

Illustration de différentes formes de luminescence

par Régis DAVID,

Université Pierre et Marie Curie (Paris VI).

On appelle luminescence toute émission d'ondes électromagnétiques (en particulier de lumière visible) d'origine non thermique : ceci distingue la luminescence de l'incandescence.

Il existe de nombreuses formes de luminescence ; nous allons rappeler les principales ; ensuite, nous décrirons quelques expériences.

La *bioluminescence* est l'émission de lumière par certains êtres vivants (animaux ou végétaux). L'exemple le plus connu est celui des Lampyridés (sous-ensemble des Coléoptères) comme les Lampyres ou vers luisants (seules, les femelles sont luminescentes) et les Lucioles (les deux sexes sont luminescents). La bioluminescence est une chimiluminescence stimulée par une enzyme : la luciférase. Les insectes ont la possibilité d'inhiber leur luminescence en cas de danger supposé (bruit par exemple).

La *radioluminescence* est l'émission de lumière sous l'action des rayons γ ou X. On la produit lorsqu'on introduit dans certains mélanges luminescents des éléments radioactifs, les γ étant émis en permanence, on a une luminescence permanente (cadres lumineux). Lorsqu'il n'y a pas de produit radioactif, la luminescence ne dure que pendant l'irradiation. C'est ce qui est réalisé avec les écrans de radioscopie (le « phosphore » peut être du CdS dopé à l'argent, du platinocyanure de baryum, etc.).

La *cathodoluminescence* est l'émission de lumière par un « phosphore » soumis à l'action d'un faisceau cathodique. Ce phénomène se produit sur les écrans de radar, d'oscillo-cathodiques ou des postes de télévision.

La *photoluminescence* est la réémission de lumière dont la longueur d'onde du maximum spectral est toujours supérieure à celle du maximum de la lumière d'irradiation (loi de Stokes). Ce phénomène se produit dans les tubes fluorescents où un « phosphore », collé sur la paroi du verre, est irradié par les U.V. produits par la décharge électrique à travers le gaz du tube.

La *phosphorescence* est la réémission de lumière (qui peut durer très longtemps, mais décroît toujours au cours du temps) par un « phosphore » après cessation de l'irradiation.

La fluorescence et la phosphorescence ne procèdent pas du même mécanisme. Sans entrer dans les détails, disons que la fluorescence se fait par transitions directes entre niveaux éner-

gétiques tandis que la phosphorescence implique un vidage de « pièges » intermédiaires. Il en résulte que la fluorescence est quasi instantanée et indépendante de la température tandis que l'intensité de la phosphorescence dépend beaucoup du temps et de la température. Les « pièges » peuvent être vidés thermiquement ; c'est ce qui a lieu en thermoluminescence, par irradiation infrarouge ou bien par application brève d'un champ électrique (effet GUDDEN et POHL).

La *thermoluminescence* est une émission de lumière qui provient du vidage de « pièges » de plus en plus profonds au fur et à mesure du réchauffement. La cinétique de l'émission lumineuse permet ainsi de déterminer la profondeur énergétique des « pièges » au moyen de la formule de RANDALL et WILKIN.

La *triboluminescence* est l'émission de lumière par un « phosphore » lorsqu'il est soumis à une déformation mécanique. L'émission ne dure que tant que dure la déformation.

L'*électroluminescence* est l'émission de lumière donnée par quelques corps [tels le ZnS, qui possède des impuretés dans son réseau cristallin (centres luminogènes)] sous l'action d'un champ électrique variable et très intense. Ceci constitue l'*électroluminescence intrinsèque* ou effet DESTRIAU qu'il ne faut pas confondre avec l'*électroluminescence par injection* ou effet LOSSEV qui se produit à la jonction de deux semi-conducteurs de types différents.

Signalons que tout corps électroluminescent est photoluminescent alors que la réciproque n'est pas vraie.

Il y a compétition entre photoluminescence et électroluminescence mais l'émission totale n'est jamais la somme des émissions prises séparément : dans certains cas [ZnS(Cu)] le bilan est plus petit : c'est l'*électroextinction* et dans d'autres, beaucoup plus rares [ZnS(Mn)], le bilan est plus grand : c'est l'*électrorenforcement*.

I. PREPARATION D'UN SULFURE DE ZINC ELECTROLUMINESCENT.

Prendre du ZnS en poudre et l'humecter avec une solution très étendue de CuCl_2 ou de MnCl_2 . Laisser sécher à l'étuve. Lorsque la poudre est sèche (et donc recouverte en surface par des traces de CuCl_2 ou de MnCl_2), la placer dans un creuset en terre réfractaire ou en silice fondue et la porter dans un four, à 1100°C environ, pendant une heure ; laisser refroidir *lentement* au four.

Cette opération a pour but de faire pénétrer les ions Cl^- , Cu^{2+} ou Mn^{2+} à l'intérieur du ZnS qui est cristallisé.

On peut constater — si l'opération est bien conduite — que la poudre cristallisée est un peu lumineuse lorsqu'on l'éclaire à l'aide d'une lampe U.V. (photoluminescence).

La luminescence est bleue-verte si on a utilisé CuCl_2 et orangée si on a utilisé MnCl_2 .

