

Physics. — *Le spectre optique de l'actinium.* Par Mlle W. A. LUB, (Laboratoire „Physica”, Université d'Amsterdam). (Communicated by Prof. P. ZEEMAN).

(Communicated at the meeting of June 26, 1937).

L'actinium étant le seul élément dont le spectre optique n'est pas connu jusqu'à présent il nous a semblé important de tâcher d'obtenir ce spectre. Les produits actinifères que Madame CURIE avait mis à notre disposition étaient:

Un produit d'oxyde de lanthane actinifère de 5 mgr. contenant 0.053 mgr. de l'actinium (produit 316 a 2) et un produit d'oxyde de lanthane actinifère de 4 mgr. contenant 0.050 mgr. actinium (produit 316 a 7). Comme ces produits sont très précieux, nous avons étudié quelle méthode était la plus efficace pour produire le spectre. Nous avons cherché une méthode pour obtenir le spectre le plus intense possible, sans user trop de matière et qui permettrait en même temps de regagner après l'expérience tout ce qui resterait du produit. Après quelques expériences nous avons choisi comme source lumineuse l'étincelle condensée éclatant entre un fil de platine et une mèche en fil de platine plongée dans la solution du produit à examiner, méthode indiquée par DEMARÇAY ¹⁾, et employée par lui pour étudier le spectre du Radium.

L'étincelle était obtenue au moyen d'un transformateur de 10.000 Volts. Dans le circuit on place un condensateur et une self et on choisit les conditions électriques de sorte qu'on obtient un spectre lumineux, ayant soin d'employer très peu de la solution et en prenant des mesures pour ne pas être trop gêné par les spectres de bandes. La solution se trouve dans une petite coupelle de platine (contenu 0.3 cm.³); dans le liquide on place une petite mèche en fil de platine pur. La mèche est enroulée en cercle à une de ses extrémités de façon à lui donner une base qui repose sur le fond de la coupelle. L'autre extrémité de la mèche se dresse au dessus du niveau du liquide et c'est sur elle que vient éclater l'étincelle. Il faut bien régler la longueur de la mèche qui dépasse le niveau du liquide.

Afin de ne pas perdre de la substance par la projection des petites gouttes quand l'étincelle jaillit entre les électrodes, la coupelle de platine est placée dans un petit vase de verre, fermé d'en haut par une plaque de verre pourvue d'un trou pour laisser passer l'électrode supérieure. Dans le petit vase on a percé deux trous pour le passage de la lumière et un trou en bas pour y poser la coupelle qui contient la solution avec son fil de platine qui amène le courant.

¹⁾ DEMARÇAY, Spectres électriques, Paris 1895.

Pour montrer combien cette méthode de DEMARÇAY est efficace pour prendre des spectres des produits précieux, nous pouvons mentionner que la quantité utilisée pour chaque cliché est de 3×10^{-6} gr. Ac.

Avant d'être mis en solution, l'oxyde de lanthane était transformé en nitrate²⁾. Pour travailler convenablement nous avons pris une solution de lanthane actinifère à une concentration d'un pour cent, et de 1 sur 10.000 en actinium. Dans ces conditions on peut espérer obtenir les raies ultimes de l'actinium.

Une expérience préliminaire avec un spectrographe à petite dispersion (5000—3500 Å sur 3.5 cm.) montrait pour le spectre de 316 α 2 dans la région de 5000—4000 Å quatre raies qui n'existaient pas sur les clichés du spectre d'un autre oxyde de lanthane actinifère (produit 317 activité 20.000 fois plus faible) pris dans les mêmes conditions. Les mesures du spectre nous montraient combien nombreuses étaient les coïncidences possibles. Il fallait donc photographier le spectre avec un spectrographe d'une dispersion assez grande qui en même temps serait d'une assez grande luminosité.

Nous avons pris les clichés définitifs avec le grand spectrographe de STEINHEIL à trois prismes de verre. Cet instrument a une ouverture relative de $f: 10$ et une dispersion de 9.3 Å/mm. pour 4400 Å; 7.3 Å/mm. pour 4150 Å; 6,4 Å/mm. pour 4050 Å.

Le spectrographe STEINHEIL réglé de façon à ce que la lumière des raies nouvelles traversait l'appareil de la manière la plus avantageuse, ne donnait que la région spectrale de 5850 Å jusqu'à 3850 Å. Pour étudier la partie ultraviolette du spectre, nous avons pris en même temps le spectre avec un spectrographe de quartz (E_2 de HILGER). Nous avons mesuré les trois spectres des produits 317, 316 α 2, 316 α 7 sur les clichés du STEINHEIL par rapport au spectre du fer, un cliché de chaque produit. Les raies nouvelles ont été mesurées sur tous les six clichés.

