

Université du Littoral, Côte d'Opale
Licence Sciences, Technologie, Santé
Mention Sciences de la Vie – 1^{ère} année (L1SV)
UE de physique – Travaux pratiques

Préparation du TP. Les séances étant courtes, pour gagner du temps, il est fortement conseillé de lire l'énoncé et de répondre aux questions génériques avant la séance. Une partie des réponses se trouvent dans l'énoncé, lisez-le avec attention !

Compte rendu. Il est à rendre sous huit jours, un retard entraîne un retrait de 4 points (sauf absence justifiée auprès du secrétariat). Vous pouvez déposer votre compte-rendu à n'importe quel moment dans la boîte aux lettres verte située à côté de la salle des profs de physique, au 1^{er} étage du bâtiment Poincaré, dans le même couloir que les salles de TP d'optique. Attention, la boîte aux lettres du 2^e étage est celle des chimistes, nous n'avons aucune garantie de récupérer ce que vous y déposez...

En cas de rature ou si vous manquez de place sur la feuille de réponse, vous pouvez répondre sur une autre feuille en précisant bien :

- qu'il s'agit d'un TP de L1SV (vous n'êtes pas les seuls à utiliser la boîte aux lettres),
- vos noms,
- le numéro complet de votre groupe de TP (par exemple 2-1 et pas juste 2) ,
- le numéro devant chaque question.

Oubli/perte d'énoncé. Suite au très grand nombre d'oublis et de pertes constaté les années précédentes, **il ne sera pas délivré de duplicata du fascicule de TP** au cours du semestre. Celui-ci restera disponible en format PDF (et en couleurs) sur la plateforme Sakai. Afin de permettre un déroulement correct de la séance, **l'enseignant se réserve le droit de refuser l'entrée de la salle de TP aux étudiants venus sans leur énoncé**, ceci au cas où un arrangement ne peut être trouvé avec les autres étudiants afin d'avoir au minimum un énoncé par binôme.

Calculatrice. Pensez à la prendre pour venir en TP de physique !

Absences/rattrapage. En cas d'absence **justifiée** auprès du secrétariat, vous pouvez demander à l'un des enseignants de rattraper le TP en venant avec un autre groupe. Si votre absence est prévue à l'avance et que vous deviez passer parmi les derniers groupes (semaines du 10 octobre, du 14 novembre ou du 12 décembre), pensez à anticiper afin de rattraper avec un groupe de la semaine précédente.

L'énoncé du TP n°3 (mécanique des fluides) sera distribué début novembre.

TP 1. Spectroscopie à prisme

Le but de ce TP est de caractériser le spectre d'une source lumineuse inconnue au moyen d'un montage optique, le spectroscopie à prisme, qui permet une mesure précise des longueurs d'onde contenues dans le spectre. Pour cela, il faudra préalablement étalonner le spectroscopie, c'est-à-dire déterminer, au moyen d'une source lumineuse de spectre connu, la relation entre la position des raies spectrales et leur longueur d'onde.

I. Matériel

1. Les lampes spectrales

Dans une lampe spectrale, la partie émettrice de lumière est constituée par une cellule de verre emplies de gaz. Sous l'effet de la forte tension électrique appliquée aux extrémités de la cellule, les atomes du gaz passent de l'état fondamental à un état excité, puis se désexcitent en émettant un photon. L'énergie E emportée par un photon est donc égale à la différence d'énergie entre le niveau fondamental (E_0) et le niveau excité (E_n). Cette énergie est aussi reliée à la longueur d'onde λ du photon via la constante de Planck h et la vitesse de la lumière c :

$$E = \frac{hc}{\lambda} = E_n - E_0$$

Ceci explique que seules les longueurs d'onde correspondant précisément à la différence d'énergie entre deux niveaux atomiques soient présentes : le spectre de la lampe est un spectre discret, composés de raies spectrales bien distinctes.

