

Enquête – Une histoire de spectres (2de)

Document d'accompagnement

Dans le cadre du Cercle d'Étude Numérique de l'Académie de Montpellier,
une enquête immersive à travers le temps.

Thème abordé :		
Vision et image		
Notions et contenus	Capacités exigibles	Autres
Lumière blanche, lumière colorée. Spectres d'émission : spectres continus d'origine thermique, spectres de raies. Longueur d'onde dans le vide ou dans l'air. Dispersion de la lumière blanche par un prisme ou un réseau.	Caractériser le spectre du rayonnement émis par un corps chaud. Caractériser un rayonnement monochromatique par sa longueur d'onde dans le vide ou dans l'air. Exploiter un spectre de raies. Dispersion de la lumière blanche par un prisme ou un réseau. Décrire et expliquer qualitativement le phénomène de dispersion de la lumière par un prisme. Produire et exploiter des spectres d'émission obtenus à l'aide d'un système dispersif et d'un analyseur de spectre	Mobiliser des outils numériques Histoire des sciences Approche expérimentale via animations
Prérequis et repère de progressivité :		
- Cycle 4 – Lumière : sources, propagation, vitesse de propagation. Modèle du rayon lumineux. - Seconde : avoir abordé en classe le chapitre sur les spectres. Cette activité est prévue initialement en dernière activité de ce chapitre. Cette ressource numérique ne doit pas être se substituer aux expériences en classe.		

Outils utilisés :

L'activité se base sur les outils et ressources des plateformes suivantes :

Genially	360 Scene editor	Génération par IA
Outil de création de contenus interactifs. Des modules interactifs style QCM, glissé-déposé, phrases à trous sont utilisés pour permettre une vérification de l'avancé et du travail des élèves. genial.ly <i>Créations et vues illimitées avec un compte gratuit.</i>	Outil qui permet d'ajouter des textes, images, liens ou intégrations (iframe) sur des images panoramiques 360°. Outil gratuit proposé en formation continue Physique-Chimie EAFC. <i>Créations et vues illimitées sans compte, gratuit.</i>	Génération d'images panoramiques 360° par IA.

Point de vigilance : Données personnelles et RGPD par rapport à Genially

Dans le cadre de la mise à disposition de ressources numériques aux élèves, il est important de savoir si des données personnelles sont récoltées et comment elles sont traitées.

De manière générale, les informations concernant les **traitements des données** sont accessibles dans la « **Politique de Confidentialité** » du service afin d'être en conformité avec le **Règlement Général de Protection des Données (RGPD)**. Pour **obtenir** plus d'**informations**, vous pouvez :

- Consulter le Guide de sensibilisation à la protection des données : dgxy.link/rgpd-mtp
- Contacter le Délégué à la Protection des Données : dpd@ac-montpellier.fr

Dans le cas de l'utilisation de cette ressource, des **données identifiantes** comme l'**adresse IP** sont **récoltées** et peuvent être **traitées** hors Union Européenne. Il est donc **recommandé** :

- d'utiliser la ressource depuis le réseau pédagogique d'un établissement.
- de déclarer l'utilisation de Genially dans le registre des traitements de l'établissement.

Les contenus produits par l'outil 360 Scene Editor est RGPD.

Mise en œuvre de l'activité :

L'enquête « Une histoire de spectres » est accessible via un simple navigateur Web :

<https://edurl.fr/ZxGic3QQ>

Il est impératif de faire cette enquête sur ordinateur.

La ressource n'est à ce jour pas compatible avec les tablettes et smartphones.

Durée estimative : 60 à 80 minutes

L'élève aura besoin de prendre des notes, une fiche élève est fournie avec la ressource.

Des indications sont dispersées dans les différentes scènes sous forme de points d'intérêt à cliquer (la souris se transforme change alors de forme, de flèche elle se transforme en main avec l'index pointé) : ce sont des indications utiles ou non, des indices et des activités permettant à l'élève de retrouver des connaissances et compétences en lien avec le chapitre, venant en complément de sa réflexion. L'aspect historique (voyage à travers le temps) apporte une approche épistémologique.

Il n'est pas obligatoire de trouver tous les indices pour réussir les différentes activités et avancer dans le voyage temporel. En fonction du niveau de l'élève, il est envisageable qu'un élève trouve les solutions des activités sans avoir trouvé tous les indices...

L'objectif principal et une proposition de déroulé permettant d'arriver à la réussite sont proposés à l'enseignant pages suivantes afin qu'il puisse guider ou aider si besoin les élèves en difficulté.

