

Comment présenter un travail sur document

Exemple : l'étude du spectre d'une étoile

par Jean RIPERT
Lycée Clément Marot - 46000 Cahors

Est-ce qu'un travail sur document peut être un outil en sciences expérimentales ? Lors de la réunion des 2 et 3 décembre 1993 à Paris, sur l'option de première S, Monsieur le Doyen BECQUELIN avait conseillé, dans son allocution d'ouverture d'éviter de trop travailler sur document.

Dans un groupe de travail sur le thème «rayonnement et couleur», j'avais donné mon point de vue et interprété la phrase de M. BECQUELIN, en pensant que celui-ci avait voulu peut-être parler de recherche documentaire, car je pensais moi-même que le travail sur document était d'une autre nature.

Dans la vie professionnelle, le chercheur (au sens large) est souvent confronté au document.

Un appareil (spectrophotomètre, IRM, ...) fournit une courbe, une image, un tableau de mesures ...et le chercheur, qui, souvent travaille en équipe et qui, parfois n'a pas fait la manipulation, devra interpréter le document.

L'utilisation de documents, ne doit pas être proscrite, mais elle peut s'inscrire dans une pédagogie d'ouverture, de recherche, de découverte. Pour nous, enseignants de physique et de chimie, le but n'est pas d'utiliser systématiquement des documents (nous devons pratiquer une science expérimentale), mais l'utilisation d'un document impossible à réaliser en classe permet d'apporter une aide non négligeable.

Cela peut être l'objet de la mise en place d'une méthodologie du traitement d'un document, d'une réflexion sur le dispositif nécessaire à son obtention, d'une recherche des outils nécessaires à son dépouillement.

La suite montre ce qui peut être fait sur l'étude du spectre d'une étoile en option de première S.

Ce document* permet à partir de la photographie du spectre d'une étoile (Rigel dans la constellation d'Orion) et du spectre de l'argon comme spectre de référence :

- de définir l'échelle du document (les longueurs d'onde du spectre de l'argon sont connues),
- de déterminer les longueurs d'onde des raies d'absorption présentes dans le spectre de l'étoile,
- de retrouver les espèces chimiques responsables de ces raies.

Auparavant, ont été abordés les sujets suivants :

- spectre continu en émission,
- spectre de raies en émission,
- spectre d'absorption (bandes et raies),
- détermination des longueurs d'onde de certaines raies dans un spectre d'émission, connaissant les longueurs d'onde de deux raies.

Les documents disponibles dans l'ouvrage cité ci-dessus sont les suivants :

- spectre de Rigel encadré du spectre d'émission de l'argon, les longueurs d'onde de certaines raies de l'argon sont mentionnées,
- courbe donnant l'ensemble du spectre de l'argon (intensité lumineuse en fonction de la longueur d'onde),
- tableau donnant quelques longueurs d'onde de raies d'émission de certaines espèces chimiques.

Le but de la séance est de faire trouver aux élèves quelles sont les espèces chimiques responsables des raies d'absorption présentes dans le spectre de Rigel (document proposé sans spectre de référence - **document 1**) et en leur demandant de venir réclamer les documents nécessaires à l'avancement de leur recherche.

L'enseignant dispose d'une batterie de documents :

- **document 2** : spectre de raies d'émission de l'argon seul, à une autre échelle,

* Voir «18 fiches d'astrophysique» option première S-U₁ et U₃ (CLEA-Belin).

- **document 3** : spectre de Rigel accompagné du spectre de raies de l'argon, donc même échelle, mais sans les valeurs des longueurs d'onde,
- **document 4** : courbe donnant le spectre d'émission de l'argon avec les longueurs d'onde des différents pics,
- **document 5** : spectre de Rigel, accompagné du spectre de l'argon avec les longueurs d'onde de certaines raies,
- **document 6** : document de travail,
- **document 7** : tableau des longueurs d'onde de quelques raies d'émission de certaines espèces chimiques,
- **document 8** : un questionnaire permettant de compléter la recherche.