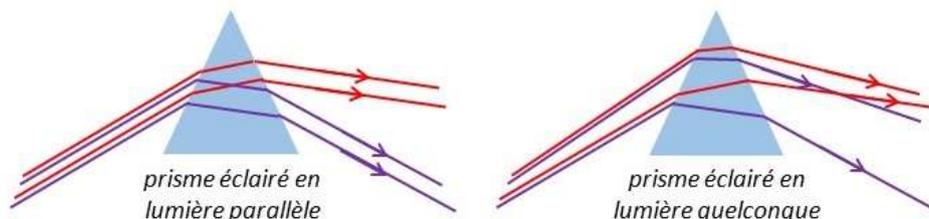
Pour ce TP, nous disposons d'une lampe dont le spectre est connu (lampe à vapeur de mercure), qui va nous servir à étalonner le spectroscopie, et d'une lampe inconnue dont on va caractériser le spectre avec le spectroscopie.

Attention, il ne faut jamais rallumer une lampe spectrale encore chaude (risque de claquage), laissez les lampes allumées pendant tout le TP et même à la fin du TP si vous passez le lundi matin.

2. Le spectroscopie

Le prisme est l'élément central du spectroscopie : c'est lui qui va séparer les différentes longueurs d'onde du spectre lumineux. À l'entrée et à la sortie du prisme, la lumière est réfractée en suivant la seconde loi de Descartes ($n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$). Or l'indice optique n du verre dans lequel est fabriqué le prisme dépend de la longueur d'onde λ . La direction dans laquelle la lumière est réfractée dépend donc de la longueur d'onde.

Le prisme doit être éclairé par un faisceau de lumière parallèle afin que tous les rayons d'une même longueur d'onde soient réfractés dans la même direction, sinon, le spectre obtenu est brouillé :



Le prisme est placé sur le plateau d'un goniomètre (voir photo en page suivante). Le goniomètre se compose des éléments suivants :

- Le collimateur sert à produire un faisceau de lumière parallèle pour éclairer le prisme. Un tel faisceau est créé lorsque on place un objet réel dans le plan focal objet d'une lentille convergente, ce qui donne une image à l'infini. Le collimateur est donc composé d'un objet (une fente de largeur

réglable) et d'une lentille convergente, avec un mécanisme de réglage permettant d'amener la fente dans le plan focal objet de la lentille.

- La lunette sert à observer le spectre obtenu en agrandissant l'image par rapport à une simple observation à l'œil. Pour la lunette, l'objet est constitué par le faisceau de lumière parallèle créé par le collimateur (objet à l'infini). L'image est également rejetée à l'infini de façon à ce que l'œil puisse observer sans accommoder, donc sans fatigue. La lunette est composée de deux lentilles convergentes dont on peut régler l'écartement afin de faire coïncider le plan focal image de la lentille d'entrée (objectif), dans lequel se trouve l'image intermédiaire, avec le plan focal objet de la lentille de sortie (oculaire). La lunette permet également de superposer au spectre un système de visée (le réticule) placé au niveau de l'image intermédiaire.

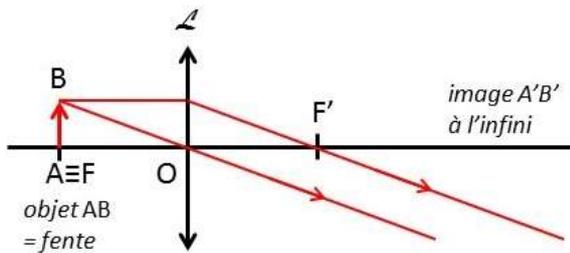


Schéma optique du collimateur
(idem pour le micromètre avec AB = règle transparente)

