Compte rendu LP 37 – Absorption et émission de la lumière.

Présentation : Mohamed BENSMILI

Correction : V. RABAN¹ / K. HELAL²

I Extraits de rapport du jury

2017 : cette leçon ne peut se résumer à une présentation des relations d'Einstein.

2015 : Cette leçon peut être traitée de façons très variées, mais il est bon que les candidats aient réfléchi aux propriétés des diverses formes de rayonnements émis, aux dispositifs exploitant ces propriétés et au cadre théorique permettant de les comprendre.

2014 : Trop souvent, il y a confusion entre les processus élémentaires pour un atome et un ensemble d'atomes. De même, les candidats doivent préciser au cours de la leçon le caractère monochromatique ou non du champ de rayonnement considéré et plus généralement les caractéristiques du rayonnement stimulé.

II Commentaires généraux

La leçon comportait une première partie qui, partant d'une approche historique, présentait l'apport fondamental des coefficients d'Einstein d'absorption et d'émission et leur contribution à la compréhension du rayonnement d'équilibre thermique.

La leçon présentait ensuite deux applications : le laser et la fluorescence.

Appréciation B : Certaines parties ont été bien traitées mais l'exposé et l'entretien ont montré des lacunes sur certaines notions. Nous avons apprécié le dynamisme, la lucidité et l'esprit positif de Mohamed.

Plus en détail :

- * Le niveau L3 annoncé est raisonnable et les prérequis sont bien identifiés.
- * Le plan de la leçon répond bien aux attendus du jury à condition d'adapter le temps consacré à chaque partie. Ainsi le I.1 (7 minutes) consacré à l'historique de l'établissement de la loi de Planck n'a pas sa place ici et son expression faisait d'ailleurs partie des prérequis de la leçon. De même le II.2 sur les applications biologiques n'est pas indispensable. Cela permet de dégager le temps nécessaire pour compléter les parties II et III et les rendre cohérentes.
- * Il est indispensable dans cette leçon d'aborder les aspects énergétiques et donc de faire des bilans d'énergie (même si cela sera détaillé ensuite dans la leçon consacrée à la conversion électromécanique).
- * Le choix de l'expérience qualitative sur la fluorescence de la Rhodamine est judicieux mais doit être mieux préparée pour illustrer les caractéristiques de la fluorescence.
- * Éviter de présenter le cours face au tableau (donc dos au jury) et éviter de tenir des notes en main.
- * Il faut s'attendre à des questions du jury sur les sources lumineuses incandescentes.

1. valentin.raban@ens-lyon.fr

2. karim.helal@free.fr

III Commentaires détaillés sur la leçon présentée

Introduction

La distinction entre ces deux types de sources est pertinente mais le vocabulaire "lumière chaude" et "lumière froide" n'est pas très pertinent.

III.1 Interaction entre lumière et matière

III.1.a Quantification

Ce paragraphe n'a pas sa place dans cette leçon (voir remarques générales).

III.1.b Processus d'interaction entre la lumière et la matière

La définition des coefficients d'Einstein a été bien présentée. Préciser leur dimension. Donner des ordres de grandeur de "durée de vie" d'un état excité.

Commenter leur expression et d'expliquer pourquoi il est naturel de choisir les coefficients d'absorption et d'émission stimulée proportionnels à la densité spectrale du champ (faire également le lien entre densité spectrale et flux spectral).

Les caractéristiques différentes de l'émission spontanée et simulée ont été discutées.

III.1.c Lien entre les coefficients d'Einstein

Partie bien présentée.

Bien indiquer que ces coefficients sont des caractéristiques "universelles" d'un atome : on établit ces relations dans le cas d'équilibre thermique mais elles sont valables dans toute situation y compris hors d'équilibre.

III.2 Une première application : le LASER

Dans cette partie – à juste titre – il a beaucoup été question d'inversion de population mais sa nécessité n'a pas été expliquée. Il est donc judicieux d'établir que le gain linéique à une fréquence ν s'exprime

$$\gamma(\nu) = (N_2 - N_1) \frac{B h \nu}{c \Delta \nu}$$

(B coeff. d'Einstein pour émission stimulée et absorption, $\Delta \nu$ largeur spectrale du rayonnement considéré)

Il n'y a donc amplification que s'il y a inversion de population.

Le bilan d'énergie pour le rayonnement permettant d'aboutir à cette expression a d'ailleurs toute sa place dans la première partie « Interaction entre lumière et matière ».

III.2.a Principe de fonctionnement

L'impossibilité d'une inversion de population avec un système à 2 niveaux a bien été expliquée.

Le choix de présenter le cas d'un système à 3 niveaux sur transparents est judicieux et évite d'alourdir la présentation pour se concentrer sur la discussion des résultats.

La possibilité d'une inversion de population grâce au pompage a bien été présentée.

L'expression obtenue pour $\Delta N = N_2 - N_1$ peut toutefois être plus discutée et permet par exemple d'illustrer le phénomène de saturation.

Le rôle de la cavité Fabry-Pérot a été abordé mais trop succinctement. Il est conseillé de faire l'analogie entre le laser et un oscillateur électronique, la cavité laser jouant le rôle de filtre sélectif résonant.

Rem : des illustrations expérimentales sont possibles avec le laser He-Ne de démonstration.

Il faut bien sûr s'attendre à des questions du jury sur les différents types de laser, le mécanisme de pompage dans un laser He-Ne, ...

III.2.b Traitement ophthalmique et effet photoablatif

Ces applications biomédicales sont bien sûr intéressantes mais n'appellent aucun développement dans une leçon d'agrégation.

III.3 Fluorescence

III.3.a Principe physique

La présentation du mécanisme de fluorescence a bien été conduite.

L'illustration par une expérience avec la Rhodamine est judicieux mais celle ci doit être mieux préparée : projection de qualité et cuve à section carrée pour éviter les réflexions parasites. Rajouter un filtre interférentiel de bande passante bien choisie + spectromètre pour visualiser la différence de fréquence entre rayonnement absorbé et rayonnement émis.

III.3.b Microscopie PALM

paragraphe non traité

Conclusion

Celle-ci doit être plus et mieux préparée.