

---

# *LABORATOIRE 6*

## *LA SPECTROSCOPIE*

### *But*

Vérifier la formule donnant les longueurs d'onde du spectre de l'hydrogène et déterminer la nature d'un gaz inconnu à partir de l'observation de son spectre d'émission.

### *THÉORIE*

#### *Le spectre d'émission des gaz*

Chaque corps gazeux pur est caractérisé par un spectre d'émission qui lui est propre. Lorsqu'on soumet un gaz à une différence de potentiel, les électrons du courant entrent en collision avec les atomes de gaz dans le tube. Les électrons dans l'atome sont alors, soit arrachés ou encore ils passent à des couches électroniques plus élevées et dont l'énergie est plus élevée. Dans cet état excité, l'atome est instable. Ainsi, les électrons vont retomber au niveau fondamental et émettant le surplus d'énergie sous forme de photon. Comme les niveaux d'énergie ont une énergie fixe et que les photons émis ne peuvent avoir comme énergie que certaines valeurs correspondante à la différence d'énergie entre les niveaux, la lumière émise est donc composée de photons ne pouvant avoir que certaines valeurs d'énergie. Cela signifie que si on décompose la lumière émise par chaque élément, nous ne retrouverons que certaines valeurs de longueurs d'onde. Comme les niveaux d'énergie changent pour chaque élément, les longueurs d'onde émises changent pour chaque élément. Il est donc possible d'identifier un gaz en analysant le spectre d'émission de ce dernier.

Le seul gaz pour lequel les longueurs d'onde émises sont faciles à calculer est l'hydrogène. Pour ce gaz, les longueurs d'onde visibles émises sont données par la formule de Balmer

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (1)$$

## 6 - LA SPECTROSCOPIE

où  $R_H = 1,097\,373\,2 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$  est la constante de Rydberg et où  $m$  et  $n$  sont des entiers. Seulement trois de ces longueurs d'onde se situent dans le spectre visible. Ce sont les longueurs d'onde :

**433,9 nm (Mauve)**  
**486,0 nm (Bleu-vert)**  
**656,1 nm (Rouge)**

### Le réseau

Un réseau est une série de fentes minces et parallèles qui vont séparer les différentes longueurs d'onde par le phénomène d'interférence. En fait, cela produit le même effet qu'avec deux fentes sauf que les bandes brillantes sont extrêmement minces.

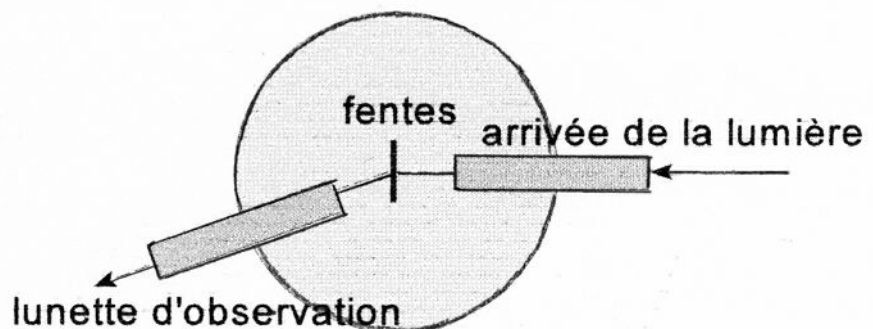
L'équation d'un réseau tient compte de la distance entre deux fentes ( $d$ ) et de l'ordre du spectre ( $n$ ). L'équation donnant la direction des maximums est

$$d \sin \theta = m\lambda \quad (2)$$

Dans ce laboratoire, nous nous en tiendrons à l'ordre  $m = 1$ .

### MÉTHODE UTILISÉE

Nous pourrions tout simplement utiliser un prisme pour séparer la lumière émise par un gaz, mais l'angle de déviation est plutôt ardu à calculer, donc nous allons utiliser une autre méthode plus simple. Nous allons plutôt faire passer la lumière émise à travers un réseau. Le réseau agit comme un prisme, mais il est beaucoup plus facile de calculer l'angle de déviation pour un réseau.