Certains groupes, ayant une vue d'ensemble du travail à réaliser avancent très vite et ont rapidement en leur possession tous les documents, après en avoir fait une demande argumentée : *«Il nous faudrait un spectre connu pour pouvoir le mettre à côté de celui de l'étoile et comparer»*. Comme l'importance de l'échelle n'a pas été vue, on peut fournir le **document 2** ...qui semble ne servir à rien, mais qui permettra aux élèves de prendre conscience :

- que le spectre de l'étoile et le spectre de référence ne doivent pas être indépendants (on reviendra sur ce problème dans le questionnaire : **document 8**),
- qu'un spectre seul, sans valeur des longueurs d'onde, est inutilisable.

D'autres exploitent les documents au fur et à mesure et c'est à la fin qu'ils demandent : *«Nous voulons la liste de toutes les longueurs d'onde des raies d'émission de tous les éléments chimiques, pour savoir à quels éléments sont dues les raies présentes»*. On leur distribue alors notre modeste liste - **document 7**.

A partir du **document 4**, il n'est pas possible de laisser les élèves retrouver seuls les longueurs d'onde de toutes les raies d'émission de l'argon. Il est bon par contre de les laisser essayer de résoudre le problème. Ils peuvent seuls :

- orienter de la même façon les **documents 3** et **4** (de quel côté se trouvent les grandes longueurs d'onde ?),
- lier la taille du pic (**document 4**) à la trace laissée sur la photographie (**document 3**).

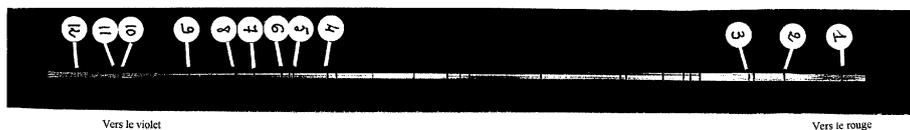
Remarque : de part et d'autre du spectre de Rigel, le spectre de l'argon semble différent. En fait il est moins exposé d'un côté pour

éviter la surexposition des raies les plus intenses et plus exposé de l'autre pour permettre l'apparition des raies les moins intenses.

Quand le groupe a compris le principe de reconnaissance des raies, il faut lui fournir le **document 5** (le document utilisé n'est pas une photocopie du spectre tiré de l'ouvrage - *car les photocopies sont de mauvaise qualité* - mais celui de la documentation photographique réalisée par le CLEA - 26, Bérengère - 92210 SAINT-CLOUD).

Le questionnaire (**document 8**) peut être abordé en classe pour les plus rapides ou chez eux pour les autres.

La première question permet de réfléchir au dispositif ayant permis la réalisation du document, les suivantes, d'approfondir les connaissances sur la spectroscopie stellaire (on ne peut pas dire qu'une espèce chimique est absente de la photosphère de l'étoile car aucune raie n'a été détectée - *les conditions physiques dans la photosphère ne permettent pas l'absorption dans le domaine étudié ou cette absorption a lieu, mais dans un autre domaine de longueurs d'onde* - si une espèce chimique est présente, toutes les transitions possibles dans le domaine étudié doivent être présentes sous forme de raies).



Le document ci-dessus est le spectre d'une étoile, les traits sombres correspondent aux raies d'absorption de certains éléments chimiques présents dans la photosphère de l'étoile.

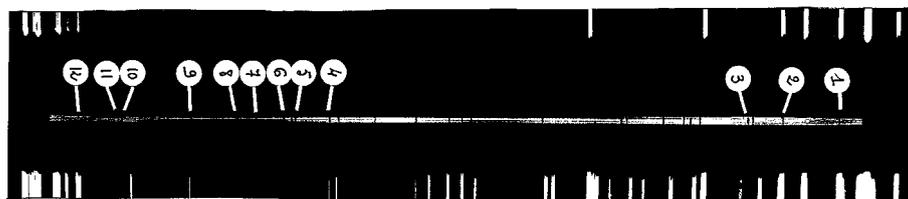
Pour déterminer quels sont ces éléments chimiques, proposer une méthode de travail.

Demander au fur et à mesure les documents qui vous semblent absolument nécessaires pour mener à bien votre recherche.

Document 1 : Étude du spectre d'une étoile.

