Mise en évidence de l'oxygène singulet $1\Delta_g$ a 200 mbar dans une décharge contrôlée par faisceau d'électrons

G. Fournier, D. Pigache, D. Proust, M. Lecuiller

► To cite this version:

G. Fournier, D. Pigache, D. Proust, M. Lecuiller. Mise en évidence de l'oxygène singulet $1\Delta_g$ a 200 mbar dans une décharge contrôlée par faisceau d'électrons. Journal de Physique Lettres, 1977, 38 (1), pp.15-16. 10.1051/jphyslet:0197700380101500 . jpa-00231310

HAL Id: jpa-00231310

<https://hal.science/jpa-00231310>

Submitted on 1 Jan 1977

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Classification
Physics Abstracts

5.444 — 5.480 6.505 6.700

MISE EN ÉVIDENCE DE L'OXYGÈNE SINGULET $^1\Delta_g$ A 200 mbar DANS UNE DÉCHARGE CONTRÔLÉE PAR FAISCEAU D'ÉLECTRONS

G. FOURNIER, D. PIGACHE, D. PROUST (*)

Office National d'Etudes et de Recherches Aéronautiques, 92320 Châtillon, France

et M. LECUILLER

Ecole Supérieure d'Electricité, Plateau du Moulon, 91190 Gif-sur-Yvette, France

(Reçu le 1^{er} octobre 1976; accepté le 16 novembre 1976)

Résumé. — Le rayonnement des métastables de l'oxygène moléculaire est observé dans le visible et l'infrarouge. Les résultats diffèrent nettement de ceux obtenus avec une décharge couronne.

Abstract. — The radiation from molecular oxygen metastables is observed at visible and infrared wavelengths. The results are quite different from those obtained with a corona discharge.

Les métastables de l'oxygène [1] présentent un intérêt particulier à cause de leurs applications possibles en chimie. Avec des débits d'oxygène de 500 cm³/min. (TPN), des concentrations d'oxygène singulet $^1\Delta_g$ atteignant 10 % ont été obtenues à basse pression (quelques millibars) avec des décharges à haute fréquence [2]. Cependant, il n'est pas possible d'extrapoler ces moyens à des pressions plus élevées qui pourraient permettre la production de quantités importantes de métastables. Il est donc nécessaire de développer de nouveaux types de décharge dans ce but. Dans une première approche utilisant une décharge couronne [3], on a pu observer l'oxygène $^1\Sigma_g^+$ à la pression atmosphérique mais pas l'état $^1\Delta_g$.

Il semble que la décharge contrôlée par faisceau d'électrons, très utilisée pour les lasers à gaz, puisse être une meilleure solution. Ce type de décharge a les propriétés suivantes :

— Il peut fonctionner à des pressions plus élevées pendant des temps plus longs et avec une meilleure homogénéité que d'autres types de décharge.

— On peut régler le champ électrique à toute valeur inférieure au seuil de claquage, ce qui permet d'agir sur l'énergie moyenne des électrons. On prévoit donc que des champs modérés suffiraient à exciter l'oxygène singulet et éviteraient la dissociation conduisant à l'ozone, l'ozone étant un agent de désexcitation des métastables beaucoup plus actif que l'oxygène.

Le montage expérimental est représenté sur la figure 1. Des détails sur le canon à électrons et l'en-

ceinte de décharge sont donnés dans la référence [4]. L'en- ceinte est vidée à 10⁻² mbar avant remplissage à 200 mbar avec de l'oxygène pur (Air Liquide N 48 à 99,998 %) à température ambiante. Le gaz est

FIG. 1. — Montage expérimental : 1) canon à électrons, 2) fenêtre à électrons, 3) décharge, 4) anode mobile, 5) fenêtre de l'en- ceinte à décharge, 6) fenêtre de protection contre les rayons X, 7) lentille, 8) filtre, 9) détecteur infrarouge ou monochromateur avec photo- multiplicateur.

renouvelé à un débit de 5 l/min. pour un volume d'en- ceinte de 9 l. Le faisceau d'électrons (120 keV ; 0,4 mA/cm²) pénètre dans l'en- ceinte à travers une feuille d'aluminium de 20 µm dont la surface est 15 × 5 cm. Il produit une densité électronique de quelques 10⁹ cm⁻³. Dans les expériences faites, les paramètres de la décharge ont typiquement les valeurs suivantes :

- durée d'impulsion : 50-200 µs,
- taux de répétition : 3-25 Hz,
- courant de décharge : 450-600 mA,
- tension de décharge : 3 000-7 200 V,
- écartement des électrodes : 26 mm.