Pour mesurer les angles de façon précise, nous allons utiliser un spectromètre. Cet appareil permet de mesurer l'angle entre deux lunettes avec une précision de 0,1 degré ! Il s'agit donc de faire entrer la lumière par un collimateur et d'examiner les franges

## 6 - LA SPECTROSCOPIE

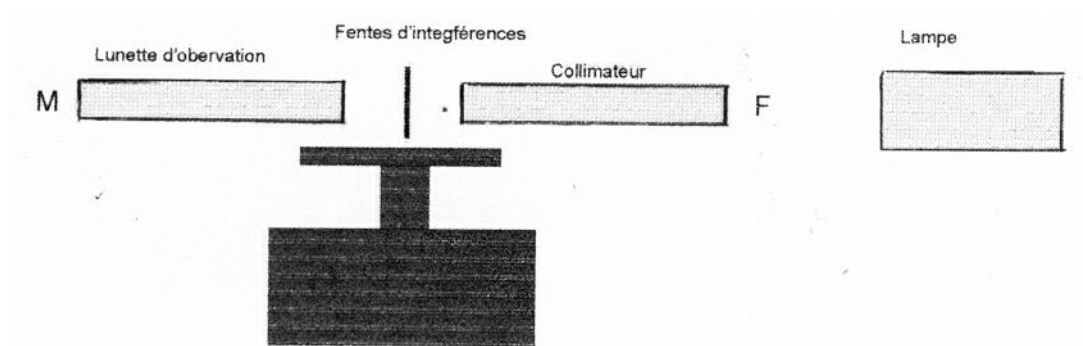
avec une lunette. Vous pourrez alors noter l'angle des raies avec l'indicateur d'angle. Ensuite, de petits calculs nous donneront la longueur d'onde de la lumière.

### APPAREILS

- Un spectromètre
- Une source de courant pour les tubes
- Des lampes à gaz
  - Hydrogène
  - Krypton
  - Mercure
  - HéliumVoir les tableaux en annexe pour les raies et leur intensité.
- Un réseau de diffraction (600 fentes/mm)

### MANIPULATIONS

Examinons premièrement le spectromètre.



Le spectromètre comprend :

- Un **collimateur**. À l'une des extrémités du collimateur se trouve une fente  $F$  de largeur réglable. La source lumineuse éclaire la fente, mais le faisceau qui

## 6 - LA SPECTROSCOPIE

pénètre dans le collimateur n'est pas parallèle. Le rôle du collimateur est de convertir ce faisceau en faisceau parallèle.

- Un **plateau central**, destiné à porter un prisme, un réseau ou des fentes d'interférences. Il émerge alors plusieurs faisceaux, chacun avec un angle de déviation particulier. Le plateau central peut pivoter librement et être amené à l'orientation désirée. Il peut aussi être fixé dans sa position grâce à une vis située sous le plateau.
- Une **lunette**, que l'on peut aussi faire pivoter autour du centre. Pour que la lunette puisse pivoter librement, il faut desserrer la vis située sur le socle du spectromètre, à mi-hauteur de l'appareil. Lorsque la lunette se trouve dans la direction du faisceau émergent, ce faisceau traverse la lunette et atteint l'œil de l'observateur. La lunette est en fait un petit télescope : en observant le faisceau émergent à travers la lunette, l'observateur voit l'image de la fente du collimateur.
- Un **disque gradué** est situé sur la base du spectromètre. Ce disque, gradué en degrés, permet de mesurer l'angle entre la direction du faisceau incident et celle du faisceau émergent, c'est-à-dire l'angle de déviation. Un vernier, permet d'apprécier la valeur d'un angle jusqu'à une précision de  $0,1^\circ$ . Nous verrons un peu plus loin le fonctionnement du vernier.