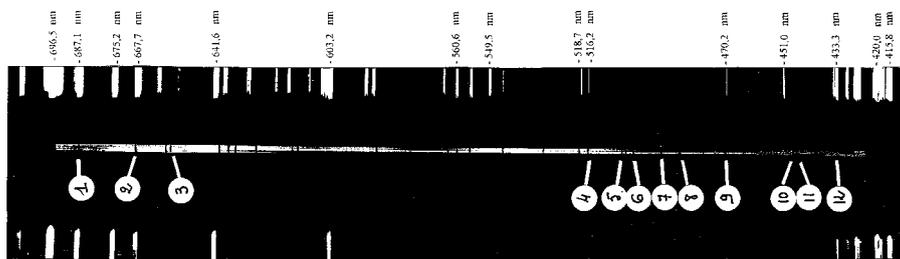


Document 2 : Spectre d'émission de l'argon.



Pourquoi les raies du spectre de l'argon sont-elles brillantes, alors que celles de l'étoile sont sombres ?

Document 3 : Spectres de Rigel et de l'argon.



Spectre de Rigel (β Orionis) : spectre réalisé avec le télescope de 60 cm du Pic du Midi (Association du T 60). Mission CLEA octobre 1986 (D. BARDIN, J. RIPERT, M. et A. RIVIÈRE). Objectif 135 mm - 2,8 - pose 3 min - film 2415 Kodak hypersensibilisé (AgNO₃). Pour permettre la réalisation de photocopies, les raies ont été renforcées. Classement des raies par groupes selon leur intensité - des plus intenses au moins intenses*.

I, II, XXIII, XXVIII,
 VI, VII, XI, XXI, XXII, XXV, XXVI,
 IV, VIII, XVIII, XIX, XX, XXVII,
 III, V, IX, X, XII, XIII, XIV, XV, XVI, XVII, XXIV.

* numérotation en chiffres romains du rouge vers le violet
 (I \rightarrow I et 12 \rightarrow XXVIII).

Document 5 : Spectre de Rigel et de l'argon (complet).

- Déterminer l'échelle X du document.
- Dédire les longueurs d'onde des raies repérées de 1 à 12 ; pour cela :
 - mesurer la distance l_1 (mm) qui sépare la raie (1) de la raie 420,0 nm,
 - calculer en nm la différence de longueur d'onde L_1 qui sépare ces deux raies : $L_1(\text{nm}) = l_1(\text{mm}) \times X_{(\text{nm/mm})}$,
 - la longueur d'onde λ_1 de la raie (1) est donnée par :
 $\lambda_1 = 420,0 + L_1$,
 - faire de même pour chaque raie de (1) à (12).

Tableau des mesures :

n° de raie	l (mm)	L (nm)	λ (nm)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

Document 6 : Document de travail.

- H I (série de Balmer) : H_{α} 656,3 nm ; H_{β} 486,1 nm ; H_{γ} 434,2 nm ; H_{δ} 410,3 nm ; H_{ϵ} 397,1 nm ;
- He I : 388,9 nm ; 404,6 nm ; 414,4 nm ; 447,1 nm ; 471,3 nm ; 492,5 nm ; 501,6 nm ; 504,8 nm ; 587,6 nm ; 667,8 nm ; 706,5 nm ; 728,1 nm.
- He II : 30,3 nm ; 164,1 nm ; 486,6 nm.
- Mg I : 383,2 nm ; 516,7 nm ; 517,3 nm ; 518,4 nm.
- Mg II : 279,5 nm ; 280,3 nm ; 448,1 nm.

Remarque : He I = He He II = He⁺.

Document 7 : Raies d'émission de certains éléments.

- 1 - Faire le schéma de principe du dispositif permettant de photographier, successivement, sur la même pellicule, le spectre de l'étoile et celui de l'argon. Pourquoi faut-il photographier les deux spectres avec le même dispositif ?
- 2 - Le travail fait implique-t-il qu'il n'y a pas d'autres éléments dans la photosphère de l'étoile ?
- 3 - L'élément hydrogène a été détecté (raies H_{α} , H_{β} , H_{γ}), pourquoi la raie H_{δ} ne l'a pas été ?
- 4 - L'élément hélium (He I) a été détecté, pourquoi la raie de longueur d'onde $\lambda = 587,6$ nm ne l'a pas été ? Est-elle présente dans le spectre ?

Document 8 : Questions.