Objectif principal : Identifier tous les composants de l'atmosphère d'une nouvelle étoile pour ainsi avoir le droit de lui donner un nom.



1ère scène : le laboratoire de Newton en 1666

En cliquant sur cette zone du bureau, une activité propose de chercher le matériel permettant de refaire l'expérience de diffraction de la lumière blanche.



Il faudra alors cliquer dans l'ordre (selon les consignes données) sur :

- 1) la fente
- 2) la lentille
- 3) le prisme
- 4) l'écran

(Les éléments disparaissent du bureau au fur et à mesure)



Une fois fait, la fenêtre se ferme, il faut alors cliquer sur le faisceau de lumière au niveau du volet :



Il faut alors placer les 4 éléments précédents dans le bon ordre (de gauche vers la droite) pour arriver au résultat du montage expérimental.





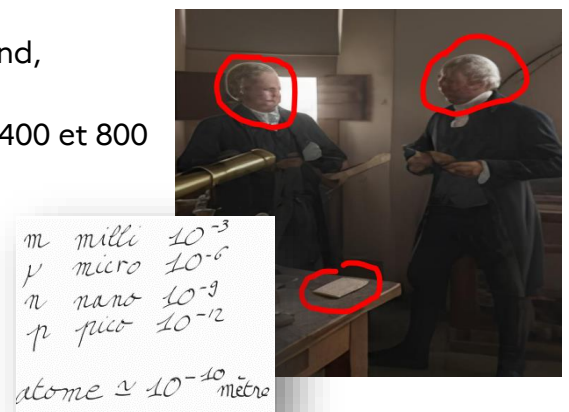
Une fois fini, l'aventure peut continuer vers la prochaine étape dans le temps...



2ème scène : le laboratoire de Johann Wilhelm Ritter (en compagnie de William Herschel)

Une étape moins guidée, qui peut s'apparenter à un mini escape-game. Voici une proposition de démarche qui permet d'obtenir un maximum de renseignements pour pouvoir répondre au quiz final :

Ces deux personnages à gauche de Ritter et Herschel, au fond, rappellent des informations liées à la thématique :
 « nos yeux peuvent capter, donc voir, ces radiations entre 400 et 800 nanomètres environ. 400 pour le violet et 800 pour le rouge » et « des nanomètres, un milliard de fois plus petit que le mètre ».
 Juste en dessous d'eux, une note rappelle quelques autres valeurs.



En cliquant sur la tête de Johann Wilhelm **Ritter** (à droite), on apprend qu'il a découvert février dernier (donc **cette année**) les **radiations ultraviolettes** et mentionne un compte-rendu dans son cahier.

En cliquant sur la tête de William Herschel (à gauche), on apprend qu'il a découvert les **infra-rouges** l'**année dernière** avec des **thermomètres**.



Sur la table à droite de l'écran, il y a le cahier mentionné par Ritter : plusieurs informations mentionnent l'utilisation du chlorure d'argent pour détecter un rayonnement au-delà du violet. La date partiellement cachée « 22 février 1... » permettra de remonter à l'année de cette découverte avec le point d'intérêt suivant.



J'ai d'abord fait l'expérience suivante le 22 février 1801.

J'ai recouvert une bande de papier blanc d'environ huit lignes de long avec du chlorure d'argent. Et dans la pièce sombre, j'ai laissé le spectre propre du prisme, à cinquante à soixante pouces de lui, tomber en son centre. Le chlorure d'argent a commencé à virer au noir d'abord, et extrêmement rapidement, à une distance considérable de l'extrême violet vers l'extérieur; ce n'est qu'alors que c'est dans la couleur violette puis vers l'intérieur du spectre, avec une nuance plus faible du bleu vers le vert. Mais du jaune au rouge et au-delà, chlorure argent est resté blanc, aussi longtemps qu'il soit resté exposé à cette lumière. En enlevant la bande du plan de réfraction, j'ai trouvé le plus grand noircissement à une distance d'un bon demi-pouce du violet vers l'extérieur; puis il a diminué, progressivement à l'extérieur et il s'est arrêté complètement, tout comme il a augmenté à nouveau vers l'intérieur avec un maximum

Le calendrier grégorien-républicain permet d'obtenir l'année actuelle en repérant la date de l'expérience de Ritter (qui est entourée) : 1801



