats
 - Évalue leur hypothèse suite aux résultats
- Explication :
- Faire le lien entre leurs résultats et le modèle physique correspondant
 - Essaye d'expliquer des résultats inattendus
- Connexion :
- Faire une évaluation de leurs résultats comparés aux résultats trouvés par d'autres auteurs
 - Questionner s'ils trouvent les résultats des autres plus ou moins fiables après avoir mené leur propre expérience
- Communication :
- Communique de manière claire, montrant qu'ils ont bien acquis les savoirs
- Réflexion :
- Pose des questions sur le processus scientifique soi-même
 - Pose des questions sur comment leur vision du monde a été modifié par le projet
 - Pose des questions sur l'effet que cette information pourrait avoir sur le monde

3. Résultats et analyse à 2 grains : mésoscopique & microscopique

3.1. Analyse descriptive de la séquence à grain mésoscopique

La première séance de TP a commencé par une discussion dans la classe de l'analyse qu'avait faite chaque groupe de leurs dossiers. L'ambiance dans la classe était très bonne, les élèves écoutaient attentivement, et chaque groupe a participé de manière constructive à la discussion, chaque groupe avait fait leurs devoirs et était calme et prêt à aborder leur tâche. Le cours étant leur dernière de la semaine, le vendredi de 14h20 à 16h00, la classe est normalement relativement agitée, pas à un niveau problématique mais les élèves ont généralement hâte de

terminer leur semaine et ne sont peut-être pas focalisé à cent pour cent sur leurs études de physique.

Pour la discussion de leurs ressources, chaque groupe a présenté leurs ressources et leurs analyses. Bien que chaque groupe ait pu présenter quelque chose, ils n'avaient pas lu tous les articles et toutes les ressources Internet, néanmoins cette partie de la séance a donné lieu à des discussions sur la nature des différentes sources d'information. Les élèves se sont plutôt focalisés sur les ressources les moins complexes ce qui n'a rien d'étonnant. Aussi on pourrait voir qu'ils connaissent assez bien le niveau des articles, mais au même temps ils étaient peut-être un peu trop vite découragés dès que le langage était compliqué, comme on peut voir dans quelques remarques des élèves :

« La plupart des articles c'était pour les scientifiques je pense »

« c'était assez compliqué parce qu'il y a beaucoup d'information détaillé, il faudrait être assez connaisseur en la matière je trouve pour comprendre »

Après la discussion de leurs ressources, les élèves avaient le reste de la séance pour choisir leur question et décider comment trouver la solution. La décision a été prise, pendant la séance, de légèrement modifier la séquence. Initialement les dossiers ont été structuré d'une telle manière à guider les élèves vers une question prédéfinie pour aider avec la planification de la séquence et pour faire en sorte que les expériences qu'ils « choisiraient » seraient faisables avec les ressources à disposition. Par exemple : trouver la température du soleil en mesurant son spectre lumineux, trouver la période de rotation du soleil en mesurant le mouvement des taches solaires, ou démontrer comment trouver des exoplanètes à partir des variations de luminosité des étoiles. Par contre, tous les groupes, sauf un, avaient choisi une question différente, et vu que le but initial était que les élèves amènent leur propre question la décision était prise de ne pas leur contraindre à ce niveau. Les quatre questions étaient les suivantes :

1. Est-ce que la vie peut exister sur des exoplanètes ?
2. Est-ce que l'on peut utiliser la fusion nucléaire comme source d'énergie sur la terre ?
3. Comment les taches solaires produisent-ils des aurores sur la terre ?
4. Quelle est la température du soleil ?

Cette liberté de choix dans les questions nécessitait une modification de la séquence parce que la seule question pour laquelle ce serait possible de monter une expérience en classe était la mesure de la température du soleil à partir de son spectre. Les élèves ont eu comme mission de

produire quelque chose : une expérience ou une modélisation basée sur des données en provenance d'autres études, ceci pour éviter que leur projet ne devienne une simple synthèse.

À la fin de cette première séance, les élèves avaient comme devoir de commencer l'écriture de leurs rapports, notamment la partie sur la recherche littéraire et la formulation de leurs questions et d'envoyer à l'enseignant, par email et avant la prochaine séance, une liste de leurs besoins pour la prochaine séance de TP : matériels, données supplémentaires, apports théoriques supplémentaires. L'idée était que la deuxième séance soit consacrée à trouver une réponse à leur question. Des demandes ont été reçues de la part de deux groupes : celui qui étudie la température du soleil qui a demandé un spectromètre ainsi que des explications supplémentaires sur comment trouver la température du soleil à partir de son spectre, et celui qui étudie les exoplanètes qui a demandé du matériel pour faire une démonstration de l'effet d'une planète qui passe entre nous et son étoile.

Une structure n'a pas été imposée sur la deuxième séance de TP, l'idée étant que l'enseignant puisse circuler parmi les groupes et leur aider à avancer avec leurs modélisations ou leurs expériences. Pour le groupe, qui a étudié la température du soleil un spectromètre a été préparé et calibré, ce processus étant un peu trop technique pour aborder avec les élèves dans le temps à disposition. Les autres groupes travaillaient sur des modélisations, tel que la construction d'une liste de critères de composition pour la vie sur d'autres planètes ainsi qu'une liste d'exoplanètes et leurs compositions pour trouver des exoplanètes avec potentiel pour la. L'ambiance était de nouveau bien pendant cette séance, peut-être un peu moins motivé que la première. À la fin de la deuxième séance tous les groupes avaient pour devoir de compléter leurs rapports et de les envoyer par email avant le prochain cours pour permettre une lecture avant leurs présentations.

Tous les rapports ont été reçus à temps. La partie sur la recherche littéraire était en général très longue comparée au reste du rapport (entre 30% et 60% de leur rapport, y compris les pages de titre et de bibliographie) Trois des rapports étaient vraiment très bien, un des quatre rapports était largement insuffisant et contenait même des éléments copiés directement depuis des sites Internet (plagiat). Au niveau théorique, il y avait évidemment des lacunes, vu la complexité des idées qu'ils abordaient, et il y avait beaucoup d'erreurs de compréhension.

La dernière partie de la séquence était les présentations des élèves devant toute la classe (21 élèves) l'enseignant et un expert étaient présents pour prendre des notes (voire annexes) et décider quelle note à attribuer aux groupes. Vu que les rapports ont été envoyés avant la

présentation les élèves ont pu recevoir leur note finale à la fin de la séance lors d'un petit entretien. Les trois groupes qui avaient produit des rapports de bonne qualité (notes de 5 ou 6) avaient aussi donné des présentations de très bonne qualité, (notes de 5 ou 6) et sans grand surpris le groupe qui avait produit un rapport qui était insuffisant avait aussi donné une présentation insuffisante ou ils avaient simplement lu leur rapport devant la classe. Après chaque présentation des questions ont été invitée de la part du reste de la classe et de l'expert, l'enseignant a posé des questions liées à des choses dans leurs rapports afin de clarifier certains points. Les groupes ont reçu des notes de 3, 5, 5, et 6 sur 6 respectivement. Les notes ont été attribués selon le volume et la qualité du travail de chaque groupe plutôt que sur le contenu parce que les concepts physiques abordés étaient désormais très compliqués et c'était donc plutôt normal et attendu qu'ils ne les aient pas parfaitement comprises.

Globalement j'étais très satisfait du déroulement de cette séquence, pour une prochaine fois, j'apporterai quelques modifications que je vais énoncer plus tard mais d'abord, je vais analyser cette séquence selon les indicateurs établis plutôt. Pour faciliter cette étude, j'ai enregistré les séances à l'aide d'une caméra et je vais aussi baser mon analyse sur la trace écrite des élèves (leurs rapports ainsi que le questionnaire que je leur ai donné à remplir (voir annexe)).

3.2. Analyse de l'activité des élèves à grain microscopique selon le modèle de l'API

Questionnement

Tous les groupes sont arrivés à trouver leurs propres questions, lié au thème proposé. Les groupes ont passé beaucoup de temps lors de la première séance à discuter entre eux pour choisir leur question, montrant qu'ils avaient bien réfléchi à leur question. La phrase suivante a été tiré du rapport sur les exoplanètes :

« Existe--- t--- il une exoplanète sur laquelle la vie est possible ? »

Nous avons choisi cette question car nous la trouvons très intéressante et cela faisons un moment que nous nous posons la question, sans jamais obtenir de réponse. Sans doute beaucoup d'autres personnes se la posent aussi. Une autre raison est que c'est une étude que nous n'avions encore jamais faite à l'école et nous voulions donc trouver des informations à ce sujet.

RAPPORT GROUPE 1, P12, SECTION 3) LA QUESTION

Ce groupe a réitéré ce sentiment pendant leur présentation, que c'était une question qu'ils se sont déjà posée et que c'était une question qu'ils estimaient importante.

Évidence I – Recherche littéraire

La première partie d'évidence est la recherche littéraire. Comme mentionné plutôt il aurait été préférable que les élèves fassent la recherche littéraire à partir de zéro, c'est-à-dire trouver toutes les ressources eux-mêmes, mais pour des raisons de contraintes de temps c'était décidé de leur fournir la plus grande partie des documents et de leur demandé de trouver un livre et deux autres ressources supplémentaires (articles, sites web, etc.), qui sont pertinents à leur travail. Tous les groupes ont réussi à trouver un livre pertinent, par contre ils n'ont pas essayé de trouver d'autres ressources.

Chaque groupe a bien travaillé sur l'évaluation de la pertinence et la fiabilité des sources. Au début de la première séance, une discussion de trente minutes a été menée pour discuter avec la classe de l'analyse qu'ils se sont portés sur les ressources fournies. Le niveau du langage dans les ressources était pour tous les groupes un facteur important, comme pour un des membres du groupe sur l'énergie du soleil :

« Il est clair et l'on comprend facilement. Il n'y a pas vraiment beaucoup de termes techniques, c'était vraiment plus facile à comprendre et à chaque fois il y a des images pour illustrer. »

Ou dans le rapport sur les exoplanètes :

« Utilisation d'un vocabulaire scientifique et donc compliqué à comprendre »

Rapport Groupe 1, p6, section 2) Recherche littéraire

Tous les groupes ont mentionné le niveau langagier des articles, en disant qu'ils étaient soit bien adapté leur niveau, soit très simple, soit trop compliqué. Au niveau de la fiabilité, tous les élèves ont sorti plus ou moins les mêmes argumentations pour dire si une ressource est fiable ou pas. Le plus répandu étant la provenance de l'auteur :

« Fiabilité : oui car écrit par des personnes qui connaissent ce sujet et publié par le biais du musée d'histoire naturelle de Genève »

Rapport Groupe 1, p8, section 2) Recherche littéraire

« Ce document est très fiable car « Sciences à l'École » contient des comités scientifiques composés de chercheurs et enseignants-chercheurs, d'inspecteurs généraux, d'inspecteurs d'académie et d'inspecteurs pédagogiques régionaux ainsi que des enseignants du second degré. Cette organisation a pour but principal de promouvoir la culture scientifique et technique pour les élèves de collèges et lycées. Les personnes qui rédigent ces documents viennent directement du ministère de l'Éducation Nationale, du ministère de

l'enseignement supérieur et de la recherche et du Centre Nationale de la Recherche Scientifique (CNRS) ainsi que son budget viennent de ces ministères. »

Rapport Groupe 4, p3, section Recherche littéraire

« étant une institution publique, on peut s'y fier, la véracité des informations est assurée. »

Rapport Groupe 3, p4, section Recherche littéraire

« La source semble fiable car elle est basée sur une expérience réalisée par un professionnel. »

Rapport Groupe 3, p7, section Recherche littéraire

D'autres indicateurs utilisés par les élèves pour décider si les ressources étaient fiables sont si les auteurs utilisent beaucoup de références ou si les résultats sont corroborés par d'autres sources d'information.

