

Opt6n – L'ATOME D'HYDROGÈNE

Auteur : Frédéric Marquet

TI-Nspire™ CAS

Mots-clés : spectre de raies, longueur d'onde, modèle corpusculaire, niveaux d'énergie.

Fichiers associés : SpectreHydrogene_prof_CAS.tns, SpectreHydrogene_eleve_CAS.tns, Opt6nElev_AtomeHydrogene.pdf.

1. Objectifs

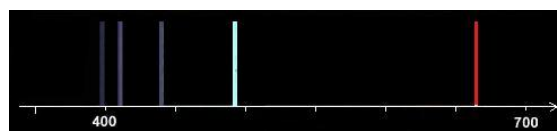
Expliquer les caractéristiques d'un spectre.

Connaître les relations $\lambda = \frac{c}{\nu}$ et $E = h \cdot \nu$ et les utiliser pour exploiter un diagramme de niveaux d'énergie.

Interpréter les échanges d'énergie entre lumière et matière à l'aide du modèle corpusculaire de la lumière.

2. Énoncé

Une partie du spectre d'émission de l'atome d'hydrogène H est représenté sur la page 1.1 :



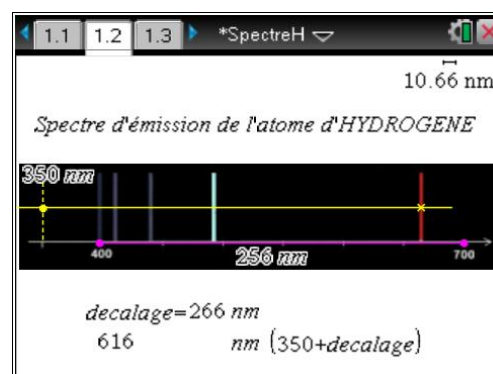
Spectre d'émission de l'atome d'hydrogène

Comment calculer précisément les longueurs d'ondes présentes dans ce spectre et les interpréter à l'aide du modèle corpusculaire de la lumière ?

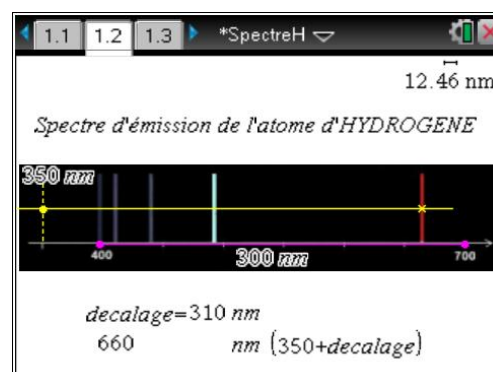
3. Détermination des longueurs d'onde avec la calculatrice

Aller sur la page 1.2 (Géométrie).

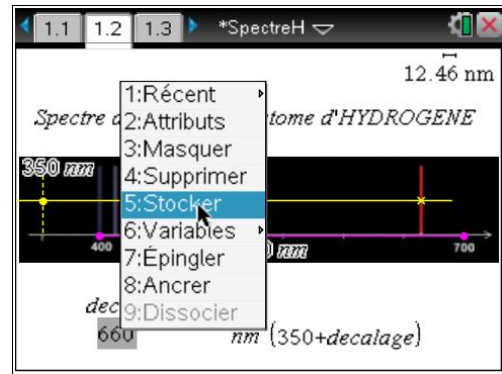
Il apparaît alors le spectre d'émission de l'atome d'hydrogène. Le **segment violet** va de 400 à 700 nm, soit une longueur de 300 nm. Régler l'échelle (**graduation**) pour que l'indication de la longueur de ce segment affiche effectivement 300 nm.



Déplacer la **croix jaune** : le décalage entre le repère à 350 nm et le point où se trouve la croix s'affiche au fur et à mesure que l'on déplace la croix ainsi que la longueur d'onde correspondante (350+décalage).

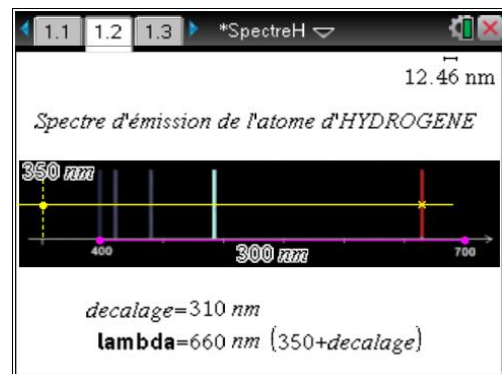


Stocker la longueur d'onde dans la variable **lambda**.



Ci-contre, la variable **lambda** est stockée : elle apparaît en gras sur l'écran.

Elle peut désormais être capturée dans une application **Tableur & listes**.



Ouvrir la page 1.3 (Tableur & listes).

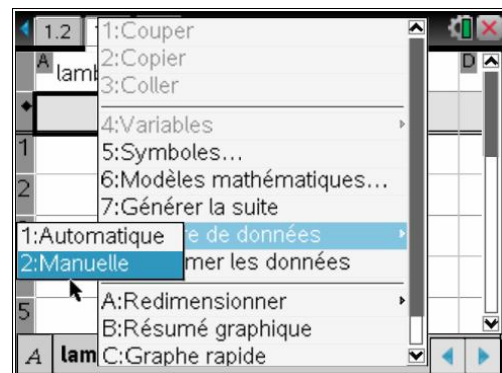
Se placer dans la zone de saisie de la colonne **A** puis faire :

ctrl **menu**.

Cliquer sur **Capture de données** puis **Manuelle**. Saisir alors le nom de la variable **lambda**.

