

Le photon, onde ou particule ?

Chap. 18,05

Conférence d'Alain Aspect : https://youtu.be/_kGqkxQo-Tw

1) Modèle de la lumière dans l'antiquité ?

- ▶ La lumière est constituée d'un ensemble de particules de différentes couleurs. Par contre, les physiciens envisagent deux modèles différents : dans le premier les particules se déplacent de l'objet vers l'œil, dans le second le sens est opposé.

2) À quel niveau se situent les progrès dans l'étude du comportement de la lumière, au Moyen-Âge ?

- ▶ L'étude théorique ne progresse pas (pas de nouveau modèle). Les progrès se situent essentiellement dans l'expérimentation : les lentilles et les instruments d'optique sont inventés.

3) Modèle de la lumière pour Huyghens ? Est-ce le modèle qui s'est imposé ? Pourquoi ?

- ▶ Huyghens est partisan du modèle ondulatoire de la lumière. Pour lui la lumière se comporte comme une onde. Il met au point une théorie ondulatoire de la lumière. Malheureusement son modèle se heurte à celui de Newton, partisan d'un modèle corpusculaire de la lumière (Newton a étudié la lumière aussi bien d'un point de vue théorique qu'expérimental) ; la renommée de Newton étant plus grande que celle de Huyghens — Newton est un génie qui a fait progresser d'autres pans de la physique — la théorie de Huyghens est délaissée au profit de celle de Newton.

4) Quel est l'apport d'Augustin Fresnel en optique ?

- ▶ Fresnel a développé un modèle quasi complet de la lumière. Selon ce modèle, toujours d'actualité aujourd'hui, la lumière est une onde.

5) Quel modèle de la lumière s'est définitivement imposé après les travaux de Fresnel et Maxwell ?

- ▶ À l'issue des travaux de Fresnel et Maxwell le modèle qui s'impose est le modèle ondulatoire. La lumière se propage comme une onde. Ce n'est pas une onde mécanique une onde électromagnétique car ce n'est pas la déformation du milieu qui se propage de proche en proche sans transport de matière mais des champs électrique et magnétique.

6) Quel est l'apport d'Einstein en 1905 ? Sur la description de quelle expérience Einstein s'appuie-t-il pour introduire sa théorie ?

- ▶ Einstein réintroduit le modèle particulaire de la lumière pour décrire l'effet photoélectrique.

7) Le modèle d'Einstein rend-il caduque le modèle ondulatoire de Fresnel ?

► Non, certains phénomènes ne peuvent être interprétés que par le modèle ondulatoire de la lumière.

8) Comment Einstein complète-t-il son modèle en 1909 ?

► À l'issue d'un raisonnement, Einstein obtient une formule qui fait intervenir l'aspect ondulatoire et l'aspect corpusculaire. La lumière est à la fois une onde et une particule.

9) Quel est l'apport de Louis de Broglie à la physique ?

► Louis de Broglie introduit l'idée réciproque à celle d'Einstein : les objets microscopiques se comportent aussi comme des particules.

10) La technologie moderne existerait-elle sans la physique quantique ?

► Non, dès l'instant où l'on manipule des objets microscopiques on est obligé d'appliquer cette théorie (qui est la plus vérifiée expérimentalement parmi toutes les théories).

11) Quelle question ont commencé à se poser les physiciens dans les années 1970, en physique quantique ?

► La physique quantique s'applique-t-elle uniquement aux grands ensembles de particules microscopiques ou aussi aux systèmes dans lesquels les particules microscopiques sont beaucoup moins nombreuses ?

12) En quoi consistait l'expérience d'Alain Aspect ?

► Il est parvenu à réaliser des interférences (phénomène uniquement explicable en utilisant le modèle ondulatoire de la lumière jusqu'à là) avec des photons uniques.

Remarque. Le nom d'Alain Aspect circule régulièrement lors de l'attribution des prix Nobel. Il devrait l'obtenir un jour.

13) Comment procéder pour émettre un photon unique ?

► Un atome situé dans un état excité finit toujours par se désexciter. Il émet alors un photon dont l'énergie est égale à la différence d'énergie entre les niveaux au sein de l'atome :

$$E_r = |\Delta E| = |E_f - E_i|$$

Remarque. La différence d'énergie fixe aussi la fréquence de l'onde associée au photon puisque

$$E_r = h\nu$$

14) Au final que prouve l'expérience des interférences par photon unique.

► Cette expérience prouve que les deux théories (ondulatoire et corpusculaire) ne s'opposent pas.