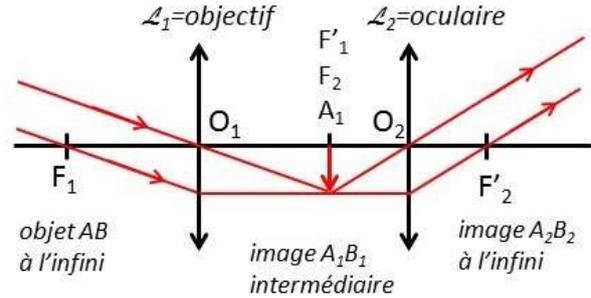
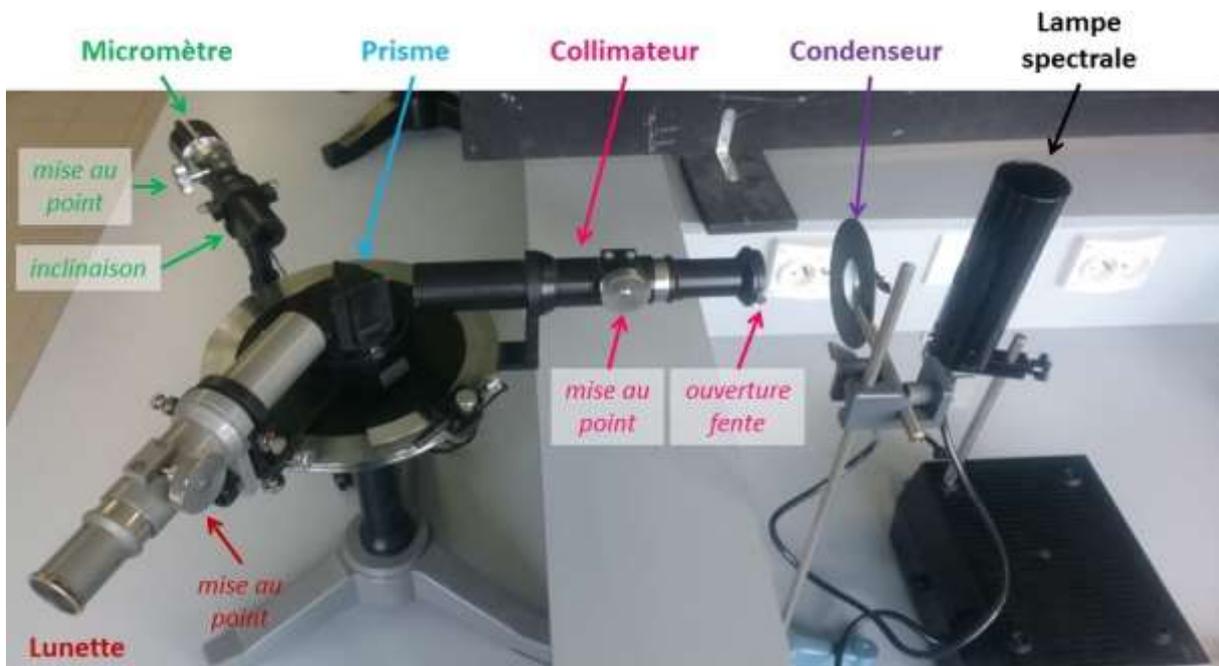


Schéma optique de la lunette

- Le micromètre sert à projeter une règle graduée dont l'image vient se superposer à celle du spectre. Pour cela, l'image doit être située au même endroit que celle de la fente, c'est-à-dire à l'infini. Le micromètre est donc constitué d'une petite lampe, d'une règle transparente et d'une lentille convergente, avec un mécanisme de réglage permettant d'amener la règle dans le plan focal objet de la lentille. Les graduations de la règle serviront à mesurer la position des raies spectrales en unité arbitraire (ce ne sont ni des mm ni des μm).



Le condenseur est optionnel, il sert à faire entrer plus de lumière dans le collimateur en focalisant le faisceau sur la fente. Cela est utile lorsqu'on veut observer des raies peu lumineuses du spectre. Comme on se limitera aujourd'hui aux raies les plus lumineuses, on n'a pas besoin de condenseur.