« Ce document n'est absolument pas fiable car l'auteur n'y est pas mentionné. Sous la rubrique « bibliographie » les sites utilisés ne marchent pas ou n'existent pas »

Rapport Groupe 4, p5, section Recherche littéraire

« il n'y a aucune mention d'une bibliographie et nous ne pouvons donc même pas vérifier leurs sources »

Rapport Groupe 1, p6, section 2) Recherche littéraire

Ces indicateurs sont certes utiles mais on ne peut pas toujours faire confiance à un article qui référence beaucoup d'articles ou qui est corroborées par d'autres sources d'information sans avoir vérifié la fiabilité de ses autres sources d'information. Les élèves ont également mentionné le fait d'avoir utilisé beaucoup de chiffres et de calculs ou d'être basé sur des grandes recherches, ses indicateurs étant peu fiables car la pseudoscience aussi se base souvent sur des chiffres ou des calculs précis et peut également être basée sur des « grands recherches ».

Maintenant si l'on regarde si les élèves ont regardé s'il existe déjà une réponse, c'est quelque chose que qu'ils ont plutôt traité a posteriori dans leurs analyses des résultats

Évidence II - Expérience

Si l'on passe maintenant au stade de l'expérience, qui fait toujours partie de l'évidence, le premier indicateur était de réfléchir à comment trouver une réponse à leur question. Pour cette partie-ci, il y avait une grande différence entre les approches selon la complexité de la question. Pour la mesure de la température du soleil, les élèves ont pu trouver toute seule l'approche à

utiliser, parce que la théorie est peut-être compliquée mais n'est pas complexe, il suffit de comprendre une équation et un peu de théorie sur des corps noir et on voit assez rapidement comment utiliser une mesure spectrale pour trouver la température. Pour les trois autres questions, qui sont beaucoup plus compliquées, les élèves avaient besoin de beaucoup de guidage dans leur réflexion. Le groupe sur les exoplanètes était même étonné qu'ils puissent faire les calculs nécessaires eux-mêmes.

Les élèves ont aussi eu besoin de beaucoup de guidage pour évaluer le matériel, les données, ou les compétences supplémentaires dont ils avaient besoin pour répondre à leurs questions. Pour le groupe, qui traitait l'énergie du Soleil c'était nécessaire de leur donner des questions auxquels il fallait trouver des réponses pour répondre à leur question initiale :

1. Dans combien de temps, il sera faisable d'avoir des centrales de fission nucléaires Industrielles ? Dans cette question, on ne parle pas de centrale de test, mais bien de centrales industrielles pour la consommation
2. Combien coûte une centrale de fusion nucléaire ?
3. Quelle est la consommation en carburant d'une centrale de fusion nucléaire ?
4. Quel est le prix des carburants ?

Rapport Groupe 2, p2, section Notre méthode

Pour le groupe 3, qui se demandait comment les taches solaires produisent des aurores sur la terre, c'était nécessaire d'utiliser une approche d'investigation guidée, en leur posant des questions intermédiaires telles que trouver la vitesse de déplacement du vent solaire.

Vu que le seul groupe qui menait une « vraie » expérience était le groupe qui traitait la température du soleil, c'est le seul groupe qu'aurait pu se poser des questions sur comment monter leur expérience ou réfléchir à des erreurs possibles. Ils n'ont pas vraiment eu la possibilité de le faire avant l'expérience parce que la préparation était faite en grande partie par l'enseignant, vue la complexité de méthodes employés. Par contre, ils se sont posé des questions sur les erreurs dans leur analyse qui seront abordés plus tard.

Chaque groupe a avancé une hypothèse, mais ces hypothèses étaient plutôt des modèles explicatifs, par exemple :

Nous pensons que l'aurore polaire se crée à partir d'une éruption solaire qui va dégager des particules et ces particules vont se faire transporter par le vent solaire jusqu'au champ magnétique de la Terre. Ce champ ne laissera pas passer

les particules car elles sont trop chargées énergétiquement, nous pourrions donc voir des sortes de traînées de couleur, qui sont ces flux de particules chargées.

Cela est un bon modèle explicatif mais ne donne pas de direction pour la recherche et ne contient pas vraiment quelque chose que l'on peut tester.

L'énergie produite par la fusion nucléaire reproduite sur terre ne pourra pas devenir notre source d'énergie principale avant longtemps et elle créera des effets néfastes pour l'environnement.

Cela a un peu plus de direction, mais de nouveau ne donne pas vraiment quelque chose à tester, c'est plus une opinion basée sur la lecture qu'une hypothèse. Toutes les hypothèses étaient similaires à ceux-ci.

Analyse

Trois des quatre groupes ont discuté de la fiabilité de leurs résultats et/ou les limites de leurs expériences ou de leurs modélisations. Le quatrième groupe qui a exploré l'énergie du Soleil a mené un travail insuffisant du à un manque d'engagement dans le travail. Les trois autres groupes en général ont donné leur résultat puis comparé leur résultat avec « la vraie valeur » et ont réfléchi aux sources d'erreurs possibles :

En réalité, la température de la surface du Soleil est de 5'778 K!

Une des raisons pour lesquelles notre mesure n'est pas exacte (outre l'imprécision du spectromètre) est peut-être celle de la météo.! En effet, le jour où nous avons fait nos mesures à l'extérieur, il pleuvait et le ciel était nuageux.!

Rapport Groupe 4, p14, section Discussion

Chacun des trois groupes a essayé d'évaluer la certitude de leurs résultats mais de nouveau ils manquaient la connaissance nécessaire pour vraiment évaluer les sources d'erreurs possibles. Chaque groupe a également essayé d'évaluer si leur hypothèse était correcte, avec plus ou moins de succès vu que les hypothèses n'étaient pas idéales.

Explication

Il n'y a aucun des groupes qui se sont revu sur le modèle physique correspondant pour parler de quel effet les résultats auraient sur ce modèle et si le modèle se tient toujours suite à nos résultats.

Le groupe qui mesurait la température du soleil à essayer d'expliquer un résultat inattendu : que l'on voit moins d'infrarouge que l'on aurait pensé

Nous nous sommes penchés sur la question et nous avons remarqué que les rayons infrarouges traversaient très mal les nuages.

Par exemple : lorsque le ciel est dégagé la nuit, il fait plus froid que lorsqu'il y a des nuages. Cela est dû au fait que la terre stocke la chaleur pendant la journée et, la nuit venue, cette chaleur se dégage de la terre sous la forme de rayons infrarouges invisible à l'œil nu. Lorsqu'il y a des nuages, les rayons ne peuvent pas les traverser et ils restent donc en dessous, ce qui garde la chaleur de l'air. Lorsqu'il n'y a pas de nuages, les rayons s'échappent et il fait donc plus froid. Ceci explique pourquoi notre taux d'infrarouge était très bas et donc peut expliquer une certaine imprécision dans notre résultat.

Rapport Groupe 4, p14-15, section Discussion

Le raisonnement est intéressant mais c'est plutôt à cause du manque de sensibilité du détecteur aux longueurs d'onde infrarouge.

Connexion

Les élèves ont tendance à prendre ces résultats pour des faits, et si leurs résultats ne correspondent pas parfaitement avec les résultats des autres, ils pensent de manière automatique que ce sont leurs résultats qui ne sont pas corrects, comme de nouveau pour le groupe qui traite la mesure de la température du soleil :

En réalité, la température de la surface du Soleil est de 5'778 K!

Rapport Groupe 4, p14, section Discussion

Ils ne parlent pas de comment les autres auteurs sont arrivés à leurs résultats ou si les résultats des autres auteurs sont même fiables.

Communication

Il n'y a pas grand-chose à dire ici au niveau d'une analyse à grain microscopique, tous les groupes ont réussi à suivre les consignes pour le format de leurs rapports et ont présenté leurs projets au reste de la classe d'une manière plutôt satisfaisante.

Réflexion

Ce travail a amené les élèves à poser des questions sur comment leur vision du monde a été modifié par le projet, comme les remarques du groupe sur les exoplanètes lors de la première séance (discussion en classe, extrait vidéo):

« C'est tellement grand l'univers, on est ce petite planète »

« On fait on a plein de trucs qu'on n'a pas encore découverts, c'est cool, moi je trouve ça super cool »

« Imagine, nous on est une mini partie de ce truc, qui fait partie d'un autre truc qui n'est qu'une partie d'un autre truc, on est vraiment tout petit quoi. »

Ce qu'on voit ici est une réalisation que l'univers est vraiment très grand et qu'il reste encore beaucoup de choses à découvrir, peut-être ils vont contribuer à ces découvertes.

Aussi les groupes se sont posé des questions sur l'effet qu'aurait cette information sur le monde, comme le groupe sur l'énergie du Soleil quand on leur a posé la question de si le sujet de leur projet est important :

7. Est-ce que le sujet de votre projet est important ?

Oui. Si les recherches aboutissent de manière positive, cela permettra aux humains d'avoir une énergie propre et quasi inépuisable.

Questionnaire sur le projet sur le thème du soleil, Groupe 2

4. Discussion

Si l'on regarde cette séquence d'un point de vue globale, on peut dire que c'était un succès, même s'il reste quelques améliorations à apporter. Le choix de mettre cette séquence à la fin de l'année s'est avéré bien, on peut imaginer qu'après deux semestres assez cadrés sur les forces et le mouvement, avec plein d'équations, que les élèves étaient contents d'avoir un peu plus de liberté dans leur apprentissage et d'aborder des sujets un peu plus conceptuels.

