

Présenté par Lucas Torterotot

**Correcteurs : Anne-Emmanuelle Badel
Marc Vincent**

Commentaires de rapports de jury :

2014, 2015, 2016 : Ce montage ne devrait pas être confondu avec le montage « Spectrométrie optique ». Des expériences quantitatives sur l'absorption sont attendues. En outre, les propriétés d'émission du laser ne sont pas hors sujet.

Jusqu'en 2013, le titre était « Émission et absorption dans le domaine optique. »

2013 : Il est regrettable que les expériences d'absorption restent qualitatives.

2010 : Les remarques des années précédentes s'appliquent toujours. Ce montage est à différencier du montage no 9 : *Spectrométrie optique*. Cela ne dispense pas de l'étalonnage des spectromètres, dont on doit connaître en particulier la résolution.

2009 : « L'émission du corps noir n'est pas stricto sensu une émission spontanée. **Les ordres de grandeur des largeurs de raies et leur origine devraient être connus** des candidats. »

2008 : « **L'utilisation des récents spectromètres à fibre optique interfacés USB nécessite la connaissance de son mode de fonctionnement** et doit s'accompagner d'une analyse critique des résultats, notamment en termes de **résolution et de justesse**. »

Remarques générales

Les expériences proposées ont toutes leur place dans ce plan, mais il manquait à l'exposé une cohérence pédagogique avec un fil conducteur très clairement établi et régulièrement répété. C'est une remarque générale et systématique.

Il est impératif de réaliser des expériences quantitatives mais l'objectif n'est pas nécessairement la détermination d'une constante physique, il peut être important aussi de valider un modèle et de vérifier la cohérence d'une loi physique.

Il reste encore des points à éclaircir, davantage insister sur la problématique de chaque sous-partie associée à une expérience précise, à mieux expliciter au moins une fois un calcul complet d'incertitudes sans se contenter des résultats « tout faits » de Régressi.

Le tableau est bien présenté. Quelques imprécisions de langage « un photon de polarisation, de longueur d'onde... » à éviter absolument.

Une bonne réactivité aux questions.

Commentaires sur les expériences présentées

Emission spontanée

Savoir expliquer plus précisément le positionnement du prisme à vision direct par rapport à la lentille, et la différence avec un réseau, le choix de la focale de la lentille et de son positionnement.

Il faut très clairement évoquer la procédure d'étalonnage du spectroscopie, le choix de la lampe étalon, afin de s'assurer que les longueurs d'onde des radiations à étudier sont bien comprises dans le spectre de la lampe (ce qui n'était pas le cas ici).

La discussion sur les incertitudes données par Régressi n'a pas été très pertinente ; savoir justifier rapidement un calcul d'incertitude « à la main ».

Toujours bien contrôler la validité et les ordres de grandeurs des résultats obtenus ; ici on a vu un écart de 14 odg inadmissible. Il faut absolument essayer de trouver son erreur d'unité. Il est

intéressant et très usuel dans le « monde quantique », d'exprimer le Rydberg en eV, notamment pour l'hydrogène avec la valeur de -13,6 eV du fondamental à connaître.

Emission stimulée

Les précautions sur l'usage du laser sont connues, il faut donc veiller alors à l'éteindre une fois l'expérience terminée. Attention au vocabulaire « achromaticité » au lieu de « monochromaticité ».

Même si le but de ce montage n'est pas de traiter de la résolution du spectro, il ne faut pas oublier cet aspect ni le moyen de l'estimer au moins pour être à même de répondre aux questions.

Absorption

Le lien entre les spectres d'émission et d'absorption (complémentaires l'un de l'autre) ont été bien mentionnés (modèle canonique à deux niveaux et coefficients d'Einstein) et doit être explicité dans le montage, et peut être vérifié expérimentalement. Bien insister là dessus.

L'absorbance n'a pas été définie clairement ; il faut toujours bien veiller à définir très précisément toutes les notions utilisées. La discussion sur la valeur numérique du coefficient d'extinction molaire n'est pas très intéressante ; dans ce cas, il me semble plus judicieux de valider la loi de Beer-Lambert en exponentielle, et de discuter du modèle physique. Dire quelques mots sur l'influence de la cuve et notamment la nature du matériau sur l'absorption ainsi que sur la nécessité *a priori* d'utiliser toujours la même cuve. Ne pas oublier de justifier la longueur d'onde employée voire – si le temps de préparation l'a permis... - présenter le spectre correspondant à la substance étudiée.

