

Printemps des Sciences 2024

Projet de communication scientifique CHIM-F-328

Le Plasma, l'état le plus rare sur Terre : sa composition, ses propriétés et ses applications

Viktorija CHRISTENSEN, Maxime STEYAERT, Dariia MASLOVA, Corentin ROSSEZ

Encadrant : Jon USTARROZ TROYANO

Co-titulaires : Jean-Christophe LELOUP, Yannick DE DECKER

Descriptif du projet

Le plasma est l'un des états de la matière qui peut être décrit comme un gaz chargé composé de cations et d'électrons. Il est obtenu par ionisation d'un gaz d'atomes ou de molécules avec une haute tension ou haute température (environ 11 000 K). La formation du plasma nécessite donc un grand apport d'énergie, ce qui explique sa rareté sur Terre. Néanmoins, c'est un état très fréquemment rencontré dans l'Univers, notamment dans les étoiles dont les hautes températures favorisent la formation et le maintien de l'état plasma.

Afin de familiariser le public avec l'état plasma, ainsi qu'avec certains de ses aspects tels que la composition ou l'utilité, trois expériences seront effectuées. La première consiste à comparer les spectres d'émission de deux gaz contenus dans les tubes à décharge : CO₂ et Ne afin d'expliquer le phénomène d'émission d'un rayonnement par les atomes et les molécules. En effet, lors de la collision entre un électron libre et un atome de gaz, un transfert d'énergie a lieu qui permet le passage d'un électron de l'atome de gaz vers un état d'énergie supérieur, appelé état excité. Cet état étant instable, l'électron revient vers l'état d'énergie initial, appelé état fondamental, en libérant cette énergie sous forme d'un photon. L'énergie du photon émis sera égale à la différence d'énergie entre le niveau fondamental et le niveau excité, comme on l'observe à la Figure 1.

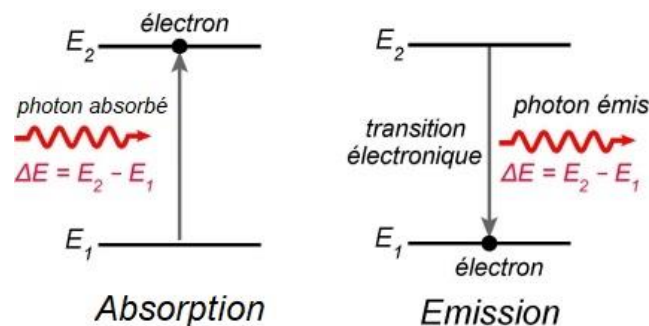


Figure 1: Transitions entre niveaux électroniques lors de l'absorption et d'émission d'un photon¹

Comme la différence d'énergie entre les niveaux fondamental et excité est différente pour chaque atome et molécule, les longueurs d'onde et les couleurs d'émission seront donc également différentes. De plus, les niveaux d'énergie électronique des molécules sont subdivisés en des niveaux rotationnels et vibrationnels plus fins, qu'on peut voir à la Figure 2.

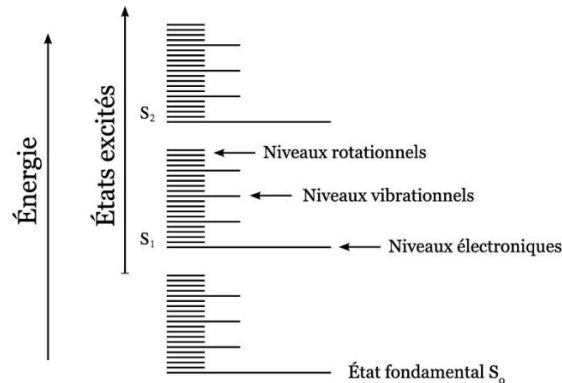


Figure 2: Niveaux d'énergie moléculaire²

Il y a donc plus de transitions possibles, ce qui va permettre la superposition des raies d'émission en bandes d'émission plus larges dans le cas des molécules.