Concernant la recherche littéraire, ce n'est pas étonnant que les élèves se soient plutôt focalisés sur les ressources les moins complexes, vu le volume d'information fournie c'est fort possible que les élèves eussent lu assez pour pouvoir participer au cours en se contentant de survoler les textes les plus complexes. C'était intéressant que les élèves aient particulièrement parlé du niveau du langage quand ils ont décrit des textes comme étant trop compliqué. Comme dit Astolfi (Astolfi, 2008), chaque discipline a sa propre langage, et pour amener nos élèves dans notre discipline il faut leur enseigner le langage.

Un effet intéressant était que les élèves se fiaient, presque de manière automatique, aux articles publiés par des « professionnels » ou des « institutions publiques », et au fond, ils ont raison, par contre on peut se demander si ce n'est un réflex venant du conditionnement des élèves à respecter des institutions publiques et des professionnels. On peut se poser cette question parce qu'il n'y a aucune mention de l'examen par des pairs qui est la racine de la fiabilité des

professionnels et des institutions publiques, ces derniers étant contraint à utiliser l'examen par des pairs.

C'était un résultat inattendu que les élèves aient vraiment formulé leurs propres questions, basés sur le matériel fourni, et que trois des quatre groupes avaient formulé des questions auxquelles je n'attendais pas. Cela montre que cette approche leur permet vraiment d'entrer dans le processus scientifique, au moins au niveau du questionnement, ils montraient leur agentivité et c'est clair que c'était une source de motivation pour eux de travailler sur leurs propres questions. Je pense que pour ceci le choix du thème était aussi important. Le soleil est un sujet assez grand pour leur donner la possibilité d'explorer des idées qui sont pour eux vraiment nouveau et assez large et intéressant pour leur permettre de vraiment réfléchir plutôt que juste apprendre.

L'ambiance était mieux pendant la première séance de TP comparée à la deuxième. Cela était peut-être dû à la nécessité, pendant la deuxième séance, de traiter avec le vrai travail de physique, comparé à la première séance qui traitait plutôt des concepts et la lecture.

Au niveau des rapports, le travail était globalement très satisfaisant, mise à part le travail du groupe 2. Concernant le groupe 2, bien qu'une partie de faute reste avec les élèves, qui ne se sont pas engagés dans le travail comme il fallait, je pense que pour ce groupe mon approche n'était pas assez structurée et j'aurais dû plus les guider dans leur travail, une possibilité serait de leur demander de fournir des rapports intermédiaires pour voir leur progrès, c'est important de se rappeler que l'on reste l'enseignant et que l'on détient une grande partie de la responsabilité pour l'apprentissage de nos élèves. C'est aussi normal que tous les groupes eussent eu des difficultés de compréhension des concepts abordés, il y avait évidemment des lacunes dans leurs connaissances, mais le but de cet exercice était plutôt la compréhension du processus scientifique et donc je pense que c'est admissible de laisser les élèves partir dans la mauvaise direction, à condition qu'on les corrige, chose que j'ai faite pendant leurs présentations et les entretiens qui suivaient.

Les élèves avaient besoin de beaucoup de guidage sur comment trouver une réponse à leur question. Je pense que les élèves n'ont simplement pas l'habitude de traiter ce genre de question complexe dans les sciences, on a tendance à leur présenter une théorie puis leur demander de répondre à des questions en utilisant cette théorie. Dans ce cas-ci, il faut être beaucoup plus créatif et trouver la théorie après avoir posé la question. Le groupe sur les exoplanètes était même étonné qu'ils puissent faire les calculs nécessaires eux-mêmes, on peut se demander si nos élèves ont l'habitude de réfléchir ? Si ceci s'avère être le cas, il faudrait peut-être revoir la

relation des élèves avec la connaissance, est-ce qu'on passe trop de temps à leur présenter des choses plutôt que de leur laisser travailler avec la matière. Au même temps, on peut dire que le guidage sera toujours nécessaire avec des groupes à ce niveau qui manque simplement le savoir nécessaire en physique pour imaginer ce qu'ils ne savent pas.

Quand les élèves ont procédé à l'analyse de leurs résultats, c'était intéressant de voir, comment ils traitent les résultats tirés de la littérature. Le groupe 4, par exemple, parle de la température de la surface du Soleil comme si c'était un fait incontestable quand en réalité ce n'est qu'une mesure. Cela est probablement un effet de notre style d'enseignement en physique. On a tendance à présenter les théories comme des faits, parce que la plupart des théories que l'on présente ont été établies, il y a plus que cent ans et sont stables, ce serait bien de faire apprendre aux élèves que même si une idée ou un résultat vient d'une institution publique ou un professionnel, on a le droit de la questionner.

5. Perspectives : améliorations, recommandations, points de vigilance

Même si globalement la séquence a été un succès, il y a quand même des améliorations à faire ainsi que des points de vigilance à garder en tête pour la mise en place d'une telle séquence.

Au niveau de la recherche littéraire, ce serait peut-être une bonne idée de réduire la quantité de matériel fournie, surtout avec une planification serrée. Les élèves avaient une semaine pour lire les documents et rédiger un rapport initial, ceci à côté de leur travail dans d'autres disciplines. Aussi ce serait bien de peut-être mieux trier les textes, pour éviter de fournir des documents beaucoup trop complexes qui pourraient leur décourager par la suite.

Pour le groupe 2 qui ne s'engageait pas dans le travail, comme dit auparavant, une partie de faute reste avec les élèves, ce qui fait de l'enseignement, un des métiers impossibles est que nous pouvons pas forcer des élèves à apprendre. Cela dit, c'est le rôle de l'enseignant de mettre en place des dispositifs afin que les élèves arrivent à travail, et c'est le rôle de l'enseignement de leur motiver dans ce travail. Donc, même si le but de ce projet est d'utiliser une approche ouverte ou guidée, il faut être prêt, au cas de besoin, à utiliser une approche structurée, en espérant que ceci donne des ailes aux élèves pour la suite.

Au niveau des rapports, les élèves avaient produit beaucoup de pages sur la recherche littéraire comparée au travail de recherche soi-même. Pour remédier cela il serait souhaitable de mettre

en place un nombre de pages minimum et/ou maximum pour chaque section, pour guider les élèves à produire des rapports de bonne qualité.

Il serait bien, aussi, d'intégrer des éléments sur toute l'année. On pourra donner des TP qui se focalisent sur le traitement d'erreurs, sur le montage d'une expérience. On pourrait donner des cours pendant l'année sur l'examen par les pairs, ou sur la recherche littéraire. On pourrait donner des cours sur la rédaction d'un rapport ou sur la formulation d'une hypothèse. Ce ne serait pas nécessaire d'explicitier chaque fois que l'on introduise un de ces éléments dans notre cours, mais l'idée serait d'avoir traité tous ces éléments avant de commencer cette séquence à la fin de l'année.

Il serait avantageux d'être plus explicite quant à nos buts d'enseignement, c'est important que les élèves soient conscients de ce qu'ils devraient apprendre. Ce serait peut-être mieux, avec le temps que l'on a à disposition de mieux cadrer les élèves. Ce ne sont pas des chercheurs, on peut leur montrer le monde scientifique sans pour autant qu'ils aient vraiment besoin de faire tous le travail d'un chercheur.

Finalement, si possible, ce serait bien d'avoir une discussion avec la classe sur le processus scientifique après avoir donné cette séquence, pour pouvoir consolider et institutionnaliser les idées chez les élèves et pour pouvoir évaluer l'apprentissage des élèves quant au processus scientifique.

6. Conclusion

Si je reviens à ma question initiale : Comment Introduire la culture scientifique en cours de physique au gymnase ? Je pense que j'ai trouvé une réponse partielle. L'API nous donne une structure pour commencer à aborder cette question avec nos élèves. Globalement je suis assez satisfait de ma séquence et les résultats que j'ai vus chez mes élèves. Je pense que de leur donner un projet de recherche ou ils ont beaucoup de liberté a vraiment bien changé le rythme des cours à la fin de l'année et a très bien marché comme séquence. Il y a quand même des changements que j'apporterai à la séquence, comme explicités ci-dessus

Ce travail pour moi était vraiment fascinant et je vais intégrer les leçons que j'ai apprises dans mon enseignement. Cette séquence est quelque chose que j'espère pouvoir réutiliser et raffiner dans les années à venir. Quand je donne un cours de première année au gymnase, je vais baser la planification annuelle sur les points explorés dans ce projet, pour pouvoir mener ce mini-projet de recherche à la fin de l'année. Je pense que cette approche pourrait aussi être modifiée

pour une utilisation dans d'autres branches scientifiques et à différents niveaux scolaires :
secondaire I, secondaire II etc.

Bibliographie

- Astolfi, J.-P. (2008). La saveur des savoirs. Paris, ESF. Bautier E., Rochex J.-Y.(1998), L'expérience scolaire des nouveaux lycéens. Démocratisation ou massification.
- Bybee, R. W. (2000). Teaching Science as Inquiry. In J. Minstrell & E. H. Van Zee, Inquiring into Inquiry Learning and Teaching in Science (p. 20-46). American Association for the Advancement of Science.
- LABORDE, C. (1997). Affronter la complexité des situations d'apprentissage des mathématiques en classe. Défis et tentatives.
- Latour, B. (2001). Le métier de chercheur. Regard d'un anthropologue: 2e édition revue et corrigée. Quae.
- Levy, P., Lamas, P., McKinney, P., & Ford, N. (2011). The features of inquiry learning: theory, research and practice. Pathway to Inquiry Based Science Teaching,(Deliverable 2.1). European Commission: CSA-SA Support Actions, Project Number 266624.
- Tiberghien, A. (2016). Culture Scientifique et Technologique : Évaluation Pisa. In C. Marlot & L. Morge, L'investigation scientifique et technologique: Comprendre les difficultés de mise en oeuvre pour mieux les réduire (p. 45-77). Presses Universitaires de Rennes.
- Venturini, P., & Amade-Escot, C. (2014). Analysis of conditions leading to a productive disciplinary engagement during a physics lesson in a disadvantaged area school. International Journal of Educational Research, 64, 170-183.

Annexes

A. Ressources – Groupe 1 : les exoplanètes

Documents Imprimés

Aubanel, E., Dargent, J., & de Richecour, A. (2009). *Capter un clin d'oeil cosmique* (p. 25).

Institut Fénélon. Consulté à l'adresse

http://www.odpf.org/images/archives_docs/16eme/memoires/gr-19/memoire.pdf

En Quête d'autres mondes. (s. d.). Université de Genève. Consulté à l'adresse

https://www.unige.ch/campusjunior/files/9214/2590/0619/Dossier_exoplanetes.pdf

Épreuve Commune de TIPE 2009 - Partie D. (2009). Service de Concours Écoles

d'Ingénieurs. Consulté à l'adresse [https://www.scei-](https://www.scei-concours.fr/tipe/TIPE_2009/sujets_2009/physique_MP_PC_2009.pdf)

[concours.fr/tipe/TIPE_2009/sujets_2009/physique_MP_PC_2009.pdf](https://www.scei-concours.fr/tipe/TIPE_2009/sujets_2009/physique_MP_PC_2009.pdf)

Exoplanètes et vie extraterrestre. (2013, octobre). *Astronomie Québec*, 2(3).