Dern. Qu. le 18 Gelée. Nouv. Lune le 25 Giboulées.	Dern. Qu. le 18 Verglas. Nouv. Lune le 24 Gelée.	Dern. Qu. le 17 Pluie. Nouv. Lune le 24 Verglas.	Dern. Qu. le 16 Neige. Nouv. Lune le 23 Brouillards.
2 m. les jours croissent d'une h. 43 m.	2 m. les jours croissent d'une h. 43 m.	2 m. les jours croissent d'une h. 43 m.	2 m. les jours croissent d'une h. 43 m.
1 pri 2 du 3 tri 4 qu 5 qui 6 sex 7 sep 8 oct 9 no 10 de 11 pri 12 du	1 pri 2 du 3 tri 4 qu 5 qui 6 sex 7 sep 8 oct 9 no 10 de 11 pri 12 du	1 pri 2 du 3 tri 4 qu 5 qui 6 sex 7 sep 8 oct 9 no 10 de 11 pri 12 du	1 pri 2 du 3 tri 4 qu 5 qui 6 sex 7 sep 8 oct 9 no 10 de 11 pri 12 du
Agnes Vincent Ildéphonse Babylas Conv. P. ste Paule Julien Cyrille Fr. de S. Bathilde Marcele Septua.	Agnes Vincent Ildéphonse Babylas Conv. P. ste Paule Julien Cyrille Fr. de S. Bathilde Marcele Septua.	Agnes Vincent Ildéphonse Babylas Conv. P. ste Paule Julien Cyrille Fr. de S. Bathilde Marcele Septua.	Agnes Vincent Ildéphonse Babylas Conv. P. ste Paule Julien Cyrille Fr. de S. Bathilde Marcele Septua.

On peut alors regrouper les informations pour passer au test final de cette scène :

Herschel	Ritter
radiations IR	radiations UV
avec des thermomètres	avec du chlorure d'argent
un an avant Ritter, donc 1800	en 1800

Comme dans la scène précédente, il va falloir cliquer sur le spectre qui est sur l'écran.

Les bonnes réponses sont dans l'ordre :

- Ritter a découvert les ultraviolets, Herschel les infrarouges.
- Le spectre 4
- Les infrarouges ont été découverts en 1800 grâce à des thermomètres.
- Les ultraviolets ont été découverts en 1801 grâce à du chlorure d'argent (qui noircit).
- Faux (une partie de la proposition est fausse)
- La longueur d'onde

Il est ensuite possible de poursuivre l'aventure.



3ème scène : le laboratoire à l'université où a travaillé Cecilia Payne

À nouveau une étape de recherche, en deux parties. Il faudra trouver un maximum d'informations utiles, et aider Cecilia Payne avant de pouvoir commencer l'étape finale.

Voici à nouveau une proposition :

À droite de Payne, trois personnes :

- le chercheur de gauche mentionne le fait que **les femmes ne peuvent pas devenir chercheuses en Angleterre**. Et que Payne a découverte que **à haute température, certains atomes se transforment en ions**.
- Au milieu, **Harlow Shapley** mentionne qu'il a des doutes sur les résultats de Payne, et qu'il **va contacter un confrère pour avoir son avis**.
- le chercheur de droite mentionne qu'il y a un lien entre **l'intensité des raies dans un spectres et la température**.



À droite de ces trois personnes, il y a un premier carnet qui nous informe que **la Terre et les étoiles ont des compositions chimiques similaires (d'après C. Payne)**.

Il y a un deuxième carnet qui lui indique que **les proportions de chacun des éléments chimiques présents sur Terre et dans les étoiles sont complètement différentes**.



Encore à droite de ces trois personnes, un tableau nous apprend que **Harlow Shapley** est le **directeur du laboratoire**, et que **Cécilia Payne**, chercheuse, **est arrivée en 1919 d'Angleterre**.



En poursuivant sur la droite, il y a un tableau avec une photo de l'université, on découvre que c'est l'**université d'Harvard aux États-Unis** (en 1920).



Le chercheur isolé mentionne que d'après les travaux de Payne, **les étoiles sont principalement composées d'hydrogène (74%) et d'hélium (24%)**.



À droite du chercheur isolé, il y a un article de presse en anglais qui mentionne le nom d'un **astronome renommé : Henri Russel**.



Pour aider Cécilia Payne, il faut trouver la composition des trois étoiles grâce au spectroscope. C'est une [activité de web-labosims.org](http://web-labosims.org) de Samuel JACQUINET que l'on trouve gratuitement sur internet.



Étoile 1 : Sodium et Fer

Étoile 2 : Hydrogène et Argon

Étoile 3 : Fer, Argon et Titane



Voici les réponses de mise en lumière de l'histoire de Cécilia Payne :

Première partie (l'ordre des bonnes propositions n'a pas d'importance) :

Cécilia Payne vient d'Angleterre.