### Réglage du spectromètre

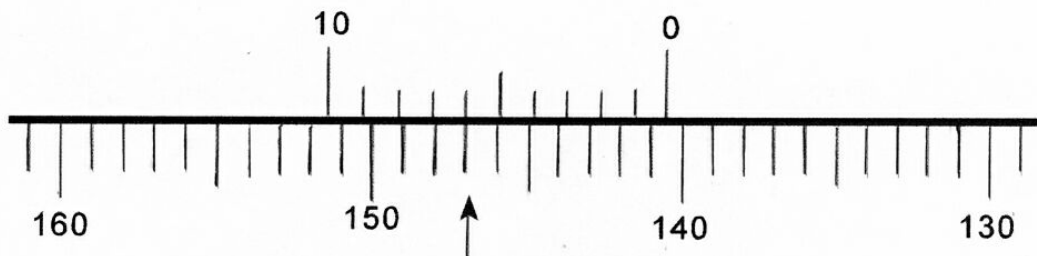
- Aligner la lunette avec le collimateur.
- Placez un tube à gaz devant le collimateur.
- Regardez dans la lunette. Vous devriez voir de la lumière de la même couleur que celle émise par le gaz dans le tube.
- Si la fente de lumière que vous observez est floue, entrez ou sortez un peu l'oculaire de la lunette jusqu'à ce qu'elle soit bien nette.
- Ajustez la largeur de la fente à l'aide d'une petite vis située près de celle-ci. Pour plus de précision, il faut que la fente  $F$  soit à peine ouverte.

## 6 - LA SPECTROSCOPIE

Pour prendre les mesures, il faudra que les raies spectrales soient exactement au centre de l'image vue dans l'oculaire. Pour s'assurer de cela, il y a un petit réticule dans la lunette. Le réticule est le système de deux fils croisés à l'intérieur de la lunette qui marque le milieu de la ligne de visée. Ce réticule sert donc à repérer avec précision le centre de la lunette. Les raies devront être vis-à-vis le centre du réticule pour prendre les mesures.

Il ne reste plus qu'à prendre les mesures des angles. Avant de faire l'expérience, il faut savoir le fonctionnement du vernier pour pouvoir avoir une précision de  $0,1^{\circ}$ . Voici donc un petit exemple pour clarifier la situation

Supposons que l'on obtienne ceci comme angle sur le vernier.



### Deux divisions alignées

La lecture commence par le point où est indiqué le 0 sur la graduation du vernier (haut). Ce point 0 tombe entre  $140^{\circ}$  et  $141^{\circ}$ . Pour avoir la précision au dixième de degré, on va chercher la ligne du bas qui va être parfaitement alignée avec une ligne du haut. Il ne va toujours y en avoir qu'une seule (si le vernier est de qualité...). Il peut arriver qu'aucune ligne ne soit parfaitement alignée. Dans ce cas, il faut prendre celle qui est le plus près d'un alignement parfait.

Lorsque qu'on trouve cette ligne du bas alignée, on regarde sa valeur sur le vernier, soit 6 dans notre exemple. Ce 6 veut tout simplement dire qu'il faut ajouter  $0,6$  à notre  $140^{\circ}$ . Ainsi l'angle vaut au total  $140,6^{\circ}$ .

Pour commencer, il nous faudra l'angle de référence, c'est-à-dire l'angle indiqué par le vernier lorsque la lunette et le collimateur sont alignés. Pour savoir si ces derniers sont correctement alignés, il faut regarder dans la lunette. Si l'image de la fente est exactement au milieu du réticule alors l'alignement est parfait. Une fois que vous obtenez un bon alignement de la lunette et du collimateur, prenez l'angle de référence.

Angle de référence : \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_.

## 6 - LA SPECTROSCOPIE

### Spectroscopie de deux gaz

- Placez maintenant un tube d'hydrogène dans la source et allumez celle-ci.
- Placez tout doucement votre lampe tout près de la fente  $F$ .
- Déplacez la lunette vers la gauche et faites la lecture de l'angle pour chaque couleur rencontrée dans le premier ordre. Notez que le second ordre commence quand les mêmes couleurs déjà observées apparaissent de nouveau.
- Indiquez vos valeurs dans le tableau.