Cela signifie que l'on va effectuer une capture manuelle de la variable **lambda** dans une nouvelle ligne de la colonne **A** à chaque fois que l'on appuiera sur les touches :

ctrl **.**.



Appuyer sur **enter** pour se placer sur la cellule A1.

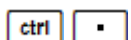
La capture manuelle des données est alors prête à être effectuée.

	A	B	C	D
1	lambda1			
2				
3				
4				
5				

Remarque : on ne choisit jamais comme nom d'une liste, variable contenant un ensemble de valeurs stockées, un nom de variable déjà utilisé ou susceptible de l'être. Ainsi lambda1 désigne la liste des valeurs stockées, à ne pas confondre avec lambda qui est la valeur courante de la variable « longueur d'onde courante » (valeur numérique).

Retourner sur la page 1.2.

Déplacer la croix jaune sur les différentes raies en capturant au fur et à mesure manuellement les longueurs d'ondes avec les commandes :



Une fois cette opération terminée, revenir sur la page 1.3 pour s'assurer que les longueurs d'ondes des raies d'émission ont bien été enregistrées dans la colonne A du tableau.

	A	B	C	D
lambda1				
=capture(lambda,0)				
1	397.181			
2	409.72			
3	438.558			
4	489.965			
5	660.487			
A1	=397.18147484274			

Compléter le tableau récapitulatif des raies observées sur le spectre d'émission de l'atome d'hydrogène :

Raie	1	2	3	4	5
(nm)	397	410	439	490	660

4. Approche par la théorie corpusculaire de la lumière

L'énergie E_n de l'atome d'hydrogène dépend du numéro n de la couche occupée par son électron :

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2}.$$

Dans cette équation, l'énergie E_n est exprimée en eV ($1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$).

Lorsqu'un atome d'hydrogène est excité, son électron passe d'une couche électronique n à une autre couche électronique m . En revenant à sa couche de départ (désexcitation), l'électron perd une énergie E en émettant un photon de fréquence telle que :

$$\Delta E = E_m - E_n = h\nu.$$

La différence d'énergie E entre les deux couches électroniques est exprimée en Joules (J) et h est la constante de Planck ($h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$).

Si l'on note c la célérité de la lumière dans le vide ($c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$), la fréquence (Hz) et la longueur d'onde (m) du photon émis sont liées par la relation :

$$\lambda = \frac{c}{\nu}.$$

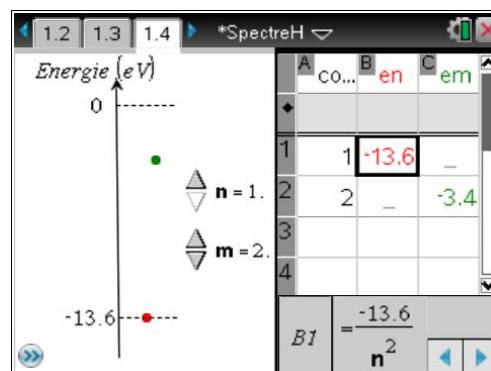
Montrer que la longueur d'onde (m) du photon émis en fonction de la différence d'énergie E (J) entre les couches électroniques mises en jeu est :

$$\lambda = \frac{h \times c}{E}.$$

Ouvrir la page 1.4.

On peut y voir les **niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène** en fonction du numéro de la couche occupée par son électron.

Exemple : avec $n = 1$ et $m = 2$, on constate que si l'électron est sur la couche 1, l'énergie est égale à -13,6 eV alors que sur la couche 2 elle est égale à -3,4 eV.



Ouvrir la page 1.5.

Un tableau contenant les variables n , m , E_n et E_m apparaît.

	A	B	C
	grandeur	valeur	unité
1	n	2.	—
2	m	3.	—
3	en	-3.4	ev
4	em	-1.51111	ev
5	em-en(ev)		ev

Saisir les formules permettant de compléter le contenu des cellules B5 à B8 :

La cellule B5 doit contenir $\Delta E = E_m - E_n$ exprimée en eV.

La cellule B6 doit contenir $\Delta E = E_m - E_n$ exprimée en J.

La cellule B7 doit contenir exprimée en m.

La cellule B8 doit contenir exprimée en nm.

	A	B	C
	grandeur	valeur	unité
5	em-en(ev)		ev
6	em-en(J)		joule
7	$\lambda(m)$		m
8	$\lambda(nm)$		nm

Régler n et m et vérifier que les raies observées sur le spectre correspondent à des transitions de couches $m > 2$ vers $n = 2$.

Exemple : La transition mettant en jeu les couches $n = 2$ et $m = 3$ conduit à $\lambda = 658$ nm, correspondant à la raie 5 (valeur trouvée par pointage : 660 nm).

	A	B	C
	grandeur	valeur	unité
4	em	-1.51111	ev
5	em-en(ev)	1.88889	ev
6	em-en(J)	3.02222E-19	joule
7	$\lambda(m)$	6.58125E-7	m
8	$\lambda(nm)$	658.125	nm

On peut résumer les transitions électroniques mises en jeu dans le tableau ci-dessous :

Raie	1	2	3	4	5
Transition m n	7 2	6 2	5 2	4 2	3 2
théorique (nm)	398	411	435	487	658
mesurée (nm)	397	410	439	490	660

On constate qu'il y a une bonne adéquation entre la théorie (**modèle corpusculaire** de la lumière et **quantification des niveaux d'énergie** de l'atome d'hydrogène H) et le spectre d'émission observé.

Remarque : Les autres transitions sont possibles mais conduisent à des photons ayant des longueurs d'ondes en dehors du spectre visible.