

Décharges électriques lumineuses, de Louis XIV aux tubes fluos

Par Christine Blondel et Bertrand Wolff

Séquence filmée : Illumination multicolore d'un tube de Geissler

Ce tube de verre, renfermant un gaz sous très faible pression, s'illumine quand il est traversé par une décharge électrique.

Aurores boréales (photos)

Lorsque des phénomènes analogues se produisent dans la haute atmosphère, une aurore boréale embrase le ciel nocturne !

Un baromètre à mercure de 1657 ; zoom sur l'espace barométrique vide (gravure)

Sous le règne de Louis XIV, l'abbé Picard avait été intrigué par des lueurs beaucoup plus modestes. Transportant de nuit un baromètre, il remarque que les secousses du mercure, contenu dans le tube de verre, provoquent des lueurs bleuâtres dans l'espace vide au-dessus du mercure.

Portrait de Jean Bernoulli, puis séquence filmée : Un expérimentateur secoue un tube renfermant une goutte de mercure

Le mathématicien Jean Bernoulli propose vers 1700 un procédé permettant de reproduire cette lueur mystérieuse : emprisonner une goutte de mercure dans un tube, et sceller ce tube après y avoir fait le vide. Lorsqu'on secoue le tube dans l'obscurité, une faible lueur apparaît... (*obscurité*) ... mais elle est difficile à capter avec notre caméra.

Frontispice des "Expériences physico-mécaniques ..." de Hauksbee, puis titre "Expériences sur la lumière produite ..."

Comment expliquer cette production de lumière ? A Londres, le constructeur d'instruments Hauksbee soutient que c'est le *frottement* du mercure contre le verre, dans un air suffisamment raréfié, qui produit la lumière.

Machine d'Hauksbee (gravure)

En effet, lorsqu'il frotte -- en l'absence de mercure -- un récipient de verre dans lequel il fait le vide, cela produit le même type de lueur. Hauksbee écrit même : "on peut lire, à sa faveur, de l'écriture en lettres majuscules"!

Séquences filmées : verres frottés attirant des bouts de papier à distance

Le verre frotté par Hauksbee attire en même temps des objets légers. En ce début de 18^{ème} siècle, c'est précisément l'attraction d'objets légers par les corps frottés qui caractérise l'électricité. Il semble donc y avoir un lien entre émission lumineuse et électricité. Mais l'hypothèse que l'émission lumineuse est *elle-même* une manifestation de l'électricité ne s'imposera qu'après une quarantaine d'années de controverses.

Tube de Geissler (reprise de la 1ère séquence filmée) puis "l'œuf électrique" (gravure)

L'étude des décharges électriques et de leurs effets lumineux dans l'air raréfié devient systématique au milieu du 19^{ème} siècle. Pour cela on utilisait un "œuf électrique".

Œuf électrique (photo)

Dans cet œuf de verre pénètrent deux tiges de laiton terminées par deux boules, distantes ici d'une quinzaine de centimètres.

Séquence filmée : l'œuf électrique.

- Montage de l'œuf sur une pompe à vide, et connexion à une bobine de Rhumkorff

L'œuf électrique est mis en communication avec une pompe qui va en aspirer l'air, tandis que les deux tiges de laiton de l'œuf sont reliées à un générateur de haute tension.

Les bornes de ce générateur sont munies de deux pointes métalliques ...

- Mise en marche de la bobine, étincelles (effet sonore) entre les pointes fixées à ses bornes

On met en marche le générateur. La tension est assez élevée pour provoquer des étincelles de 3 ou 4 centimètres à travers l'air, entre les deux pointes métalliques du générateur. Cette tension est, en parallèle, également appliquée à l'œuf mais elle n'y produit aucun effet visible. On met alors en marche la pompe

- Apparition de la décharge entre les électrodes de l'œuf

A moment donné les étincelles entre les pointes métalliques du générateur disparaissent, tandis qu'un ruban violacé apparaît entre les deux boules métalliques de l'œuf électrique.

- Gros plan sur la décharge

Pour une tension donnée, la décharge électrique se produit donc plus facilement à travers 15 cm d'air suffisamment raréfié qu'à travers 4 cm d'air à la pression atmosphérique.

Lorsque la pression de l'air à l'intérieur de l'œuf est encore diminuée, une zone obscure apparaît, et l'émission lumineuse devient dissymétrique.

Si l'on arrête la pompe et si on laisse l'air rentrer lentement dans l'œuf...

- Retour au plan d'ensemble

... on voit d'abord le ruban lumineux redevenir continu... puis, lorsque la pression à l'intérieur de l'œuf se rapproche de la pression atmosphérique, la décharge cesse et les étincelles réapparaissent entre les pointes métalliques du générateur.

Séquence filmée : une "échelle de vide" à la Fondazione Scienza e Tecnica, Florence

- plan d'ensemble du montage

Un autre appareil de démonstration, de la fin du 19^e siècle, permet de mettre en évidence l'influence de la pression de l'air sur la lumière de la décharge.