II. Réglage du goniomètre

1. Réglage de la lunette

Pour régler la lunette à l'infini, le plus simple est de viser un objet lointain (le bâtiment de l'autre côté de la cour) puis de régler la lunette de façon à obtenir une image nette de cet objet.

Orientez les différents éléments du goniomètre de façon à ce que la lunette ait une ligne de visée dégagée vers la fenêtre. Si vous ne voyez que du noir, c'est que vous visez trop bas et observez le mur sous la fenêtre. Si vous ne voyez que du blanc, c'est que vous observez le ciel. Dans ce cas, réglez l'inclinaison la lunette en utilisant la petite vis située sous le corps de la lunette. Attention : l'image donnée par la lunette est renversée donc si vous avez l'impression que l'image « monte », en fait, vous êtes en train d'abaisser la ligne de visée, et vice-versa.

Choisissez un élément sur lequel il est facile de juger de la netteté de l'image (angle du bâtiment, montant de fenêtre, bord du toit... mais pas les arbres car ils sont trop proches de la salle de TP). Réglez la netteté de l'image en utilisant la grosse vis située sur le côté du corps de la lunette (ou la grosse bague sur certains modèles). Si vous portez des lunettes, faites le réglage avec vos lunettes sinon, comme votre binôme et vous avez des corrections différentes, vous ne pourrez pas faire l'expérience tous les deux.

Faites vérifier le réglage par l'enseignant avant de passer à la suite.

Attention : pendant tout le reste du TP, vous ne devez plus changer la mise au point de la lunette. Pour ne pas risquer de la dérégler, ne manipulez pas la lunette en l'attrapant par le corps mais par son support.

2. Réglage du collimateur

La lunette donne maintenant une image nette d'un objet situé à l'infini. On veut que le collimateur produise un objet situé à l'infini. Pour régler le collimateur, il faut donc observer ce qui en sort avec la lunette, et ajuster le réglage du collimateur de façon à observer une image finale nette.

Orientez les différents éléments du goniomètre de façon à ce que la lunette et le collimateur soient alignés sans que le faisceau ne passe à travers le prisme. Ajustez l'inclinaison de la lunette et du collimateur en utilisant les vis situées sous le corps de la lunette et du collimateur de façon à ce que les deux visent dans une direction horizontale.

Orientez la fente du collimateur à la verticale (on peut la faire tourner en attrapant la bague autour de la fente) puis fermez la fente du collimateur presque au maximum au moyen de la petite vis située sur le côté de la fente.

Installez la lampe à vapeur de mercure (lampe blanche) juste devant le collimateur de façon à concentrer la lumière sur la fente. Vérifiez bien la hauteur des différents éléments du montage ainsi que leur alignement en observant le montage par le dessus.

Observez l'image de la fente formée par la lunette. Si elle est trop lumineuse, refermez la fente ; vous pouvez aussi intercaler une feuille de papier devant la fente. Faites la mise au point de façon à voir net les bords de la fente en utilisant la grosse vis de réglage située sur le côté du collimateur (ou la grosse bague sur certains modèles), mais **ne touchez pas au réglage de la lunette**. Attention : l'extrémité du collimateur recule lorsqu'on tourne la vis/bague de réglage, pensez donc à reculer la lampe.

Faites vérifier le réglage par l'enseignant avant de passer à la suite.

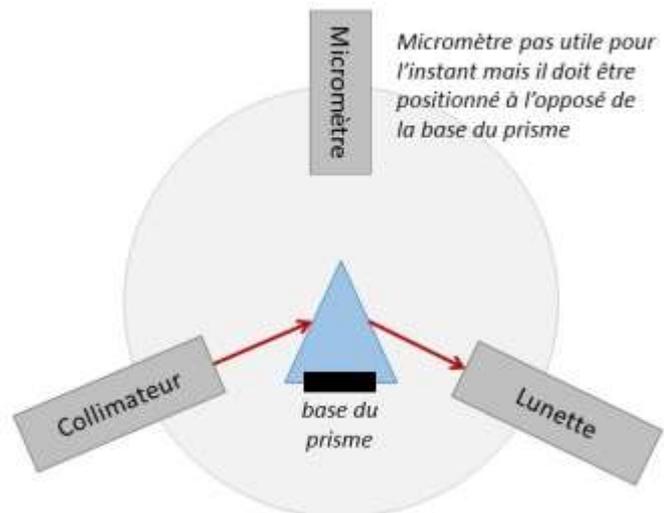
Lorsqu'on ouvre/ferme la fente, on voit qu'un seul des deux bords se déplace. Repérez et notez quel est le bord de la fente qui apparaît fixe.