Bien faire la différence entre les spectres atomiques et les spectres moléculaires.

Fluorescence.

La visualisation des raies UV du mercure a été intéressante ; bien faire le lien entre fluorescence et loi de décalage de Stokes : $\lambda_{\text{émission}} > \lambda_{\text{absorption}}$.

Quelques idées de manipulations qui pourraient être rajoutées dans ce montage :

- La détermination d'une largeur de raie d'une lampe spectrale avec un filtre interférentiel et un interféromètre de Michelson.
- La présentation des modes d'un laser à l'aide de la cavité focale Melle Griot.
- Expérience sur le rayonnement du corps noir et la loi de Stefan (délicate à mener). Le rayonnement du corps noir est à la base de la découverte des interactions entre matière et rayonnement (Planck, Einstein), lesquels ont permis de mieux comprendre et explorer la matière. Pour un solide, les niveaux se resserrent tellement qu'ils ne sont plus quantifiés. Un corps chauffé provoque une agitation thermique et émet un rayonnement dit du corps noir dont le spectre dépend de la température (une fois l'équilibre thermique entre matière et rayonnement établi).
- Effet photoélectriques et loi de Millikan.

Quelques points importants ;

La spectroscopie permet d'analyser la luminance spectrale $L(\lambda)$ d'une source lumineuse (spectroscopie d'émission) ou le facteur d'absorption spectral $a(\lambda)$ d'une substance traversée par de la lumière (spectroscopie d'absorption).

C'est un moyen d'investigation et d'analyse très utilisé, dans des domaines variés : physique

des gaz, de la matière condensée, chimie, biologie, etc...

Les spectroscopes sont des appareils dispersifs permettant d'effectuer l'analyse de la répartition spectrale du rayonnement lumineux.

On distingue généralement les spectroscopes à fentes (à prisme ou à réseau) et les spectroscopes interférentiels (interféromètres de Michelson ou de Fabry-Pérot).

La matière peut échanger de l'énergie par rayonnement, ce qui peut être la base de la fabrication d'une source lumineuse. Nous pouvons voir que suivant la nature de la matière interagissant (gaz, liquide, solide), les échanges peuvent être quantifiés ou non.

Pour projeter des spectres utiliser des lentilles achromatiques...

Quelques Questions pour approfondir :

1) Elargissements des raies ? causes, ordre de grandeur ?

En pratique, les raies n'ont pas une fréquence parfaitement déterminée mais s'étalent sur une bande de fréquence. Les raisons de cet élargissement sont multiples :

- élargissement naturel : le principe d'incertitude relie la durée de vie ΔT d'un état excité et la précision de son niveau énergétique ΔE , ainsi le même niveau excité aura des énergies légèrement différentes dans différents atomes. Cet effet est assez faible (typiquement quelques MHz). Environ 100 MHz pour les fréquences optiques.
- élargissement Doppler : l'effet Doppler provoque un décalage vers le rouge ou vers le bleu du rayonnement selon que la source s'éloigne ou se rapproche de l'observateur. Dans un gaz, toutes les particules sont en mouvement dans toutes les directions, ce qui provoque un élargissement des raies spectrales. Comme la vitesse des particules dépend de leur température : plus la température du gaz est élevée, plus les différences de vitesse sont grandes, et plus les raies sont larges. Cet effet est typiquement 100 fois plus intense que l'élargissement naturel (parfois environ 1 GHz).
- élargissement collisionnel : la collision entre particules (atomes ou molécules) modifie légèrement leurs niveaux énergétiques, d'où l'élargissement des raies. La grandeur de cet effet dépend de la densité du gaz.

2) Fonctionnement des sources ? QI, laser, tube fluo, lampe spectrale.

3) Quels sont les paramètres qui limitent la résolution du spectromètre ?

4) Pourquoi le spectromètre moyenne sur plusieurs acquisitions ?

5) Mécanisme de la fluorescence, de la phosphorescence ?