**TABLEAU 1 - HYDROGÈNE**

Couleur	Angle
	degré
	± .

## 6 - LA SPECTROSCOPIE

- Recommencez avec un autre gaz inconnu que vous devrez identifier (N'oubliez pas de noter son numéro).

**TABLEAU 2 - GAZ INCONNU (#\_\_\_\_\_)**

Couleur	Angle	Intensité
	degré	0 à 5
	± .	

La dernière colonne de ce tableau sert à l'évaluation de l'intensité relative de la raie spectrale. On utilise l'échelle 0 = faible, ..., 5 = la plus intense. Cette mesure aidera à l'identification du gaz. Méfiez vous toutefois des valeurs des intensités pour des longueurs d'onde inférieure à 430 nm et supérieure à 700 nm car elles commencent à être en dehors du spectre visible. Il est possible que les raies soient intenses mais qu'elles nous semblent faibles puisque l'œil n'est plus en mesure de bien capter ces longueurs d'onde.

### RÉSULTATS

- Donner l'angle de référence
- Faites un tableau des angles (en degrés) des raies pour l'hydrogène

## 6 - LA SPECTROSCOPIE

- Donner le numéro du gaz inconnu
- Faites un tableau des angles (en degrés) des raies pour le gaz inconnu

### Calculs

- Calculez l'angle pour chacune de vos raies avec

$$\theta = \theta_{\text{mesurée}} - \theta_{\text{référence}}$$

- À partir de l'angle de chaque raie, calculez la longueur d'onde des raies d'émission.

### ANALYSE DES RÉSULTATS

- Comparez votre spectre expérimental avec le spectre théorique de l'hydrogène
- En consultant les tableaux des longueurs d'onde émises, identifier votre gaz inconnu. Expliquez en détail le raisonnement qui vous amène à cette conclusion.
- Comparez votre spectre expérimental avec le spectre théorique de votre gaz

## ANNEXE

**Principales longueurs d'onde des spectres des gaz possibles**

<b>Hélium</b>			<b>Mercure</b>		
longueur d'onde (nm)		intensité	longueur d'onde (nm)		intensité
438,8	(mauve)	0,1	433,9	}	5,0
447,1	(mauve)	1,9	434,7		
471,3	(bleu)	0,3	435,8		
492,2	(bleu-vert)	0,2	491,6	(bleu-vert)	0,1
501,6	(vert)	0,8	546,1	(vert)	1,2
504,8	(vert)	0,1	577,0	(jaune)	0,3
587,6	(jaune-orange)	5,0	579,1	(jaune)	0,3
667,8	(rouge)	0,8	671,6	(rouge)	0,2
706,5	(rouge)	1,9	690,6	(rouge)	0,3

Cette dernière longueur d'onde est à la limite du visible et ne semblera pas très intense

**Krypton**

longueur d'onde (nm)		intensité
427,4	(mauve)	1,7
431,9	}	2,3
432,0		
436,3	}	2,2
437,6		
445,4	}	2,3
446,4		
450,2	(mauve)	1,0
556,2	}	4,2
557,0		
587,1	(jaune-orange)	5,0

Il semble qu'il y ait également de l'hydrogène dans les tubes de krypton. Il sera donc possible de voir alors les longueurs d'onde 434,0 nm (Mauve), 486,0 nm (Bleu-vert) et 656,1 nm (Rouge). Il sera même possible que l'intensité de ces raies soit très grande. C'est le cas notamment du rouge.

**RÉSULTATS**

Noms des membres de l'équipe: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Réglage du spectromètre

Angle de référence : \_\_\_\_\_

Spectroscopie de deux gaz**TABLEAU 1 - HYDROGÈNE**

Couleur	Angle
	degré

**TABLEAU 2 - GAZ INCONNU (# \_\_\_\_\_)**

Couleur	Angle	Intensité
	degré	0 à 5