N.B. — Il faut faire très attention pendant la « cuisson » dans le four qu'il n'y ait pas de trace de fer (la rouille est quelquefois présente), car le fer « tue » la luminescence. Le sulfure électroluminescent ainsi préparé se conserve ; on peut donc faire, en une seule fois, une préparation pour assurer des expériences pendant une dizaine d'années.

II. UTILISATION DU PRODUIT.

La poudre, ainsi préparée, permet de réaliser un certain nombre d'expériences avec du matériel de lycée.

a) THERMOLUMINESCENCE.

On utilisera le ZnS dopé au cuivre [on notera ZnS (Cu)]. On étale cette poudre, entre deux rubans de papier scotch transparents, sur une longueur d'une dizaine de centimètres. Le ruban double, ainsi préparé — et tenu à l'extrémité d'une pince en bois — est immergé dans de l'azote liquide, contenu dans un vase Dewar, et éclairé (immergé) par une lampe U.V.

On éteint la lampe pour être dans l'obscurité. En sortant à l'air le ruban, on constate une émission de lumière bleue, puis verte pendant plusieurs secondes, très souvent suivie par une émission, très fugitive, de lumière rouge au fur et à mesure du réchauffement du système.

L'expérience peut être répétée plusieurs fois de suite (en rééclairant à l'U.V. à chaque cycle).

On peut aussi constater que tant que le ruban n'est pas sorti de l'azote liquide, la lumière reste « emmagasinée » (on peut attendre une dizaine de minutes).

b) TRIBOLUMINESCENCE.

On utilisera le ZnS dopé au manganèse [on notera ZnS (Mn)]. Mettre un peu de poudre ZnS (Mn) sur une lame porte-objet de microscope et la recouvrir d'un ruban de scotch transparent qui se colle en partie sur le verre et maintient la poudre.

En appuyant sur le scotch avec l'ongle, on voit apparaître une intense lumière jaune orange, visible même dans une demi-obscurité. L'émission de lumière dure autant que durent les variations de pression.

Il est possible d'obtenir une émission continue lorsqu'on dispose d'un matériel plus élaboré, telle une céramique piézo-électrique, qui entretient en permanence des variations de pression.

Cette expérience peut être utilisée sous d'autres formes :

α) Dans un flacon de verre, placer de la poudre de ZnS (Mn) avec des billes de verre. Lorsqu'on agite violemment le flacon à l'obscurité, il apparaît des éclairs de couleur jaune.

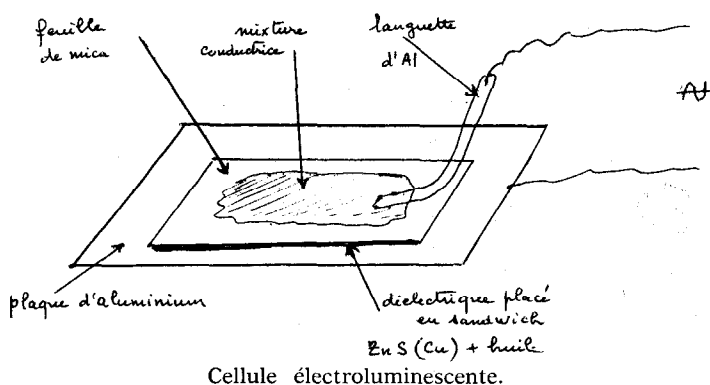
β) De la poudre de ZnS (Mn) est placée entre un ruban de scotch et une lame porte-objet de microscope ; on écrit à l'aide d'un crayon-bille sur le scotch lorsque la lame porte-objet

est posée sur une plaque photo. L'émission de lumière impressionne la plaque; on peut ainsi numéroté, de cette façon, des plaques photo avant leur développement.

c) ELECTROLUMINESCENCE.

On fait une pâte épaisse en ajoutant de la poudre, $\text{ZnS}(\text{Cu})$ ou $\text{ZnS}(\text{Mn})$, un peu d'huile épaisse (l'huile de lin convient très bien). On étale cette pâte sur une plaque d'aluminium et la recouvre par une feuille de mica afin de réaliser un sandwich mince avec la pâte. On colle une languette de papier d'aluminium (avec du scotch) sur la feuille de mica et la recouvre au centre, d'une « mixture » conductrice constituée par une solution de NaCl dans la gélatine fondue.

On a ainsi réalisé un condensateur électroluminescent ou cellule électroluminescente.



Lorsqu'on applique une forte tension alternative entre les armatures du condensateur (500 à 1 000 volts); il apparaît une émission de lumière visible à travers l'électrode transparente. Cette émission dure tant que dure l'application de la tension alternative (ceci est possible pendant plusieurs jours et même plusieurs semaines).

L'émission de lumière est bleue-verte avec $\text{ZnS}(\text{Cu})$ et orangée avec $\text{ZnS}(\text{Mn})$. Lorsqu'on utilise un autotransformateur variable, on constate que la lumière émise est d'autant plus intense que la tension appliquée est plus élevée. C'est l'électroluminescence intrinsèque.

Il est aisé de montrer l'électroextinction par le champ électrique. On règle l'autotransformateur de telle façon que l'électroluminescence n'apparaisse pratiquement pas (tension très faible) puis on le débranche.

On éclaire la cellule électroluminescente au moyen d'une lampe U.V. (un verre de Wood étant placé devant de façon à ne pas être gêné par de la lumière parasite) la cellule est photoluminescente, on rebranche alors l'autotransformateur et constate une diminution de l'émission lumineuse.