Attention : pendant tout le reste du TP, vous ne devez plus changer la mise au point du collimateur. Comme pour la lunette, manipulez le en l'attrapant par son support.

3. Recherche du minimum de déviation

Orientez les différents éléments du goniomètre de la façon suivante :

Ouvrez la fente du collimateur presque au maximum et recherchez la position du spectre lumineux en utilisant une feuille comme écran. Attention, de la lumière peut passer sur les côtés du collimateur et former un spectre parasite. Le spectre issu de la lumière passée par le collimateur est formé de raies aux bords bien nets, car chacune est l'image de la fente telle qu'observée au 2.



Si vous avez un spectre dont les raies sont floues (et que vous n'avez pas touché à la mise au point de la lunette et du collimateur), faites écran avec une feuille pour bloquer la lumière parasite le temps de localiser le spectre issu de la lumière passée par le collimateur.

Faites tourner légèrement le prisme dans les deux sens pour changer l'angle d'incidence de la lumière : comment le spectre se déplace-t-il ? Comment appelle-t-on la position où se produit le changement ? Positionnez le prisme de façon à être au minimum de déviation, placez la lunette au niveau du spectre, refermez la fente du collimateur et observez le spectre à travers la lunette. Affinez le réglage de la position du prisme de façon à être au minimum de déviation de la raie verte la plus lumineuse (celle située du côté des raies jaunes). Vous pouvez vous aider du réticule, c'est-à-dire la fine croix noire dont l'image se superpose à celle du spectre. Si le réticule n'est pas vertical/horizontal, vous pouvez régler son orientation en tournant le corps de la lunette (sans toucher aux vis de réglage !).

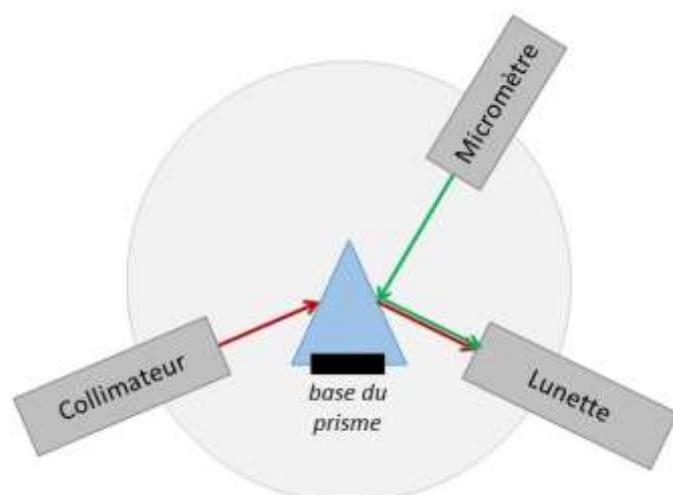
Faites vérifier le réglage par l'enseignant avant de passer à la suite.

Attention : pendant la suite du TP, vous ne devez plus changer l'orientation du prisme et du collimateur afin de rester au minimum de déviation de la raie verte. Vous pouvez serrer les vis situées sous les supports du collimateur et du prisme afin de fixer leur position.