Exoplanètes : simulation de passages. (2015). CRAL Observatoire de Lyon. Consulté à

l'adresse [https://cral.univ-lyon1.fr/labo/fc/cdroms/stages15-16/nouvomonde/TD-](https://cral.univ-lyon1.fr/labo/fc/cdroms/stages15-16/nouvomonde/TD-simulexopla/simulexopla_version3.pdf)

[simulexopla/simulexopla_version3.pdf](https://cral.univ-lyon1.fr/labo/fc/cdroms/stages15-16/nouvomonde/TD-simulexopla/simulexopla_version3.pdf)

Kurth, C., & Frei, P.-Y. (2015). Exoplanètes. Muséum d'histoire naturelle de la Ville de

Genève. Consulté à l'adresse [https://www.ville-](https://www.ville-ge.ch/mhng/pdf/expo_2015_exoplanetes_dp.pdf)

[ge.ch/mhng/pdf/expo_2015_exoplanetes_dp.pdf](https://www.ville-ge.ch/mhng/pdf/expo_2015_exoplanetes_dp.pdf)

Türler, M. (2004, octobre). La chasse aux exoplanètes telluriques. *Courrier CERN*, 44(8), 19.

Ressources Internet

<https://www.nouvelordremondial.cc/2016/04/12/detection-dexoplanetes-le-telescope-kepler-est-en-mode-urgence-selon-la-nasa/>

<http://www.science-et-vie.com/?s=exoplanète>

<http://www.miasme.com/news/trois-planetes-potentiellement-habitable-decouvertes-autour-dune-naine-ultra-froide>

<http://www.rts.ch/decouverte/sciences-et-environnement/terre-et-espace/5338277-une-exoplanete-de-type-terrestre.html>

<http://www.esep.pro/-Exoplanetes,5-.html>

Vidéos

<https://www.youtube.com/watch?v=WWGm-qt05lw>

https://www.youtube.com/watch?v=D-7ysPi_M8Y

<https://www.youtube.com/watch?v=iO5YqmnMmNM>

B. Ressources – Groupe 2 : l'Énergie du Soleil

Documents Imprimés

Couleur et vie des étoiles. (s. d.). Club Astronomique de la Région Lilloise. Consulté à l'adresse http://www.astro-carl.com/IMG/pdf/Vie_et_couleur_des_etoiles.pdf

L'astrophysique nucléaire. (2003). *Commissariat à l'énergie Atomique, 2003*, (11).

Le Soleil, notre étoile. (s. d.). Consulté à l'adresse

http://www.sciencesalecole.org/documentsSAE/olympiades_internationales/IESO/prepa_francaise_astronomie/Le_Soleil.pdf

L'ÉNERGIE ET LA MATIÈRE PETITE EXPLORATION DU MONDE DE LA

PHYSIQUE: Partie 1 De quoi c'est fait ? (s. d.). Collège George Sand, La Motte Servolex.

Consulté à l'adresse <http://www.ac-grenoble.fr/college/sand.la-motte-servolex/documents/Sciences%20et%20Technologie,%20%20l'%C3%A9nergie%20et%20la%20mati%C3%A8re.pdf>

Martin, Yves, & Fasoli, Ambrogio. (2014). La fusion nucléaire. *Bulletin SEV/AES*, (4), 24-32.

Resources Internet

<http://www.matierevolution.fr/spip.php?article3321>

http://www.astrosurf.com/omega-astro/vie_etoiles/energie_etoile.html

<http://www.phy6.org/stargaze/Fsun7enrg.htm>

<http://astrologie-autrement.com/apprendre/les-astres/le-soleil-en-astrologie/>

https://fr.wikipedia.org/wiki/Fusion_nucl%C3%A9aire

<https://www.iter.org/fr/sci/whatisfusion>

<http://www.scienceinschool.org/node/395>

Vidéos

<https://www.youtube.com/watch?v=ZqLkHI-U9KY>

https://www.youtube.com/watch?v=hsD6kUJID_k

<https://www.youtube.com/watch?v=wfMRRPV1zkU>

C. Ressources – Groupe 3 : Les taches solaires

Documents Imprimés

Bard, É. (2011, juin). Influence du soleil sur le climat. La lettre du Collège de France, (31).

Consulté à l'adresse <http://lettre-cdf.revues.org/1210>

L'activité de surface du Soleil et son influence sur la Terre. (s. d.). Sciences à l'école.

Consulté à l'adresse

http://www.sciencesalecole.org/documentsSAE/olympiades_internationales/IESO/prepa_francaise_astronomie/Activite_surface_Soleil.pdf

Le Cycle Solaire. (s. d.). CERCLÉ. Consulté à l'adresse

<https://previ.obspm.fr/articles/chap6tof.pdf>

Lecoutre, G., & Amade-Escot, C. (s. d.). Observation des taches solaires: Vitesse de rotation du soleil. Saint-Priest: Collège Gérard-Philippe. Consulté à l'adresse http://acces.ens-lyon.fr/clea/archives/cahiers-clairaut/CLEA_CahiersClairaut_120_06.pdf

Legrand, J.-P., Le Goff, M., Mazaudier, C., & Schröder, W. (1991). L'activité solaire et l'activité aurorale au XVIIe siècle. Academie des Sciences Paris Comptes Rendus Serie Generale La Vie des Sciences, 8, 181-219.

Les taches solaires : mesurer la période de rotation du Soleil. (s. d.). Consulté à l'adresse

http://edu.obs-mip.fr/content/download/11312/80279/file/rotation_soleil.pdf

Ressources Internet

https://fr.wikipedia.org/wiki/Tache_solaire

<http://www.astronomes.com/le-soleil-et-les-etoiles/soleil-surface-tache-magnetisme/>

<https://previ.obspm.fr/index.php?page=accueil>

<http://www.astrosurf.com/saviezvous/savoir/sole0010.htm>

<http://www.atlantico.fr/decryptage/terre-vers-mini-age-glaciaire-cause-taches-solaires-pourquoi-rumeur-qui-empare-reseaux-sociaux-que-peu-fondements-scientifiques-2237665.html>

<http://www.sciencepresse.qc.ca/actualite/2013/09/26/passees-taches-solaires>

<http://www.sciencesetavenir.fr/espace/20141103.OBS3946/la-plus-grande-tache-solaire-depuis-24-ans.html>

<http://www.maplanetebleue.com/2010/07/19/rechauffement-climatique-et-activite-solaire/>

Vidéos

<https://www.youtube.com/watch?v=V49799Mw7uk>

<https://www.youtube.com/watch?v=Qs9EhIzUXKE> (à partir de 1h19)

D. Ressources – Groupe 4 : La température du Soleil

Documents Imprimés

Balluais, L., Duhamel, B., Jacquelin, C., Muller, Q., Nivon, L., & Rodrigues, B. (2011).

Principe de Fonctionnement et utilisation d'un spectromètre (p. 31). Rouen: INSA. Consulté à l'adresse https://moodle.insa-rouen.fr/pluginfile.php/29733/mod_folder/content/0/Rapport_P6-3_2012_25.pdf?forcedownload=1

Couleur et vie des étoiles. (s. d.). Club Astronomique de la Région Lilloise. Consulté à l'adresse http://www.astro-carl.com/IMG/pdf/Vie_et_couleur_des_etoiles.pdf

Interpreter le spectre de la lumière émise par une étoile. (2011). Pierron. Consulté à l'adresse http://www.pierron.fr/ressources/fichestp/2nde_phy/CPHY-223_Interpreter_le_spectre_de_la_lumiere_emise_par_une_etoile_fiche_professeur.pdf

Le corps noir. (s. d.). Sciences à l'école. Consulté à l'adresse http://www.sciencesalecole.org/documentsSAE/olympiades_internationales/IPhO/ressources/Corps%20Noir.doc

Le rayonnement thermique et la loi du Corps Noir. (s. d.). ENS-LYON. Consulté à l'adresse <http://www.ens-lyon.fr/Planet-Terre/Infosciences/Climats/Rayonnement/Cours/index.html>

Le Soleil, notre étoile. (s. d.). Consulté à l'adresse

http://www.sciencesalecole.org/documentsSAE/olympiades_internationales/IESO/prepa_francaise_astronomie/Le_Soleil.pdf

Vauglin, I. (s. d.). Evolution des étoiles... ...le temps qu'il faut. Observatoire de Lyon.

Consulté à l'adresse https://cral.univ-lyon1.fr/labo/fc/cdroms/cdrom2013/Lumetexo/lumiere-etoile/etoiles_diagrammeHR.pdf

Vézina, S. (s. d.). Chapitre 5.3 - Le spectre du corps noir. Consulté à l'adresse

http://profs.cmaisonneuve.qc.ca/svezina/nyc/note_nyc/NYC_XXI_Chap%205.3.pdf

Ressources Internet

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Soleil>

<http://www.energie-environnement.ch/maison/eclairage-et-piles/208>

http://www.astrotheme.fr/dossiers_astrologiques/Les_etoiles_fixes_en_astrologie

<http://spectroscopieastrophysique.e-monsite.com/pages/etude-de-la-temperature-du-soleil-a-l-aide-de-son-spectre-et-de-la-loi-de-wien.html>

http://www.lexpress.fr/actualite/sciences/le-mystere-du-soleil-plus-chaud-a-l-exterieur-qu-a-l-interieur-enfin-elucide_1688539.html

<http://www.science-et-vie.com/2014/12/fait-il-froid-en-altitude-quon-se-rapproche-du-soleil/>

<http://www.astronomes.com/le-soleil-et-les-etoiles/etoile-luminosite-temperature/>

http://www.lemonde.fr/sciences/article/2015/06/10/pourquoi-le-soleil-est-si-chaud_4651415_1650684.html

https://media4.obspm.fr/public/FSU/pages_corps-noir/temperature-couleur-observer.html

Vidéos

<https://www.youtube.com/watch?v=5jyQIiR0VUc>

<https://www.youtube.com/watch?v=bi8mtcTraDc>

Projet de recherche - Physique

La température du soleil à sa surface

Tables des matières :

