

LP38 : Aspects corpusculaires du rayonnement. Notion de photon.

Présentée le 9/12/2016 par Clément Gouiller

Correction : Jacques Marteau
Antonin Louvet

Remarques dans la chronologie de la présentation

I : De la quantification à la notion de photon

La première partie de cette leçon était consacrée à l'introduction du concept de photon d'un point de vue historique en s'appuyant sur les contributions de Planck sur le rayonnement du corps noir et d'Einstein sur l'effet photoélectrique. Dans cette logique, nous pensons que, lors de la description de la contribution de Planck, il faut faire précéder les observations expérimentales aux différentes prédictions théorique et proposer une visualisation graphique de l'accord des différentes prédictions par rapport aux observations. Par ailleurs, l'entretien qui a suivi la présentation a permis de soulever quelques incompréhensions dans cette partie. Nous rappelons par exemple que l'énergie dans une cavité modélisant un corps noir n'est pas associée au comportement des parois mais au volume ainsi délimité (de manière classique, l'énergie est associée au champ électromagnétique dans la cavité). Enfin, une alternative possible permettant d'introduire le concept du photon serait de présenter les résultats d'une expérience d'interférence de type fentes d'Young à photons uniques en « passant le film à l'envers », partant d'une figure d'interférence connue pour voir apparaître le comportement corpusculaire de la lumière.

II : Caractéristiques du photon

2.1 et 2.2

La seconde partie de cette leçon avait pour but de « déterminer » les caractéristiques du photons. La masse et la quantité de mouvement ont été obtenues à l'aide de relations relativistes. Il semble important, si l'on veut faire ce choix, de placer dans les prérequis de cette leçon la relativité restreinte. En effet, le choix retenu qui a consisté à demander d'admettre ces relations relativistes pour déterminer les caractéristiques du photon ne nous paraît pas pertinent. Par ailleurs, il serait peut être préférable de mentionner que cette partie à pour but de déterminer les caractéristiques du photon afin que la description par le photon permette non seulement de rendre compte de l'effet photoélectrique et du rayonnement du corps noir (et autres observations plus récentes), mais aussi de retrouver les prédictions obtenues par l'électromagnétisme dans les situations à grand nombre de photons. On privilégierait alors une obtention de la quantité de mouvement en faisant le lien avec celle d'une onde électromagnétique.

2.3

Enfin, une détermination du moment cinétique du photon a été tenté en lien avec le modèle classique de l'électron élastiquement lié et soumis à une onde électromagnétique. Le

calcul complet est long, ce qui a poussé Clément à aller vite et plusieurs erreurs ont été commises. À l'issue de 15 minutes d'efforts et en « bidouillant » le résultat final, aucun commentaire n'a été proposé sur la valeur permise pour le moment cinétique du photon. Si ce calcul doit être conservé, il devra être repensé. Par exemple en donnant la relation entre le vecteur position complexe, fonction du champ électrique extérieur puisque relevant d'un modèle déjà étudié par ailleurs. Le temps gagné permettrait alors de terminer plus sereinement le calcul et de discuter du résultat obtenu.

III : Application au refroidissement d'atomes

Dans cette partie, une explication du principe du refroidissement d'atome par LASER a été proposée ainsi qu'une justification de l'utilité d'un tel refroidissement. À plusieurs reprises, des calculs d'ordres de grandeurs ont accompagnés le raisonnement, ce qui a été beaucoup apprécié. Il est malgré tout regrettable d'avoir fait le choix de ne pas parler du mécanisme de refroidissement à l'aide de l'effet Doppler. En effet, on ne peut pas alors comprendre l'efficacité du refroidissement lorsqu'on superpose plusieurs faisceaux LASER de sens de propagation opposés.

Pour en savoir plus sur le refroidissement Doppler, d'autres mécanismes de refroidissement et le piégeage magnéto-optique nous vous conseillons la lecture de l'article de La Recherche 261 de janvier 1994.

Quelques questions posées lors de l'entretien

- Qu'est-ce qu'un corps noir ?
- Qu'est-ce que la densité spectrale d'énergie ? Quelle est son unité ?
- Lors de l'expérience illustrant l'effet photoélectrique, est-ce que la fréquence seuil est modifiée si on charge positivement ou négativement la plaque avant de l'éclairer ?
- Connaissez-vous des applications pratiques à l'effet photoélectrique ?

Questions non posées lors de l'entretien

- Jusqu'à quelle température peut-on refroidir un atome à l'aide du dispositif à 6 LASER décrit ? Comment aller au delà ? Cette technique permet-elle de piéger les atomes ?