

L'expérience de Hertz démontrant l'effet photo-électrique

Le projet consiste en la reproduction, adaptée, de l'expérience de Hertz qui a permis à Albert Einstein de proposer la notion de quanta de lumière ou photon.

En bref, Hertz a relié une plaque de zinc à un électromètre qu'il a chargé en le mettant en contact avec une tige isolante (ébonite) préalablement frottée sur de la laine, puis il a éclairé la plaque avec la lumière d'une source lumineuse intense (arc électrique). Il a constaté que l'électromètre se déchargeait. Premier constat : la lumière est capable d'arracher des charges au zinc. En interposant une plaque de verre entre la source lumineuse et la feuille de zinc, la décharge ne se produisait plus, même avec une intensité accrue du flux lumineux. Le verre bloquant le rayonnement ultra-violet, on en a déduit que c'est cette composante de la lumière qui était à l'origine de la décharge. Deuxième constat : suivant la couleur de la lumière il peut y avoir ou non décharge ; il y a donc un effet de seuil lié à la longueur d'onde. Ces deux constats ont conduit Albert Einstein à proposer que la lumière se présente comme un courant de grains individuels, appelés photons, porteurs chacun d'une énergie précise dépendant de la couleur. Cette énergie est inversement proportionnelle à la longueur d'onde. Si cette énergie est supérieure à une valeur précise, propre à chaque matériau, alors le grain de lumière peut arracher la charge préalablement liée au matériau. C'est ce qui explique l'effet de seuil.

Ici, nous proposons d'utiliser à la place du zinc un matériau dont les charges peuvent être arrachées par un rayonnement du domaine visible. Un tel matériau est en particulier utilisé dans un dispositif ultra-sensible de détection de la lumière qu'on appelle un photo-multiplicateur. Dans ce dispositif, constitué d'une cellule en verre sous vide, une pastille de ce matériau (nommée photo-cathode) peut être éclairée à travers une fenêtre transparente et les charges arrachées peuvent être recueillies sur des plaques métalliques (appelées dynodes) reliées électriquement à des contacts extérieurs à la cellule.

En reliant un ou plusieurs de ces contacts à un électromètre et en éclairant la photo-cathode on peut chercher à observer le phénomène décrit par Hertz et en particulier l'effet joué par la couleur de la lumière utilisée.

Les organisateurs du concours se proposent de fournir un photo-multiplicateur aux équipes désireuses de participer. Les caractéristiques du photo-multiplicateur seront fournies. À ces équipes de fabriquer un électromètre simple en s'inspirant de réalisations qu'on peut trouver sur internet et de mener à bien l'expérience. Toute liberté est donnée pour ce qui est des sources de lumière colorées, des modalités de création des charges sur l'électromètre, des mesures effectuées, d'exposition des résultats (courtes vidéos, documents), etc. Les élèves devront s'attacher à démontrer le caractère quantique de l'effet photo-électrique. Les critères de jugement seront la qualité du montage expérimental, la pertinence des résultats obtenus, le degré de compréhension du phénomène étudié, la rigueur du raisonnement.

Nota : ici aucune haute tension n'est à appliquer au photo-multiplicateur, contrairement à la mise en oeuvre en détecteur de photons qui correspond à l'utilisation classique de ce composant.