Différences entre fluorescence et phosphorescence Une molécule fluorescente (fluorophore ou fluorochrome) possède la propriété d'absorber de l'énergie lumineuse (lumière d'excitation) et de la restituer rapidement sous forme de lumière fluorescente (lumière d'émission). Une fois l'énergie du photon absorbée, la molécule se trouve alors généralement dans un état électroniquement excité, souvent un état singulet, que l'on note S_0^* . Le retour à l'état fondamental peut alors se faire de différentes manières : soit par **fluorescence**, soit par **phosphorescence**. La **fluorescence** est caractérisée par l'émission d'un photon de manière très rapide. Cette rapidité s'explique par le fait que l'émission respecte une des règles de sélection de l'émission de photons de la mécanique quantique qui est $\Delta S=0$, ce qui signifie que la molécule reste dans un état singulet.

La **phosphorescence** quant à elle est caractérisée par une transition d'un état $S=0$ vers un état $S=1$ (état triplet), qui n'est pas permise par le modèle quantique, mais qui est rendue possible par le couplage spin-orbite. Cependant, la transition est plus lente à s'effectuer. Suit alors une émission de photon pour retourner à l'état fondamental.

Généralités [[modifier](#)]

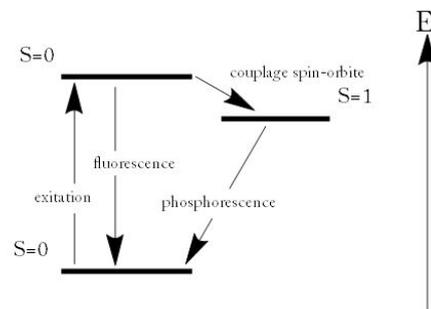
La lumière ré-émise par la molécule excitée lors de la fluorescence peut être de même longueur d'onde (fluorescence de résonance) ou de longueur d'onde plus grande ou plus petite. Dans les milieux liquides en particulier, le fait que la longueur d'onde d'émission après excitation soit plus grande provient du fait que la molécule retourne à l'état fondamental à partir du niveau de vibration le plus bas de l'état excité (règle de Kasha). Cette différence est appelée déplacement de Stokes.

Ce déplacement du spectre d'émission vers des longueurs d'onde plus élevées, décrit par le déplacement de Stokes, facilite grandement la séparation et la détection de la lumière de fluorescence, signal spécifique délivré par le fluorophore.

Il existe un grand choix de fluorochromes, chacun pouvant être caractérisé par ses spectres d'excitation et d'émission.

Le principe de fluorescence est utilisé, entre autres, dans les microscopes confocaux à balayage laser et les microscopes à fluorescence.

Le phénomène de fluorescence ne se limite pas à l'émission dans le spectre visible, mais concerne toute la gamme du spectre électromagnétique, notamment l'émission de rayons X (fluorescence X).



- 6) Expliquer la différence entre l'émission spontanée et stimulée ?
- 7) Que sont les transitions non radiatives ?
- 8) Quelles sont les différences entre la diffusion et l'absorption ?
- 9) S'attendre à des questions sur le fonctionnement électrique du tube « néon ». A étudier.

Bibliographie:

- [1] M. Henry, R. Jouanisson, « **La lumière du laser : guide d'expériences.** », Masson
- [2] Sextant, « Optique expérimentale », Hermann
- [3] R. Duffait, « **Expériences d'optique ; agrégation de sciences physiques** », Bréal 2^{ème} édition
- [4] R. Duffait, « **Expériences de physique ; capes de sciences physiques** », Bréal, 3^{ème} édition
- [5] Bottineau , « **Expériences d'optique** »,
- [6] Berty, Escaut, Marchand, Martin, Oustry, « Physique pratique, tome3, optique », Vuibert université
- [7] J. Ph. Perez, « Optique géométrique, matricielle et ondulatoire », Masson
- [8] J.P. Lièvre, « **Lumière, son, optique, télécommunication** », CRDP Lyon 1995
- [9] F. Mariot, « **Travaux pratiques d'optique : BTS** » ; une véritable bible.
- [10] R. Jouanisson et M. Henry, dossiers AASTA
- [11] G. Charrier, « Manuel d'optique », Hermes
- [12] Françon, Krauzman, Mathieu et May, « Expériences d'optique physique »
- [13] Goodman, « Introduction to Fourier optic »
- [14] E. Guenther, « Modern Optics », editions John Wiley and Sons
- [15] Diu, « Physique statistique », Hermann
- [16] Dunhall, « **Experimental Physics** »
- [17] BUP n°684, « Illustration de différentes formes de luminescence. »
n° 756, « Données sur l'émission de la lumière et des lampes. »
n°701, « Construction d'un radiomètre simplifié. »