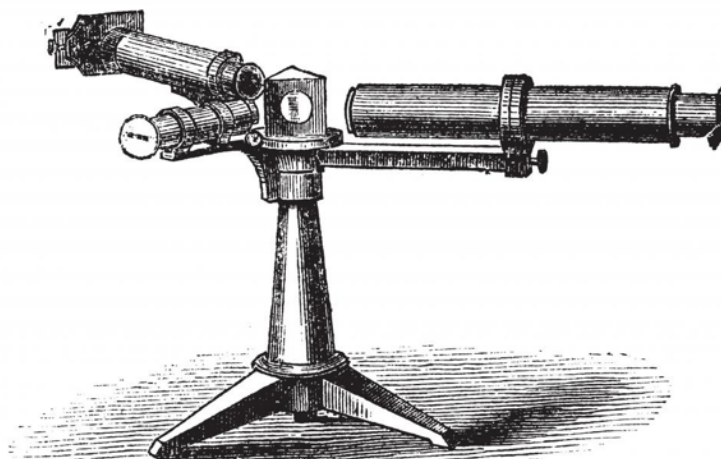
<i>Introduction</i>	p.2
<i>Recherche littéraire</i>	p.2-9
- <i>Articles et documents</i>	p.3-5
- <i>Sites internet</i>	p.5-8
- <i>Vidéos</i>	p.8-9
- <i>Livre</i>	p.9
- <i>Ressources intéressantes</i>	p.9-10
<i>La question</i>	p.10
- <i>Hypothèse</i>	p.10
<i>Méthode</i>	p.10-13
- <i>Expérience</i>	p.10-13
<i>Résultats</i>	p.14
<i>Discussion</i>	p.14
<i>Conclusion</i>	p.15
<i>Bibliographie</i>	p.15-16

Introduction :

Le soleil est une étoile de type solaire, une boule de gaz qui se consume, sphérique et en équilibre grâce à l'action de la gravité et de la pression du gaz et qui émet sa propre lumière du résultat de réactions nucléaires. Il perd 4 millions de tonnes par seconde et a une durée de vie de 100 milliards d'année (10^{10}). Le soleil comporte 5 couches : la première étant le noyau avec environ 15 millions de Kelvin, la seconde est la zone de radiation où la température est de 8×10^6 à $1,3 \times 10^7$ de Kelvin, la troisième s'appelle la zone de convection avec une température qui décroît suffisamment (de 2×10^6 à 6×10^5 Kelvin). La quatrième s'appelle la photosphère où la température se monte entre 5800 K à 4200 K et pour finir la chromosphère où la température est de 4200 K à près de 10 000 K. Nous pouvons citer encore une partie du soleil qui n'est pas directement « attaché » à son noyau, elle s'appelle la couronne solaire où la température est environ de un à trois millions de Kelvin.

C'est un corps noir (100% qui est absorber et 0 % réflecteur). Le corps noir, rejette petit à petit sa radiation thermique. La température du corps noir doit être mesurée en Kelvin. Nous avons utilisé la formule de Wien dans notre expérimentation. Cette dernière nous permet d'évaluer la température à la surface du soleil (5800 K) en déterminant la longueur d'onde sur laquelle se trouve le corps noir. Lorsqu'un corps noir reçoit des radiations extérieures, il les absorbe et cela augmente sa température.

Pour résoudre notre question, nous avons eu besoin d'un spectromètre. Le spectromètre, est un engin pour mesurer les spectres. Le spectre lumineux a été découvert par Isaac Newton en 1666. Par la suite Joseph von Fraunhofer inventa le premier spectroscopie en 1815. Ce sont les discontinuités des rayons lumineux des étoiles. Les rayons lumineux sont les directions des ondes électromagnétiques. Un spectre est un rayon d'onde électromagnétique où lors de sa décomposition, nous obtenons toute les couleurs de l'arc en ciel



Premier spectroscopie inventé par Joseph von Fraunhofer

Recherche littéraire :

Articles, documents :

« Couleur et vie des étoiles »

- Ce document a été rédigé par Le Club Astronomique de la Région Lilloise (CARL).
- Ce dossier nous parle de la lumière ainsi que les informations contenues dans la lumière et des explications sur le cycle d'une étoile de sa naissance à la mort de l'étoile.
- Nous pensons que ce document est fiable car nous pouvons comparer leurs informations aux autres documents et nous pouvons affirmer que les informations sont correctes. En cherchant des informations sur le club, il possède une bibliothèque de plus de 800 livres, participent régulièrement à des manifestations, proposent des formations donc ces personnes connaissent bien leur sujet d'autant plus que c'est leur passion mais nous devons quand même nous méfier de ces informations car ce ne sont pas des scientifiques qui ont écrit ce document mais des passionnés et connaisseurs.
- Pour le public visé, il n'y a pas besoin de grandes connaissances scientifiques car tout est détaillé et expliqué. C'est le but de leur club, que se soit accessible à tous.

« Le corps noir »

- Ce document a été rédigé par « Sciences à l'École » (*explications détaillées ci-dessous*)
- Ces informations nous sont précieuses car ces dernières nous donnent un des éléments clef de notre projet soit ce que c'est un corps noir. En parallèle du corps noir, cela nous explique comment résoudre un maximum pour une longueur d'onde en dépendant de la température du corps noir.
- Ce document est très fiable car « Sciences à l'École » contient des comités scientifiques composés de chercheurs et enseignants-chercheurs, d'inspecteurs généraux, d'inspecteurs d'académie et d'inspecteurs pédagogiques régionaux ainsi que des enseignants du second degré. Cette organisation a pour but principal de promouvoir la culture scientifique et technique pour les élèves de collèges et lycées. Les personnes qui rédigent ces documents viennent directement du ministère de l'Education Nationale, du ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche et du Centre Nationale de la Recherche Scientifique (CNRS) ainsi que son budget viennent de ces ministères.
- Concernant le public visé, il faut déjà avoir une base de connaissances car tout n'est expliqué comme la Loi de Wien qui est difficile à comprendre.

« Le rayonnement thermique et la loi du Corps Noir »

- Ce document a été écrit par Vincent Daniel qui fait parti de l'ENS de Lyon. Il a été publié par Florence Kalfoun le 21 octobre 2003.
- Le rayonnement thermique est capital car c'est ce que va nous permettre de résoudre notre question. Ce document est pertinent pour nous car nous devons connaître le rayonnement thermique du soleil pour trouver la température du soleil.

- Ces informations sont fiables car les ressources du site Planet-Terre sont validées scientifiquement car elles sont écrites, co-écrites ou relues par des docteurs, chercheurs ou experts du domaine. Avant leurs publication, elles sont relues par le responsable scientifique du site afin d'en évaluer l'accessibilité au public visé (enseignants pas toujours géologues mais ayant tous un niveau universitaire au moins égal à la licence, voire au master).
- Le public qu'ils veulent ciblé sont des étudiants, des personnes intéressés dans ce domaine car il faut déjà avoir une connaissances de base concernant les équations sur le rayonnement thermique, le flux lumineux, les lois de Stefan, Planck et Wien etc...

« Evolution des étoiles... le temps qu'il faut »

- Cet article qui nous a été fourni était très utiles pour des informations de comparaisons entre soleil et autres étoiles, et pour nous aider à mieux comprendre le sujet. Le contenu avait beaucoup d'images ou de graphiques, ce qui facilitait la compréhension.
- L'article est fiable car il est écrit par Isabelle VAUGLIN qui travaille à l'Observatoire de Lyon.

« Le spectre du corps noir »

- Cet article issu du livre de physique XXI Volume C écrit par Marc Séguin nous a beaucoup appris. Il y avait des calculs compliqués et des explications que nous n'aurions pas pu comprendre sans l'aide de notre professeur qui nous ont été utiles comme la formule de Wien.
- Article fiable, car faisant partie d'un ouvrage de physique dont nous avons retrouvé des éléments dans d'autres sites.

« Le Soleil, notre étoile »

- D'après le site « Astronomie et mécanique céleste » de l'UFE (Unité de Formation-Enseignement) de l'observatoire de Paris et le site LESIA (Laboratoire d'Etudes Spatiales et d'Instrumentation en Astrophysique)
- Contenu : Cet article donne plusieurs informations générales sur notre soleil.
- Destinataire : Grand public
- Point pertinent : Des informations générales très utiles et faciles à comprendre se trouvent dans cet article. Il est parfait pour une introduction au sujet.
-
- Fiabilité : Cet article vient du site de l'Observatoire de Paris et par conséquent il est probablement fiable mais la simplicité de certaines explications peut provoquer des imprécisions.

« Principe de Fonctionnement et utilisation d'un spectromètre »

- Auteur : Luc Balluais, Camille Jacquelin, Louis Nivon, Bérangère Duhamel, Quentin Muller, Bruno Rodrigues (étudiants à l'Institut National des Sciences Appliquées de Rouen) et Jérôme Yon (enseignant-responsable du projet)

- Date de remise du TP : 18.06.12
- Contenu : Travail pratique au sujet des différents types de spectromètres.
- Destinataire : Scientifiques et étudiants
- Point pertinent : Quelques petites informations concernant les spectromètres qui servent à mesurer le spectre des étoiles.
- Fiabilité : Ce travail a été écrit par des étudiants mais ils étudient à l'Institut National des Sciences Appliquées de Rouen. De plus, ils étaient sous la responsabilité d'un enseignant probablement très qualifié. On peut en déduire que ce travail est fiable mais il est très difficile à comprendre pour des débutants.

Sites internet :

« <http://spectroscopieastrophysique.e-monsite.com/pages/etude-de-la-temperature-du-soleil-a-l-aide-de-son-spectre-et-de-la-loi-de-wien.html> »

- L'auteur n'y est pas mentionné ainsi que son institut ou autre organisme scientifique.
- Ce document n'est absolument pas fiable car l'auteur n'y est pas mentionné. Sous la rubrique « bibliographie », les sites utilisés ne marchent pas ou n'existent pas. La loi de Wien est fautive et les exemples donnés n'expliquent pas tout (réponse sortit de nul part).
- Ce document nous serait utile si ce dernier n'était pas sans faute car la loi de Wien est pertinente pour notre projet.
- Cette page contient une résolution de la température du soleil par la loi de Wien.

« http://www.lexpress.fr/actualite/sciences/le-mystere-du-soleil-plus-chaud-a-l-exterieur-qu-a-l-interieur-enfin-elucide_1688539.html »

- Cet article a été écrit par Pauline Château et publié le 11/06/2015 sur L'Express.
- Cet article est juste un complément pour notre projet car il explique la température du soleil mais la différence de température entre la surface du soleil et l'extérieur (couronne solaire).
- Cet article est fiable car cela a été écrit par une journaliste. En cherchant plus en détail les noms que donnait la journaliste et le contenu de l'article, nous pouvons affirmer que plusieurs autres sources nous rapportent les mêmes informations.
- Cet article parle de la découverte scientifique française de pourquoi il y avait une telle différence de température entre la surface du soleil et sa couronne solaire qui est plus élevée.