4. Mise en place du micromètre

Allumez la lampe du micromètre. Positionnez le micromètre de façon à ce que le faisceau qui en sort soit réfléchi sur la face de sortie du prisme et entre dans la lunette :

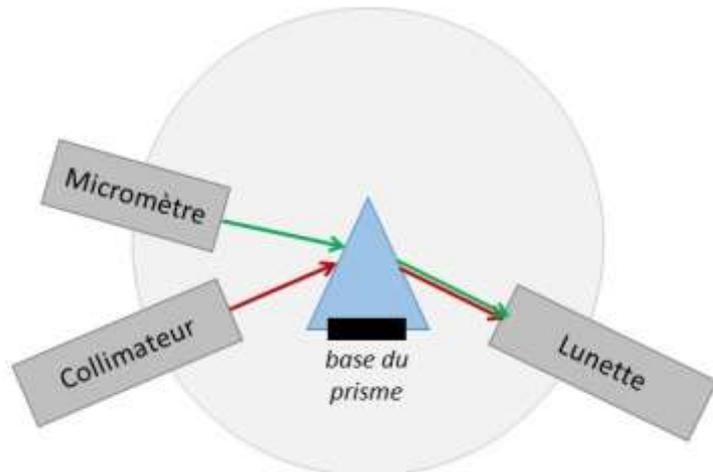
Observez dans la lunette. Retouchez la position du micromètre jusqu'à ce que les graduations apparaissent dans l'image. Si elles sont floues, faites la mise au point en utilisant la petite vis située sur le côté du micromètre.



Si les graduations ne sont pas horizontales, ajustez leur orientation en tournant le corps du micromètre sur lui-même. Si les graduations sont situées trop haut ou trop bas, ajustez l'inclinaison du micromètre

en utilisant la vis située sous le corps du micromètre afin de les aligner avec le fil horizontal du réticule. Si les chiffres sont inversés (petites valeurs sur la droite) tournez le corps du micromètre sur lui-même de 180°.

Si les chiffres sont écrits à l'envers, c'est que votre micromètre est prévu pour fonctionner en transmettant sa lumière à travers le prisme plutôt que la faisant se réfléchir sur la face de sortie. Dans ce cas, positionnez le micromètre de la façon suivante et reprenez le réglage :



Positionnez le micromètre de façon à ce que la graduation $x = 5,0$ u.a. (unité arbitraire) soit alignée avec le bord fixe de la raie verte. Fermez la fente pour affiner la raie et rendre le réglage plus précis.

Faites vérifier le réglage par l'enseignant avant de passer à la suite.

Attention : dans la suite du TP, seule la lunette peut être déplacée et vous ne devrez plus toucher à la position du micromètre (vous pouvez serrer la vis située sous le support du micromètre pour le fixer).

III. Étalonnage du spectroscope

Pour une configuration fixée du collimateur, du prisme et du micromètre, les positions des raies spectrales données par les graduations du micromètre dépendent uniquement de la longueur d'onde de la lumière. Pour établir la correspondance entre longueur d'onde λ (en nm) et position x (en u.a.), on va mesurer la position des raies spectrales d'une lampe dont on connaît le spectre (la lampe à vapeur de mercure). Dans la partie suivante, on utilisera la courbe d'étalonnage obtenue pour mesurer les longueurs d'onde des raies du spectre d'une lampe inconnue.

1. Mesure de la position des raies spectrales de la lampe à vapeur de mercure

Mesurez la position des différentes raies spectrales de la lampe à vapeur de mercure (on se basera sur l'image du bord fixe de la fente) et notez vos résultats dans le tableau n°1. Vous pouvez faire tourner la lunette pour accéder à l'ensemble du spectre, mais sans déplacer les autres éléments du goniomètre.

Toutes les raies n'ont pas la même luminosité et l'œil humain n'est pas sensible de la même façon aux différentes longueurs d'onde. N'hésitez pas à refermer la fente pour affiner les raies les plus lumineuses et inversement, à ouvrir la fente afin de mieux voir les raies les moins lumineuses.