- détail : la bobine de Ruhmkorff, étincelles entre ses bornes

-La haute tension délivrée par une bobine d'induction alimente en effet des tubes...

- décharges dans les tubes, successivement de gauche à droite

... contenant de l'air à des pressions de plus en plus faibles. L'aspect de la décharge change fortement avec la pression... et cette décharge excite parfois la luminescence du verre.

- dernier tube

Le dernier tube est constitué d'un verre à l'uranium. Rendu ainsi fortement luminescent, il émet une lumière verte.

Séquence filmée : décharges dans des tubes de Geissler

- Générateur et tube

Que se passe-t-il si l'air est remplacé par un autre gaz ?

En 1858 le physicien allemand Plücker (**Incrustation: portrait de Plücker**) fait construire en série, par le constructeur d'instruments Geissler, de très fins tubes contenant différents gaz raréfiés. Voici quelques tubes de Geissler modernes et le générateur de haute tension qui va les alimenter

- Plan d'ensemble du dispositif : l'expérimentateur applique la haute tension à un tube)

Les tubes contiennent chacun, sous très faible pression, un gaz différent.

- Plan plus rapproché sur l'ensemble des tubes illuminés

De gauche à droite : du mercure, du néon - qui produit une belle lueur rouge orangée -, du xénon, de l'hélium, de l'argon, de l'air.

- Gros plans : tubes successivement illuminés

Voyons de plus près l'argon ... puis le mercure. Sa lueur bleutée est bien celle qui intriguait l'abbé Picard.

L'air raréfié, quant à lui, est contenu dans un tube de forme plus élégante, constitué pour moitié d'un verre à l'uranium, d'où la belle luminescence verte...

Différentes formes de tubes de Geissler (gravure)

A la fin du 19^{ème} siècle on voit apparaître une foule d'autres exemples de tubes de Geissler ...

Séquence filmée : quelques tubes de Geissler de la Fondazione Scienza e Technica, à Florence

- Décharge dans un premier tube

... destinés souvent à provoquer l'émerveillement d'un public attiré par les curiosités scientifiques. Ici forme artistique, et verre à l'uranium...

- Décharge dans un tube à 3 branches

Là, dans ce tube à 3 branches, verre à l'uranium et liquide fluorescent.

- Un tube à 2 branches, présentant des rétrécissements en forme d'entonnoirs

Ce curieux double tube comporte des rétrécissements en forme d'entonnoirs, dont les sens sont inversés d'un tube à l'autre.

- Décharge dans ce tube, vue d'ensemble... La décharge passe dans un seul des tubes ... puis dans l'autre si l'on inverse les connexions aux bornes du générateur. ... puis gros plan

Une expérience comme celle-ci ne sert pas seulement à l'émerveillement des curieux. Les mécanismes des décharges électriques dans les gaz et leurs effets lumineux constituaient une énigme pour les physiciens du 19^{ème} siècle.

- Retour à la présentation du tube

Aujourd'hui encore, expliquer pourquoi la décharge se fait plus facilement dans l'une des deux branches ne serait pas simple !

Ensemble de tubes de Geissler illuminés (reprise d'une séquence filmée)

Mais l'analyse, par Plücker, de la lumière émise par les différents gaz dans ses tubes de Geissler a permis de montrer que cette lumière possède des caractéristiques propres à chaque gaz, une sorte de signature,...

Spectres lumineux (planche d'un manuel 1900)

... ce qu'on appelle le spectre de cette lumière.

C'était le moyen d'identifier un gaz simplement par la lumière qu'il émet.

Ciel étoilé (photo)

Ainsi a-t-on pu montrer que l'hydrogène est présent en abondance dans le soleil et dans les étoiles où il est porté à très haute température.

Tubes Ne, Xe, Ar, Kr, puis enseigne publicitaire (photos)

Sur terre, les décharges électriques dans les gaz ont fourni au début du XX^e siècle un nouveau type de sources lumineuses : les tubes au néon dont la lumière rouge ne pouvait servir que pour les enseignes ***Appareil pour bronzage (photo)*** ... les tubes à vapeur de mercure, qui reproduisent avec une plus grande intensité les lueurs barométriques bleutées de l'abbé Picard, et qui servent aujourd'hui de lampes à bronzer.

Tubes fluorescents pour éclairage de bureau (photos)

C'est encore la décharge électrique qui provoque l'émission de lumière blanche par les tubes, appelés à tort "néons", qui éclairent bureaux ou appartements. Ces tubes ne contiennent pas de néon, mais de la vapeur de mercure et leur revêtement intérieur devient fluorescent lors de la décharge. La lumière émise par ces tubes fluorescents aurait permis à Hauksbee de lire même des textes en petits caractères !

Septembre 2007