« <http://www.science-et-vie.com/2014/12/fait-il-froid-en-altitude-quon-se-rapproche-du-soleil/> »

- Cet article a été écrit et publié par K.J. sur le site de Science et vie
- Ce document nous sert de complément pour notre projet de recherche car il nous donnent des informations, certes sur la température du soleil, mais qui ne nous sont pas de grandes utilités
- Ce document est fiable car il a été écrit sur un magazine scientifique reconnue et ses informations ne sont pas erronées car nous avons comparer ses informations a d'autres sources.
- Cet article nous explique pourquoi il y a de grandes variations de températures entre les différentes couches atmosphériques de notre planète terre.

« <https://fr.wikipedia.org/wiki/Soleil> »

- Ce site est universel, plutôt vaste mais utile pour trouver des informations générales sur notre sujet.
- Peu fiable si on l'utilise seul mais fiable si on vérifie et compare avec d'autres sites différents où l'on retrouve des choses semblables.
- Le public visé par le site est très large car ce n'est pas très compliquer mais ça apprend pas mal de choses utiles sur différents sujets touchant au soleil.
<http://www.energie-environnement.ch/maison/eclairage-et-piles/tube-lumineux>
- Ce site écrit par énergie-environnement n'a pas été utile du tout pour notre exposé car il n'y a rien en rapport avec les éléments que nous recherchions. Il est utile pour les recherches simples concernant l'éclairage de son chez-soi.
- Public visé : le site vise un public plus jeune (10-13 ans) ou des adultes ou jeunes adultes recherchant quelques informations pouvant s'avérer utiles pour l'achat et le choix d'une façon d'éclairer.

« http://www.astrotheme.fr/dossiers_astrologiques/Les_etoiles_fixes_en_astrologie »

- Site de culture générale, car il est expliqué des choses sans grand intérêt pour notre sujet mais intéressant tout de même.
- Ce site s'adresse plus à un public adulte ou adolescent car il est parfois un peu difficile à comprendre.
<http://system.solaire.free.fr/soleil.htm#noyau>

- Site utile pour des informations nous permettant de mieux comprendre comment fonctionne le soleil et certaines de ses particularités. Toutefois, nous avons vite trouvé ce que nous cherchions et peu de choses du site nous ont été utiles précisément.
- Ce site peut être compris par tout le monde du moment que la personne qui y cherche quelque chose aie un peu de vocabulaire adapté et certaines connaissances générales et basiques.

« <http://www.ulb.ac.be/sciences/astro/cd/soleil/soleil.htm> »

- Ce site nous a été utile mais pour vérifier des contenus trouvés sur d'autres sites précédemment cités. Nous avons vérifié sur ce site car il a été écrit par l' Université libre de Bruxelles. Nous en avons déduit que le site était fiable.
- Le site était assez simple à comprendre. Ce qui nous a facilité la tâche.

« <http://www.astronomes.com/le-soleil-et-les-etoiles/etoile-luminosite-temperature/> »

- Nom du site : Astronomie & Astrophysique : Une introduction à l'astronomie et à l'astrophysique
- Nom de l'article : Luminosité et température des étoiles
- Auteur : Olivier Esslinger, doctorat en astrophysique
- Date de parution : 27.04.11
- Contenu : Cet article parle de la luminosité apparente et absolue des étoiles ainsi que de leur température et des spectres.
- Destinataire : Grand public
- Point pertinent : La partie sur la température des étoiles résume bien comment la calculer et celle des spectres est très intéressante.
- Fiabilité : L'auteur possède un doctorat en astrophysique mais il n'est pas physicien de profession. Malgré cela, je pense que ce qu'il dit est fiable vu ses qualifications et son site est très pertinent et facile à comprendre.

« http://www.lemonde.fr/sciences/article/2015/06/10/pourquoi-le-soleil-est-si-chaud_4651415_1650684.html »

- Nom du site : Le Monde, Sciences
- Nom de l'article : Pourquoi le soleil est si chaud
- Auteur : David Larousserie, doctorat en physique
- Date de parution : 10.06.15
- Contenu : L'article parle de la chaleur dans les différentes couches du soleil ainsi que de ses champs magnétiques.
- Destinataire : Grand public

- Point pertinent : Cet article est une bonne introduction pour comprendre d'où vient la chaleur du soleil.
- Fiabilité : L'auteur, journaliste chez « le Monde », a aussi un doctorat en physique. A première vue, ses dires sont fiables mais je pense que le fait qu'elles soient dans un journal aussi grand public peut engendrer des imprécisions dans certaines de ses explications.

« http://media4.obspm.fr/public/FSU/pages_corps-noir/temperature-couleur-observer.html »

- Nom du site: l'Observatoire de Paris, Fenêtre sur l'Univers
- Nom de l'article : Température et couleur
- Auteur : Benoit Mosser, Damien Guillaume, Caroline Barban (Unité de Formation-Enseignement)
- Contenu : L'article parle de la couleur des étoiles ainsi que de la relation entre température et couleur. Des exercices sur le sujet sont aussi disponibles.
- Destinataire : Grand public plus étudiants
- Point pertinent : On y comprend bien la relation entre température et couleur.
- Fiabilité : Le responsable du module « Fenêtre sur l'Univers », Benoit Mosser, est enseignant à l'Observatoire de Paris. Par conséquent, je pense qu'on peut se fier à cet article, celui-ci se trouvant en plus, sur le site d'une organisation très fiable et importante qui ne se permettra pas de publier des articles non fiables ou pertinents.

Vidéos :

« <https://www.youtube.com/watch?v=bi8mtcTraDc> »

- Cette vidéo a été réalisée par « Julien Astruc » qui est un professeur de lycée franco-américain d'où nous ne connaissons pas le nom.
- Cette vidéo est pertinente pour notre projet car elle nous explique le rayonnement d'un corps noir avec des exemples ainsi que la loi de Wien et de Stefan Planck.
- Cette vidéo peut être fiable mais il faut s'en méfier car aucun nom de l'école en question n'est mentionnée, ce n'est peut être pas le vrai nom du réalisateur mais un nom d'emprunt pour sa chaîne Youtube. Nous sommes obligés de comparer ce qu'il dit avec d'autres sources car nous ne pouvons pas affirmer ses dires.
- Il nous explique, en partant de l'atome, comment fonctionne le rayonnement d'un corps noir, en nous donnant des exemples et en nous expliquant clairement tout les composés qui composent la lumière.

« <http://www.youtube.com/watch?v=5jyQliR0VUc> »

- Cet vidéo a été réalisée par « UnivNantes »(Université de Nantes)
- Elle nous explique bien qu'est ce que c'est un corps noir et donc nous est très utile
- Nous jugeons cette vidéo fiable car la personne présente dedans qui nous explique ce que c'est un corps noir fait partit de l'université de Nantes et son nom y apparait.
- Cette vidéo nous parlait du corps noir et de son rayonnement en n'y prenant des exemples concrets de tous les jours.

« <http://www.youtube.com/watch?v=faO-NLgumiQ> »

- Cet vidéo a été réalisée par « Les bons profs »
- Elle nous explique bien qu'est ce que c'est un spectre du soleil et donc nous est capitale pour notre projet car tout est basé sur le spectre lumineux pour achever notre expérience.
- Nous la jugeons fiable car les informations présentes sont corrects (comparaison effectuée avec d'autres sources)
- Elle nous explique un cours de physique basé sur le spectre du soleil, la longueur d'onde et la résolution de la température du soleil avec la loi de Wien

Livre :

« **A la découverte de l'Univers : Introduction à l'astronomie et à l'astrophysique** »

- Auteur : professeur Neil F. Comins, doctorat d'astrophysique et Master en physique
- Maison d'édition : De Boeck
- Date de parution : 05.12.11
- Contenu : Ce livre parle de l'univers avec de nombreuses précisions sur notre soleil ainsi que les phénomènes optiques.
- Destinataire : Grand public
- Point pertinent : Ce livre contient tout ce que nous avons besoins de savoir pour comprendre notre sujet.
- Fiabilité : L'auteur est un grand professeur d'université qui fait de nombreuses conférences et qui a écrit plusieurs livres. Par conséquent je pense que ce livre est fiable et pertinent malgré le fait que les explications y sont parfois très complexes.

Ressources intéressantes :

« http://www.pierron.fr/ressources/fichestp/2nde_phy/CPHY-223_Interpreter_le_spectre_de_la_lumiere_emise_par_une_etoile_fiche_professeur.pdf »

- Nom du TP : Interpréter le spectre de la lumière émise par une étoile
- Auteur : Pierron Education (organisation)
- Date de parution : 2011
- Contenu : Travaux pratiques au sujet des spectres lumineux provenant des étoiles.
- Destinataire : Etudiants dès la première année de gymnase
- Point pertinent : On y comprend très bien comment calculer la température d'une étoile à partir de son spectre.
- Fiabilité : On ne connaît pas les auteurs de ces travaux pratiques mais le contenu de ce site est très probablement vérifié et on peut en déduire qu'il est relativement fiable.
- L'article sur « **Couleur et vie des étoiles** » écrit par la CARL est très intéressant même si tout n'est pas en relation avec notre projet.
- Il y a une introduction très simple à comprendre. Les images et les schémas réalisés sont complets et faciles à comprendre avec une explication au-dessus.
- La chose qui nous a semblé la plus intéressante, c'est le seul document qui nous explique vraiment tout en détail de la naissance à la mort d'une étoile et nous pensons qu'avant de comprendre et analyser la température d'une étoile, il faut déjà savoir ce qu'elle contient comme élément, comment elle se forme, qu'est-ce qui produit le spectre lumineux qu'elle dégage... tout en ayant une minime relation avec notre thème particulièrement lors de l'évolution de la température de l'étoile du cœur à sa surface.

Question :

Comment mesure-t-on la température du soleil sur la base de son spectre lumineux ?

Nous avons choisi cette question pour notre projet de recherche car il est intéressant de trouver la température du soleil de manière indirecte, nous n'allons pas envoyer une sonde sur le soleil car cela serait impossible et totalement hors de prix, car chacun de nous peut, avec des connaissances et explications de base, trouver la température du soleil et de la comparer à des résultats donnés par des scientifiques. Aux premiers abords, cela est quelque chose d'absurde de pouvoir trouver la température du soleil par son spectre lumineux car ce n'est pas une chose physique, qu'on peut voir.

Hypothèse :

« Nous pensons qu'à partir du spectre du soleil (que nous aurons mesuré avec un spectromètre), nous devrions pouvoir isoler une longueur d'onde grâce à laquelle nous

résoudrons l'équation de la loi de Wien, ce qui nous donnera la température de la surface du soleil.

Méthode :

Pour répondre à notre question, nous voulions nous-même mesurer le spectre lumineux du soleil.

Pour ce faire, nous allons faire une expérience pour comprendre et trouver la température du soleil.