Attention : il existe une raie verte peu lumineuse située entre la raie verte qui sert de référence à $x = 5,0$ u.a. et la raie bleu-vert. Cette raie verte peu intense n'est pas à inclure dans le tableau.

Attention : comme les prismes sur lesquels vous travaillez ne sont pas tous identiques, la position des raies et donc, les valeurs de x mesurées peuvent varier d'un binôme à l'autre.

2. Courbe d'étalonnage

Tracer maintenant la courbe $\lambda = f(x)$ sur le papier millimétré. Attention au choix des échelles : il faut dilater au maximum la courbe dans les deux directions. Vous pouvez pour cela utiliser le papier dans le sens vertical ou horizontal, et vous n'êtes pas obligés de faire commencer les axes à 0 nm et 0 u.a.

Conseils. Placez les points sous forme de +, c'est plus précis que sous forme de x car vous pouvez vous appuyer sur les lignes du papier millimétré. Repassez les points au stylo et tracez la courbe qui les relie au crayon afin de pouvoir faire plusieurs essais.

IV. Caractérisation du spectre d'une source inconnue

Remplacez maintenant la lampe à vapeur de mercure par la lampe inconnue (lumière verte). Ajustez sa position et au besoin, celle du condenseur, de façon à réaliser un éclairage intense et homogène de la fente comme expliqué au II.2.

1. Mesure de la position des raies spectrales

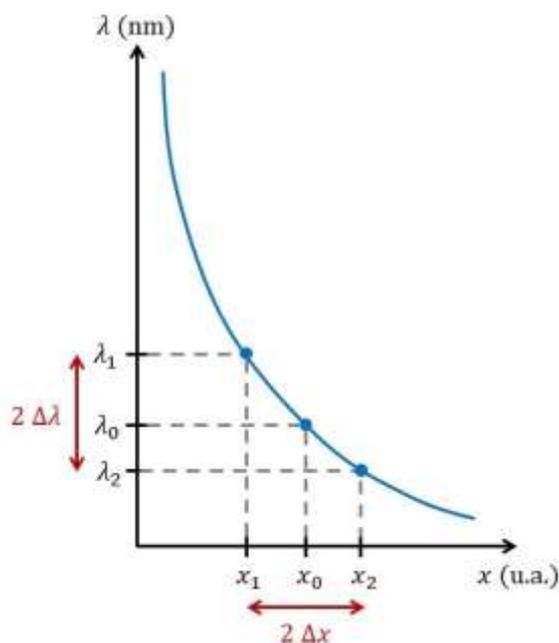
Notez la couleur et mesurez la position x des différentes raies spectrales de la lampe inconnue ; reportez vos résultats dans les deux premières colonnes du tableau n°2.

2. Détermination de la longueur d'onde des raies

Dans une autre couleur, ajoutez les points correspondant aux raies spectrales de la lampe inconnue sur la courbe d'étalonnage du spectroscopie (pensez à ajouter une légende à votre courbe). Lisez sur la courbe la longueur d'onde correspondant à chaque raie spectrale de la lampe inconnue et complétez la troisième colonne du tableau n°2.

3. Incertitude

Lorsqu'on mesure une position x_0 au moyen d'une règle graduée, l'incertitude Δx sur cette position est de plus ou moins une graduation. L'incertitude sur la position de chaque raie spectrale est donc $\Delta x = 0,1$ u.a. Par exemple, la position de la raie verte du mercure est $x_0 + \Delta x = 5,0 \pm 0,1$ u.a.



Sur la courbe d'étalonnage, la position mesurée x_0 correspond à la longueur d'onde λ_0 tandis que la position $x_1 = x - \Delta x$ correspond à une longueur d'onde $\lambda_1 > \lambda_0$ et que la position $x_2 = x + \Delta x$ correspond à une longueur d'onde $\lambda_2 < \lambda_0$.