Les valeurs de la densité de courant de décharge et du rapport champ électrique/densité du gaz sont données pour chaque cas dans la légende des figures. La chute cathodique est 1 800 V.

(*) Adresse permanente : Observatoire de Meudon, 92190 Meudon, France.

Le rayonnement de la transition infrarouge ${}^1\Delta_g \rightarrow {}^3\Sigma_g^-$ (1,27 μm) a été étudié à l'aide d'un détecteur PbS. La figure 2 représente le signal reçu à travers un filtre en silicium qui coupe le rayonnement en dessous de 1,2 μm . L'addition d'un filtre en germanium (bande passante de 1,8 à 2,3 μm) fait disparaître le signal. La longueur d'onde du rayonnement infrarouge de la décharge est donc compris entre 1,2 et 1,8 μm . Malheureusement, la sensibilité de la chaîne de détection était insuffisante pour obtenir un signal en sortie de monochromateur. Quoi qu'il en soit, l'émission provient bien d'un état métastable puisqu'elle se prolonge bien après la fin de la décharge. La durée de vie de ce métastable est de quelques millisecondes, ce qui s'accorde approximativement avec les propriétés de ${}^1\Delta_g$ dans les conditions de l'expérience.

FIG. 2. — Courant de décharge et signal infrarouge dans les conditions suivantes : durée d'impulsion : 200 μs , taux de répétition : 3 Hz, densité du courant de décharge : 8 mA/cm^2 , champ électrique/densité du gaz : $4 \times 10^{-16} \text{ V cm}^2$.

On sait que l'oxygène singulet ${}^1\Delta_g$, à haute pression, émet un rayonnement visible à 635 nm suivant la transition simultanée $2({}^1\Delta_g) \rightarrow 2({}^3\Sigma_g^-)$. Par ailleurs, l'autre état métastable ${}^1\Sigma_g^+$ présente une transition simple ${}^1\Sigma_g^+ \rightarrow {}^3\Sigma_g^-$ à 760 nm environ. Ces deux bandes d'émission ont été observées à l'aide d'un photomultiplicateur (R.C.A. C 31034 A) refroidi à 250 K, placé à la sortie d'un monochromateur à réseau (Jobin et Yvon HRS 2). Le photomultiplicateur a été soigneusement protégé du rayonnement X résiduel par une enveloppe de plomb. Sur les figures 3 et 4, le rayonnement produit par la décharge contrôlée par faisceau d'électrons est comparé à celui provenant d'une décharge couronne [3]. La bande de la transition $2({}^1\Delta_g) \rightarrow 2({}^3\Sigma_g^-)$ est représentée sur la figure 3 et celle de la transition ${}^1\Sigma_g^+ \rightarrow {}^3\Sigma_g^-$ sur la figure 4. La référence à une raie de l'oxygène atomique montre que le rayonnement des métastables est beaucoup plus important dans le cas de la décharge à faisceau d'électrons.

FIG. 3. — Bande de la transition $2({}^1\Delta_g) \rightarrow 2({}^3\Sigma_g^-)$ et une raie d'oxygène atomique dans les conditions suivantes : durée d'impulsion : 50 μs , taux de répétition : 25 Hz, densité du courant de décharge 6 mA/cm^2 , champ électrique/densité du gaz : 10^{-16} V cm^2 . Les résultats pour une décharge couronne à pression atmosphérique sont rappelés par des tirets [3].

FIG. 4. — Bande de la transition ${}^1\Sigma_g^+ \rightarrow {}^3\Sigma_g^-$ et une raie d'oxygène atomique. Mêmes conditions que pour la figure 3.

Il va de soi que ce travail n'est que préliminaire. On prépare l'identification de la transition simple ${}^1\Delta_g \rightarrow {}^3\Sigma_g^-$ à l'aide d'un spectroscope ainsi qu'une meilleure résolution du spectre dans le visible. Une étude paramétrique, comprenant une interprétation quantitative, est en cours et des dosages d'ozone seront effectués prochainement.

Les auteurs remercient MM. D. Le Fur et M. Ory pour leur contribution technique.

Cette recherche a été financée en partie par la Direction des Recherches et des Moyens d'Essais.

Bibliographie

- [1] KEARNS, D. R., *Chem. Rev.* **71** (1971) 395.
- [2] DUMAS, J. L. et GARNIER, B., *J. Chim. Phys.* **72** (1975) 1045.
- [3] BASTIEN, F. et LECUILLER, M., *J. Phys. B : Atom. Molec. Phys.* **8** (1975) 1981.
- [4] BONNET, J., Note Technique n° 1975-4, ONERA, 1975.