Expérience

But :

A l'aide d'un spectromètre, nous allons mesurer son rayon à l'extérieur, nous traiterons ses données et nous résoudrons la température du soleil à l'aide de la formule de Wien.

Théorie et explications :

Nous allons toujours mettre les températures en Kelvin car l'agitation thermique est absente (les particules sont immobiles par rapport à un référentiel inertiel) l'accélération des particules serait nulle car il n'y a pas de radiation thermique pour une substance à zéro Kelvin

$$T(K) = T(C) + 273$$

T(K) : Température en degré Kelvin (K)

T(C) : Température en degré Celsius (C)

*« Un corps noir est un objet idéalisé qui émet uniquement des radiations électromagnétiques sous forme thermique »**

Il va absorber toute forme d'énergie qui est émise vers lui et élève sa température par gain d'énergie. Il perdra progressivement son énergie par radiation thermique. Il y a un lien entre certaines longueurs d'ondes émises par ses radiations thermiques d'un corps noir et la température de ce dernier. Plus le corps noir est chaud, plus il émet de la lumière .

Pour trouver la température du soleil, nous allons utiliser la loi de Wien.

Cette loi a été démontrée par Wilhelm Wien en 1893. Il a démontré que la longueur d'onde maximum la plus présente dans le spectre d'un corps noir est inversement proportionnelle à la température de ce dernier :

Loi de Wien

$$\lambda_{max} = \frac{hc}{4,965 \cdot kT} = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{T}$$

h : constante de Planck, elle est utilisée pour décrire la taille des quanta, cela représente la plus petite mesure indivisible pour de l'énergie, de la masse et de la quantité de mouvement

c : vitesse de la lumière

kT : température du corps noir en Kelvin

* Source : <http://lasciencepourtous.cafe-sciences.org/articles/commentmesurerlatemperatured'uneetoile/>

Partie expérimentales :

Matériel

- un spectromètre
- un logiciel qui traite les données recueillit (unité et graphique compris)
- une ampoule de 2800 K (pas obligatoire, cela va permettre à la calibration des données)

Mode opératoire

Partie non-obligatoire : calibrage du spectromètre à l'aide de données fiables :

- 1) Mesure du spectre lumineux d'une ampoule dont nous savons la T en Kelvin (2800K)
- 2) Mise des données sur un programme de traitement de données.
- 3) Copie de ces données, puis replacées dans un autre programme qui servira aussi de deuxième programme lors de des données du spectre lumineux du soleil.
- 4) Division des valeurs trouvées par des valeurs exactes (ses valeurs exactes se trouvent en utilisant la formule de Wien car nous connaissons déjà la T de l'ampoule).
- 5) Placement des données calibrées dans une colonne.

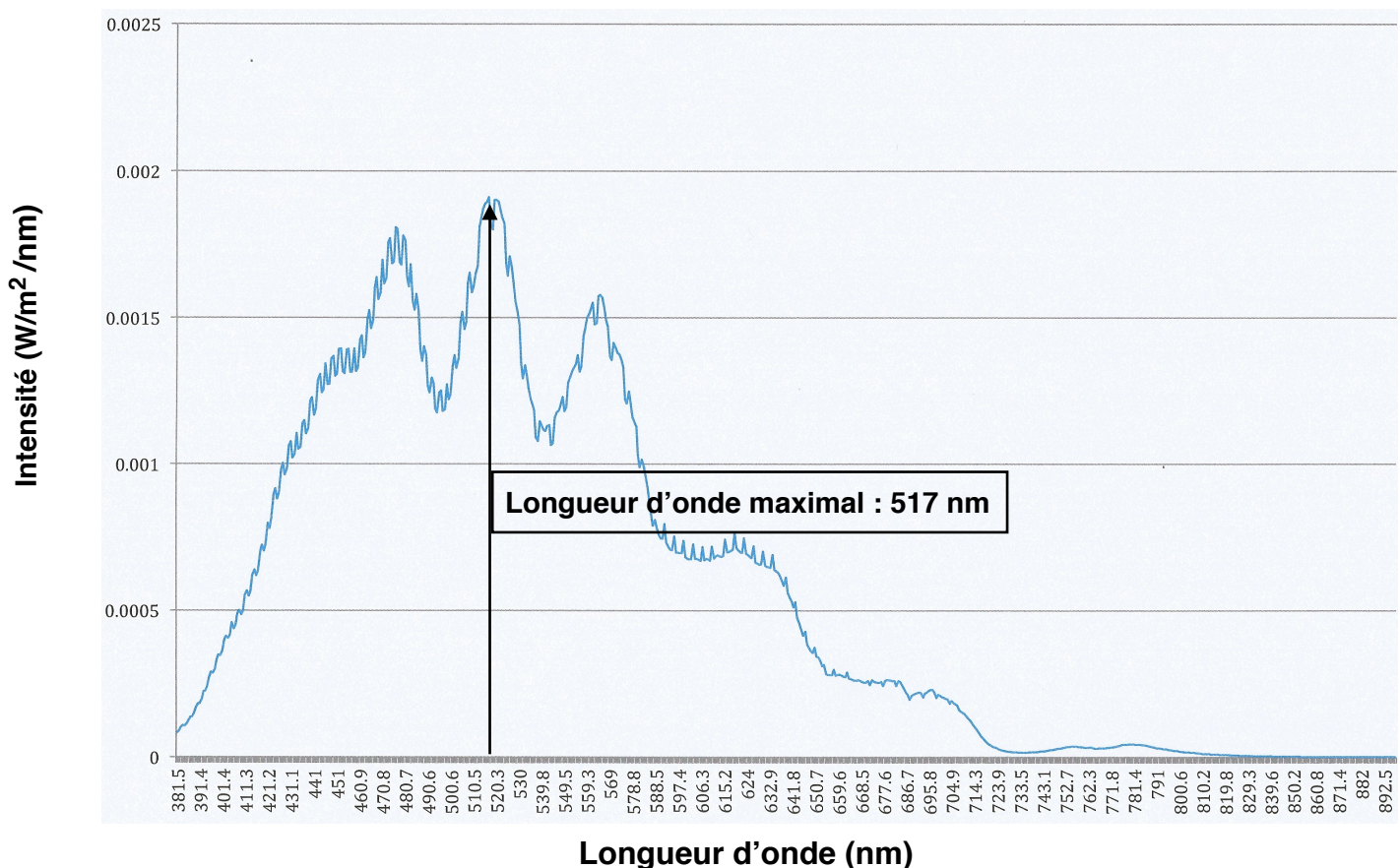
Nous obtenons :

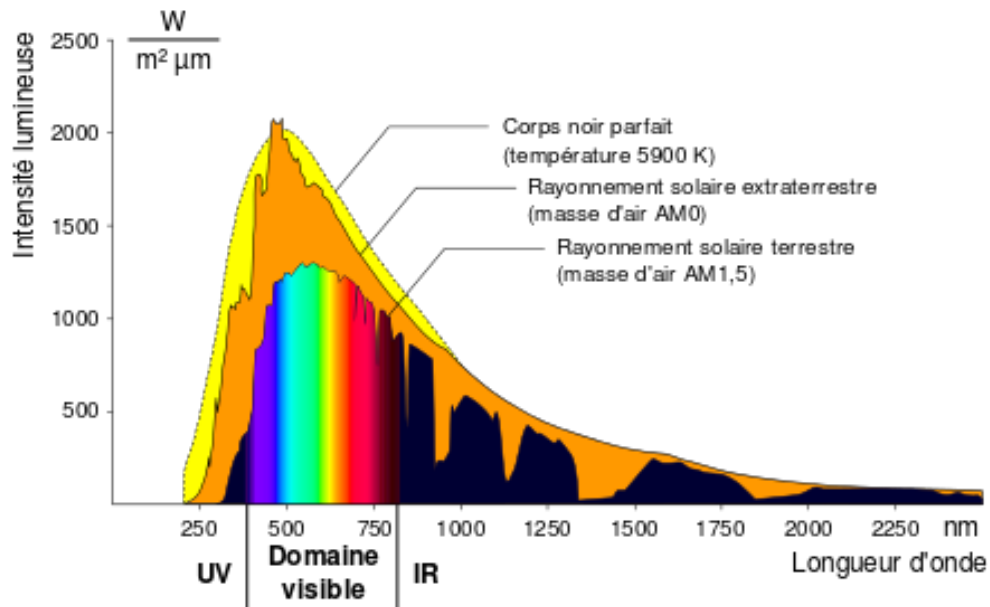
- Une colonne noté lambda (en nm) du spectre lumineux
- Une colonne noté lambda (en um) du spectre lumineux
- Une colonne corps noir 2800K (en nm)
- Une colonne des mesures qui nous avons faite de l'ampoule de 2800K (en um)

Partie obligatoire : mesure du spectre lumineux du soleil :

- 1) Mesure du spectre lumineux du soleil (approx. 600 couleurs = approx. 600 mesures)
- 2) Mise des données sur un programme de traitement de données.
- 3) Copie de ces données, puis replacées sur la même page de données que celles déjà faite avec l'ampoule.
- 4) Division des valeurs trouvées par les valeurs calibrés que nous avons trouvé précédemment.
- 5) Placement des valeurs calibrées du spectre lumineux du soleil dans un programme de faisant des graphiques.
- 6) Observation de la courbe du spectre du spectre lumineux et prendre la longueur maximal d'onde
- 7) Placement de cette longueur maximal d'onde dans la formule de Wien
- 8) Résoudre l'équation

Graphique de l'expérience





Graphique pour comparer à notre résultat

Résultats :

Après avoir changé l'unité du résultat de l'équation en la faisant passer de nanomètre à Kelvin, nous obtenons le résultat suivant :

La température de la surface du soleil se monte à 5'605,42 K

Discussion :

En réalité, la température de la surface du soleil est de 5'778 K

Une des raisons pour lesquelles notre mesure n'est pas exacte (outre l'imprécision du spectromètre) est peut être celle de la météo.

En effet, le jour où nous avons fait nos mesures à l'extérieur, il pleuvait et le ciel était nuageux.

Nous nous sommes penchés sur la question et nous avons remarqué que les rayons infrarouges traversaient très mal les nuages.

Par exemple : Lorsque le ciel est dégagé la nuit, il fait plus froid que lorsqu'il y a des nuages. Cela est dû au fait que la terre stocke la chaleur pendant la journée et, la nuit venue, cette chaleur se dégage de la terre sous la forme de rayons infrarouges invisible à l'œil nu. Lorsqu'il y a des nuages, les rayons ne peuvent pas les traverser et ils restent

donc en dessous, ce qui garde la chaleur de l'air. Lorsqu'il n'y a pas de nuages, les rayons s'échappent et il fait donc plus froid.