L'intervalle d'incertitude sur la position $[x_1; x_2]$ correspond donc à un intervalle d'incertitude sur la longueur d'onde $[\lambda_2; \lambda_1]$. La largeur de l'intervalle $[x_1; x_2]$ est le double de l'incertitude puisque $x_2 - x_1 = (x + \Delta x) - (x - \Delta x) = 2 \Delta x$.

De même, l'incertitude sur la longueur d'onde est relié à la largeur de l'intervalle $[\lambda_2; \lambda_1]$ par : $\lambda_1 - \lambda_2 = 2 \Delta \lambda$. On calcule donc l'incertitude sur la longueur d'onde selon :

$$\Delta \lambda = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{2}$$

Déterminez les longueurs d'onde λ_1 et λ_2 et calculez l'incertitude $\Delta \lambda$; reportez vos résultats dans le tableau n°2.

Ici, pour calculer l'incertitude sur la longueur d'onde, on n'a pris en compte que l'incertitude due à la mesure de la position des raies spectrales. À votre avis, quelle est la principale autre source d'incertitude sur la longueur d'onde ? Pour quelle raie cette incertitude est-elle la plus importante ?

4. Identification de la lampe inconnue

Le poster affiché au fond de la salle de TP présente le spectre de différents types de lampes. Comparez à vos résultats et identifiez la lampe inconnue, notez le résultat sur la feuille de réponse.

NOM Prénom 1 :	Groupe de TP :
NOM Prénom 2 :	Note :
NOM Prénom 3 :	

TP 1. Spectroscopie à prisme

Essayez de toujours justifier, même succinctement, vos réponses et détaillez un minimum vos calculs afin que l'enseignant puisse vous aider à identifier vos éventuelles erreurs.

Ce compte-rendu comporte 14 questions et 3 pages, plus la courbe d'étalonnage.

Q1. Pourquoi faut-il éclairer le prisme avec un faisceau de lumière parallèle ?

Q2. À quoi sert le collimateur ? comment fonctionne-t-il ?

Q3. À quoi sert la lunette ? pourquoi faut-il la régler en observant un objet lointain ?

Q4. Pourquoi les différentes longueurs d'onde ne sont-elles pas déviées de la même façon par le prisme ?

Q5. Que se passe-t-il lorsque on fait tourner le prisme pour changer l'angle d'incidence de la lumière ?

Q6. Comment appelle-t-on la position où se produit le changement ?

Q7. Pourquoi faut-il refermer la fente pour affiner les raies au maximum avant de mesurer leur position ?

Q8. Pourquoi se base-t-on sur l'image du bord fixe de la fente pour mesurer la position des raies ?

Q9. Pourquoi ne faut-il pas changer la position du collimateur, du prisme, du micromètre et de la lunette quand on change de lampe spectrale ?

Q10. Donnez vos mesures de la position des raies pour la lampe à mercure puis tracez la courbe d'étalonnage.

Tableau n°1 : spectre de la lampe à vapeur de mercure – étalonnage du spectroscopie

Couleur	Longueur d'onde λ (nm)	Position x (u.a.)
Jaune 1	579	
Jaune 2	577	
Vert	546	5,0
Bleu-vert	492	
Indigo	436	
Violet 1	408	
Violet 2	405	

Q11. Donnez vos mesures de la position des raies pour la lampe inconnue, reportez-les sur la courbe et déduisez-en les longueurs d'onde correspondantes ainsi que les incertitudes associées.

Tableau n°2 : spectre de la lampe inconnue et incertitudes

Couleur	Position x (u.a.)	Longueur d'onde λ_0 (nm)	Longueur d'onde λ_2 (nm)	Longueur d'onde λ_1 (nm)	Incertitude $\Delta\lambda$ (nm)

Q12. Outre l'incertitude due à la mesure de la position des raies spectrales, quelle est la principale autre source d'incertitude sur la longueur d'onde ?

Q13. Pour quelle raie cette incertitude est-elle la plus importante ? pourquoi ?

Q14. Compte tenu du spectre obtenu, de quel type de lampe s'agit-il ?