Dans son pays d'origine, les femmes ne pouvaient pas devenir chercheuse.

Cécilia Payne est venue aux États-Unis.

Elle arrive dans son nouveau pays en 1919.

(Les autres propositions sont à glisser-déposer dans le cadre « Mauvaises propositions »).

Deuxième partie (l'ordre des bonnes propositions n'a pas d'importance) :

Les spectres sont liés à la température.

C'est à haute température qu'il se passe quelque chose.

À cette température, des atomes se transforment en ions.

(Les autres propositions sont à glisser-déposer dans le cadre « Mauvaises propositions »).

Troisième partie (l'ordre des bonnes propositions n'a pas d'importance) :

Les étoiles sont composées des mêmes éléments que ceux de la Terre.

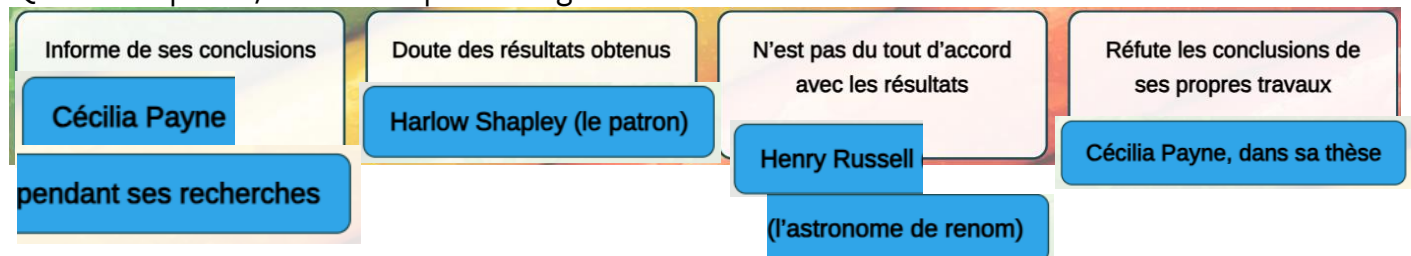
Les proportions de ces éléments n'ont rien à voir avec celles de la Terre.

Les raies ont des intensités différentes selon la température.

La conclusion finale est : Les étoiles sont principalement composées d'hydrogène et d'hélium.

(Les autres propositions sont à glisser-déposer dans le cadre « Mauvaises propositions »).

Quatrième partie, le rôle des personnages dans cette histoire :

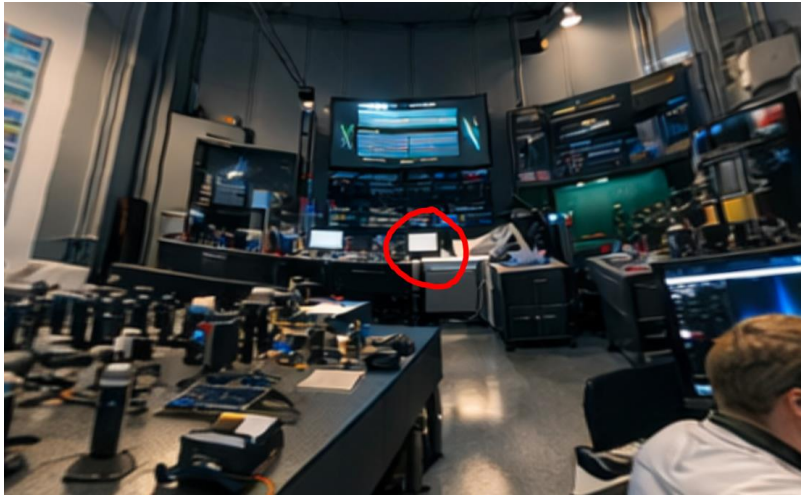


Cinquième partie, la conclusion :

En 1929 , Henri Russell écrit un article qui abouti aux mêmes conclusions que Cécilia Payne : « Il est finalement estimé que l'atmosphère du Soleil contient 60% d'hydrogène . [...] Cette grande abondance permet d'expliquer un certain nombre de faits astrophysiques qui étaient jusqu'à présent déroutants.

4ème scène : de retour dans mon laboratoire...

La première étape sera de trouver « son » ordinateur parmi tous ceux du laboratoire !
Le bon est celui-ci (cliquer dessus) :



Il faut ouvrir la session et déplacer le spectre à analyser en bas de l'écran sur les spectres de référence afin de trouver les éléments présents dans ce spectre de la nouvelle étoile (par comparaison, de la même manière que lorsqu'il fallait trouver les compositions des 3 étoiles avec spectroscopie de Cécilia Payne).