Ceci explique pourquoi notre taux d'infrarouge était très bas et donc peut expliquer une certaine imprécision dans notre résultat.

Conclusion :

Donc, dans notre travail, nous avons trouvé comme résultat 5600 K alors que la température réel est de 5778 K. Notre marge d'erreur est de 3.08%. On peut l'expliquer par le fait du temps au moment où l'on a mesurer avec le spectromètre étant donné du fait qu'il faisait nuageux. De plus, le spectromètre fourni n'étant pas pro, cela a peut-être faussé un peu notre résultat.

Ce projet nous a appris beaucoup de choses, a augmenté notre culture générale (par exemple : la température du soleil, qui la découvert, comment), et puis, nous avons appris à utiliser un spectromètre, traiter les valeurs collectées, et utiliser des formules tels celle de Wien et d'autres lues dans les articles fournis (Stefan-Boltzmann pour n'en citer qu'une).

Bibliographie :

Articles et documents :

- « Couleur et vie des étoiles »
- « Le corps noir »
- « Le rayonnement thermique et la loi du Corps Noir »
- « Evolution des étoiles... le temps qu'il faut »
- « Le spectre du corps noir »
- « Le Soleil, notre étoile »
- « Principe de Fonctionnement et utilisation d'un spectromètre »

Sites internet :

« <http://spectroscopieastrophysique.e-monsite.com/pages/etude-de-la-temperature-du-soleil-a-l-aide-de-son-spectre-et-de-la-loi-de-wien.html> »

« http://www.lexpress.fr/actualite/sciences/le-mystere-du-soleil-plus-chaud-a-l-exterieur-qu-a-l-interieur-enfin-elucide_1688539.html »

« <http://www.science-et-vie.com/2014/12/fait-il-froid-en-altitude-quon-se-rapproche-du-soleil/> »

« <https://fr.wikipedia.org/wiki/Soleil> »

« http://www.astrotheme.fr/dossiers_astrologiques/Les_etoiles_fixes_en_astrologie »

« <http://www.ulb.ac.be/sciences/astro/cd/soleil/soleil.htm> »

« <http://www.astronomes.com/le-soleil-et-les-etoiles/etoile-luminosite-temperature/>«

« http://www.lemonde.fr/sciences/article/2015/06/10/pourquoi-le-soleil-est-si-chaud_4651415_1650684.html »

« http://media4.obspm.fr/public/FSU/pages_corps-noir/temperature-couleur-observer.html »

Vidéo :

« <https://www.youtube.com/watch?v=bi8mtcTraDc> »

« <http://www.youtube.com/watch?v=5jyQliR0VUc> »

« <http://www.youtube.com/watch?v=faO-NLgumiQ> »

Livre :

« A la découverte de l'Univers : Introduction à l'astronomie et à l'astrophysique »

- écrit par le professeur Neil F. Comins, doctorat d'astrophysique et Master en physique.
Maison d'édition : De Boeck
- Date de parution : 05.12.11

Ressources intéressantes :

« http://www.pierron.fr/ressources/fichestp/2nde_phy/CPHY-223_Interpreter_le_spectre_de_la_lumiere_emise_par_une_etoile_fiche_professeur.pdf »

« Couleur et vie des étoiles »

Images :

« www.wisegeek.org »

Graphique :

« https://fr.wikipedia.org/wiki/Raies_de_Fraunhofer »

F. Feuilles d'évaluations des présentations orales

5

Grille d'évaluation – TP – Projet de Recherche

Groupe : *Exoplanètes*

Critère	Commentaires	Note
Introduction et mise en contexte du projet	<i>orbite autour d'une étoile spectrographe → légères variations de luminosité de l'étoile</i>	<i>4 / 4</i>
Présentation générale – Structure – Illustrations – Clarté des figures et graphiques	<i>Bien, manque d'images →</i>	<i>4 / 6</i>
Qualité du français	<i>Très bien</i>	<i>4 / 4</i>
Présentation du projet	<i>Apparté plus d'infos que dans le rapport</i>	<i>3 / 4</i>
Discussion et analyses de résultats	<i>A assez bien évalué les résultats mais aurait pu regarder plus en détail d'autres résultats d'autres études</i>	<i>6 / 8</i>
Conclusions	<i>Bien mais pas assez développé</i>	<i>3 / 4</i>
Clarté et qualité des réponses aux questions	<i>Très bien.</i>	<i>6 / 8</i>
Qualité et ampleur du travail accompli par le groupe pour la réalisation de la présentation	<i>Avant Excellent mais aurait pu utiliser des images.</i>	<i>8 / 10</i>
	Total	<i>38 / 48</i>

ils ont trouvé ou ces informations?

3

Grille d'évaluation – TP – Projet de Recherche

Groupe : Fusion, l'énergie du soleil

Critère	Commentaires	Note
Introduction et mise en contexte du projet	Manque d'application de la fusion.	1 /4
Présentation générale – Structure – Illustrations – Clarté des figures et graphiques	Assez bien structurée mais pas d'illustrations ou graphiques	3 /6
Qualité du français	Très bien	4 /4
Présentation du projet	Assez peu de détails	2 /4
Discussion et analyses de résultats	Pratiquement rien	2 /8
Conclusions	Ca va mais pas vraiment soutenu par leur étude	1 /4
Clarté et qualité des réponses aux questions	Pratiquement aucune compréhension du sujet	2 /8
Qualité et ampleur du travail accompli par le groupe pour la réalisation de la présentation	Vraiment très peu de travail	2 /10
	Total	17 /48

5

Grille d'évaluation – TP – Projet de Recherche

Groupe : OR autres polaires

Critère	Commentaires	Note
Introduction et mise en contexte du projet	Bien mais aurait pu être plus complète	4 / 4
Présentation générale – Structure – Illustrations – Clarté des figures et graphiques	Pas sûr pour la figure sur les rayons x	5 / 6
Qualité du français	Très bien.	4 / 4
Présentation du projet	Bien mais pas très clair sur les buts du projet.	3 / 4
Discussion et analyses de résultats	Bien mais aurait pu être un peu plus structurée	6 / 8
Conclusions	Bien mais aurait pu être un peu plus développée	3 / 4
Clarté et qualité des réponses aux questions		5 / 8
Qualité et ampleur du travail accompli par le groupe pour la réalisation de la présentation	Très bien,	8 / 10
	Total	38 / 48

Période février

Vent solide. → vitesse

6

Grille d'évaluation – TP – Projet de Recherche

Groupe : Température du soleil

Critère	Commentaires	Note
Introduction et mise en contexte du projet	Très bon application ✓ quelques fautes dans l'application.	4 /4
Présentation générale – Structure – Illustrations – Clarté des figures et graphiques	Excellent	6 /6
Qualité du français	Très bien	4 /4
Présentation du projet	Excellent	4 /4
Discussion et analyses de résultats	Vraiment très bien. → mais peut être revoir la partie IR	8 /8
Conclusions	Très bien	4 /4
Clarté et qualité des réponses aux questions	Excellent	6 /8
Qualité et ampleur du travail accompli par le groupe pour la réalisation de la présentation	Très bien	10 /10
Total		46 /48

Type solaire ?
 longueur d'onde maximale de quoi ?
 Absence de IR

Projet sur le thème du soleil – Questions

1. Comment avez-vous choisi votre question ?

En lisant les différents articles, celui sur la fusion nucléaire nous a beaucoup intéressé. La question est venue naturellement : Est-ce que l'on pourra utiliser l'énergie de la fusion nucléaire comme énergie principale.

2. Comment savez-vous si une source d'information est fiable ?

En regardant l'auteur, la provenance, où cela a été publié, si il y a des références à des recherches officielles. Mais on ne peut pas être sûr à 100% que l'information est fiable sur un simple article. Il faudrait rechercher l'info sur internet et trouver les mêmes éléments sur plusieurs sources différentes.

3. Quelle est la différence entre l'évidence et la croyance ?

Une évidence n'est pas contestable. Une croyance est personnelle et est contestable.

4. Comment savez-vous si votre expérience est fiable ?

Comme nous n'avons pas fait d'expérience, nous ne pouvons pas répondre à cette question.

5. Expliquez le processus scientifique selon vos termes.

Notre recherche était sur la fusion nucléaire. Le processus choisi était la recherche et l'analyse d'information. Nous avons essayé de recouper les infos trouvées dans les livres, articles et sur internet.

6. Qu'avez-vous appris pendant ce projet ?

- comment fonctionne une fusion nucléaire.
- qu'il faudra encore de nombreuses années pour arriver à produire cette énergie de manière industrielle.
- Que les moyens financiers nécessaires sont astronomiques
- Mais que cela vaut la peine de continuer à faire de la recherche afin de permettre la production d'énergie propre pour l'environnement.

7. Est-ce que le sujet de votre projet est important ?

Oui. Si les recherches aboutissent de manière positive, cela permettra aux humains d'avoir une énergie propre et quasi inépuisable

Résumé

Aujourd'hui, nous vivons dans une société qui est basé sur l'information, c'est partout, et donc il devient de plus en plus important, pour participer activement dans la société moderne, d'avoir une certaine « culture scientifique ». La culture scientifique peut être définie comme étant l'adoption d'une certaine approche à prendre à l'égard de l'information pour pouvoir identifier l'information qui est pertinente aux besoins, et pour pouvoir l'utiliser de manière sage et éthique. L'apprentissage par l'investigation (l'API) est une approche globale dans laquelle l'investigation des élèves est mis au centre du processus d'apprentissage. L'investigation est utilisée comme un outil par les élèves pour construire la connaissance et elle prend comme base les techniques de recherche disciplinaires de la discipline dans laquelle on utilise l'API. C'est cette caractéristique qui donne à l'API la possibilité de faire accéder des élèves à la culture scientifique. Une séquence en physique a été construit pour une classe de première année, discipline fondamentale, au gymnase. Cette séquence a été construit en intégrant les sept caractéristiques essentielles de l'API : le questionnement, l'évidence, l'analyse, l'explication, la connexion, la communication et la réflexion. Les élèves menaient un mini-projet de recherche sur un sujet autour du thème du soleil, avec l'accent mise sur l'exploration de leur propre question sur le sujet. Les élèves travaillaient en groupe de trois pour mener leur projet et pour écrire un rapport et ensuite pour présenter leurs projets devant la reste de la classe. Les rapports des élèves ainsi que des vidéos des cours et des présentations, qui étaient filmés, ont été analysés pour chercher la présence d'indicateurs, qui pourraient indiquer l'apprentissage des différentes caractéristiques de l'API. La séquence a été un succès avec la présence de presque tous les indicateurs identifiés, la séquence a aussi été un succès au plan pédagogique avec une très bonne implication des élèves.

Mots clés : Physique, Enseignement, Investigation, Culture, Processus, Scientifique