La deuxième expérience est interactive et montre comment le plasma permet de faire fonctionner une ampoule. En effet, les ampoules fluorescentes contiennent un gaz (mercure) qui émet de la lumière lorsqu'il est excité par les électrons. La lampe à plasma contient en son centre une électrode à travers laquelle passe un courant à haute fréquence alternative qui crée un champ électrique dans et légèrement en dehors de la lampe à plasma. Ce champ électrique agit sur les électrons libres contenus dans l'ampoule quand elle est suffisamment proche et les accélère, provoquant des collisions entre atomes et électrons. Ces collisions ionisent et excitent le gaz contenu dans l'ampoule, qui émet de la lumière en se désexcitant³.

La dernière expérience met en évidence la sensibilité du plasma au champ électrique, une propriété qui n'est pas observée dans le cas d'un faisceau lumineux. En effet, bien que globalement neutre électriquement, le plasma contient des particules chargées telles que les cations et les électrons qui, du fait de leur charge, sont sensibles au champ électrique et sont déviés en présence de celui-ci. Ce n'est pas le cas de la lumière qui est composée de photons, particules non-chargées et donc insensibles au champ magnétique.

Spectres d'émission des gaz⁴

Matériel

- Lampe à plasma
- Papier aluminium
- Tube à décharge avec CO₂
- Tube à décharge avec Ne
- Statif avec une pince
- Câble à pinces crocodiles

Mode opératoire

1. Recouvrir la lampe à plasma avec du papier aluminium
2. Fixer chaque tube à décharge sur un statif à l'aide d'une pince
3. Attacher le côté terminal de chaque tube au support pour atterrir le courant
4. Rapprocher les tubes de la lampe à plasma
5. Allumer la lampe à plasma
6. Observer et comparer la couleur de la lumière émise par chaque tube

Remarque

La lampe à plasma sera éteinte à la fin de chaque démonstration pour diminuer les risques de surchauffe.

Luminescence d'une ampoule⁵

Matériel

- Lampe à plasma
- Ampoule fluorescente

Mode opératoire

1. Allumer la lampe à plasma
2. Rapprocher l'ampoule fluorescente de la lampe à plasma
3. Observer la luminescence de l'ampoule

Déviations du faisceau lumineux

Matériel

- Lampe à plasma ou tube à décharge
- Aimant puissant
- Laser
- Boîte noire

Mode opératoire

1. Allumer la lampe à plasma ou le tube à décharge
2. Rapprocher l'aimant de la lampe ou du tube
3. Observer la déviation du faisceau lumineux
4. Allumer le laser dans une boîte noire
5. Rapprocher l'aimant du laser
6. Observer l'absence de déviation du faisceau lumineux

Sources

(1) *421188.jpg* (Image JPEG, 428 × 218 pixels).

<https://e.educlever.com/img/4/2/1/1/421188.jpg> (consulté le 14-02-2024).

(2) *elec_vib_rot.jpg* (Image JPEG, 769 × 543 pixels). https://marchenry.org/wp-content/uploads/2014/03/elec_vib_rot.jpg (consulté le 14-02-2024).

(3) *Plasma Ball and Fluorescent Light Experiment*. ThoughtCo.

<https://www.thoughtco.com/plasma-ball-and-fluorescent-light-experiment-606312> (consulté le 15-02-2024).

(4) Lu, Z. A Safe and Interactive Method of Illuminating Discharge Tubes for Studying Emission Spectra. *J. Chem. Educ.* **2012**, 89 (3), 376–378. <https://doi.org/10.1021/ed200341q>.

(5) *Plasma Ball Light Bulb Experiment | Fluorescent Lamp | Science Experiments for Kids Playlist*; 2013. <https://www.youtube.com/watch?v=D2K-m1CilCM> (consulté le 14-02-2024).