On trouve : Ca, Fe, H et Na.

Cliquer ensuite sur le bouton pour entrer les résultats.

Il convient alors, par glisser-déposer de mettre les 4 éléments précédents AINSI QUE L'HÉLIUM dans le cadre « Présents » (car même s'il n'est pas présent dans les références, l'histoire précédente a montré qu'il y était présent en grande quantité comme l'hydrogène). L'ordre n'a pas d'importance.

Les autres éléments sont à déposer dans « Non présents »).

Spectre d'absorption de la nouvelle étoile

1

Présents

Ca Fe H Na He

Non présents

Hg Ar Li Ti

Réinitialiser Valider

Après avoir validé, l'élève accédera à un champ pour rentrer un nouveau nom pour son étoile et profiter des confettis à foison en cliquant sur le bouton FIN ! (et appeler son professeur pour validation !)

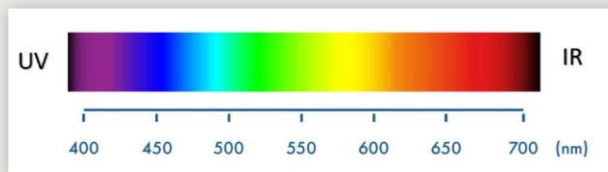
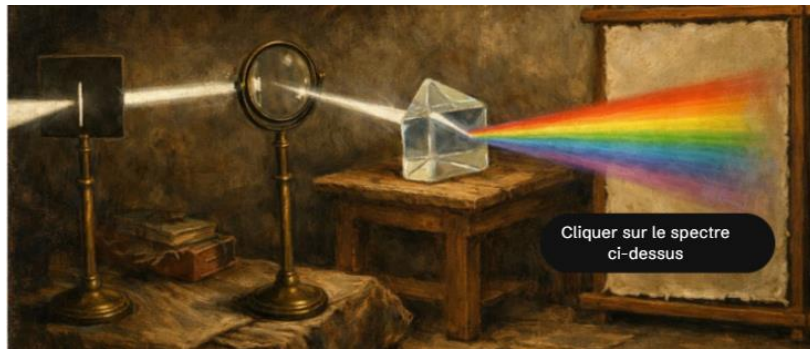
Propositions de trace écrites :

Il n'est peut-être pas judicieux de faire prendre à l'écrit des notes organisées/formalisées aux élèves au fur et à mesure de l'enquête au risque de perdre l'aspect immersif de la ressource. De plus, cela pourrait prendre beaucoup de temps.

Il est par contre possible de demander aux élèves de faire des captures d'écran des « bilans » qui s'affichent au fur-et-à mesure de l'histoire.

Un exemple est donné page suivante.

Il est aussi envisageable à l'enseignant de prévoir une fiche récapitulative avec les informations importantes à donner aux élèves en fin d'activité (en s'aidant de ce document par exemple).



Faisons un petit point-bilan !

Spectre de la lumière blanche (visible).

Valeurs des longueurs d'ondes des radiations : de **400 à 800 nanomètres** (environ).

Rayonnement **infrarouge (IR)**, invisible et découvert **en 1800 par Herschel** grâce à des thermomètres.

Rayonnement **ultraviolet (UV)**, invisible et découvert **en 1801 par Ritter** grâce à du chlorure d'argent.

Très bien, le profil de Cécilia Payne est complet...

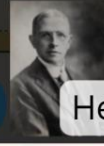
Cécilia Payne a quitté l'Angleterre pour aller aux États-Unis en 1919 car en Angleterre les femmes ne pouvaient pas devenir chercheuses !

Très bien, les informations sur sa première découverte sont claires...

Cécilia Payne a découvert qu'à haute température des atomes se transformaient en ions, dont leurs raies d'absorption pouvaient alors se voir sur les spectres des étoiles.

Très bien, la conclusion de sa deuxième découverte est claire...

Les étoiles sont principalement composées d'hydrogène (H) et d'hélium (He). Les autres éléments ne représentent que 1% environ de la masse de l'étoile !

 Cécilia Payne Informe de ses conclusions	 Harlow Shapley Doute des résultats obtenus	 Henry Russell N'est pas du tout d'accord avec les résultats	 Cécilia Payne Réfute les conclusions de ses propres travaux
---	---	--	--

Oui, c'est ça ! Quelle histoire !

Peut-on considérer que Henri Russell a volé ou s'est très fortement inspiré des travaux de Cécilia Payne dans son article paru en 1929 ? **Article qui avait les mêmes conclusions qu'elle avait faites 4 ans plus tôt !**

Les historiens nous le diront !