Les produits 316 α 2 et 316 α 7 étaient de la même substance mère, le produit 316 α 7 plus purifié que l'autre, ce qui se voyait dans le spectre. Les raies ultimes de quelques impuretés dans le spectre du 316 α 2 avaient disparu dans le spectre de 316 α 7. A côté des raies du spectre du *La*, du *Pt* et quelques bandes de *LaO*, on trouve dans ces produits le *Ca.*, le *Mg.* et quelques raies ultimes de l'*Al*, du *Zn*, du *Ba*, du *Mn* et du *Pb*. En comparant le spectre 317 avec les spectres 316 α 2 et 316 α 7 on peut se former une idée des impuretés qui étaient en diminution et de celles qui étaient en augmentations dans les produits divers. En général on peut constater ceci: Le *Ca*, *Mg*, *Al*, *Mn*, *Pb* et *Zn* se trouvent augmentés dans les produits 316 par rapport au produit 317. Tandis qu'on trouve dans le spectre du produit 317 le *Nd* et le *Pr.*, on ne retrouve même pas les raies ultimes dans les spectres du 316 α 2 et 316 α 7.

²⁾ Je tiens à remercier bien vivement Mlle PEREY qui a effectué les préparations des solutions radio-actives, ainsi que la purification du produit 316 α 7.

La présence de l'aluminium et du magnésium peut s'expliquer ainsi: le produit 316 a 2 a été employé pour une autre expérience et placé pendant quelque temps dans une cuvette fermée de mica. Comme ce produit est très actif, il a attaqué le mica et un petit morceau peut avoir sali le produit actinifère.

Nous avons employé les clichés du spectrographe à quartz pour la discussion des raies ultimes qui tombent au dessous de 3850 Å.

Parmi les 700 raies que nous avons mesurées, on trouve sept raies d'une intensité assez forte qui n'existent pas sur les clichés du produit 317 et qu'on ne peut pas non plus attribuer à une des impuretés constatées dans les produits 316. Afin d'être sûr de ce que ces raies sont vraiment des raies nouvelles, nous avons comparé notre liste aux listes des raies spectrales de tous les éléments chimiques dont nous avons constaté les raies ultimes dans un des produits 316 et 317. Pour cette comparaison nous avons employé le „Handbuch der Spektroskopie” de KAYSER et les données qu'on trouve dans la littérature plus récente. Nous avons trouvé comme raies nouvelles, les suivantes:

λ air I. Å.	intensité
4812.25	4
4413.17	5
4386.37	5
4359.09	3
4179.93	4
4168.40	5
4088.37	5

A côté de ces raies nous en avons trouvé deux autres, 4507.20 Å et 4061.58 Å, qu'il faut discuter séparément. Sur les clichés des produits actinifères on trouve ces deux raies d'une intensité assez grande: 4507.20 Å, I. (5) et 4061.58 Å, I. (4). Mais sur un des trois clichés du produit 317 existe une raie 4507.15 Å, I. (0) qu'on ne trouve pas sur les autres clichés 317.

Pour la raie 4061.58 Å, la situation est un peu autre. Les trois clichés du produit 317 nous donnent une raie d'une longueur d'onde 4061.65 Å, I. (1). On trouve dans les spectres de trois éléments chimiques des raies spectrales qui peuvent coïncider avec cette raie: *Pt.* 4061.66 Å (2), *Tb.* 4061.59 Å (6.2) et *Eu* 4061.55 Å (1 : 2 selon EXNER et HASCHEK échelle de 1—100). Quant à terbium, de toutes ses raies ultimes, il n'y en a qu'une, 3509.18, qui ne soit pas absolument exclue. Sur un des clichés du spectrographe de quartz il n'est pas impossible qu'on trouve la raie 3509.18. D'autre part, de toutes les raies d'analyse du terbium, telles qu'on les trouve dans GERLACH ³⁾, il n'y a que cette seule possibilité d'existence

³⁾ GERLACH, Die chemische Emissionsspektralanalyse, III, 1936.

de la raie 3509.18. Il nous semble donc improbable qu'on doive attribuer cette raie au terbium.

Quant à l'euporium, on trouve les deux raies ultimes sur les clichés du produit 317, et l'une d'entre elles, bien que plus faible, sur les clichés des produits 316. Quant aux raies d'analyse selon GERLACH, on en trouve une qui puisse coïncider avec une raie du spectre. D'autre part EXNER et HASCHEK ⁴⁾ indiquent cette raie comme de très faible intensité, tandis que KING ⁵⁾ ne mentionne même pas cette raie dans sa liste. Donc, quoique nous ne puissions pas dire que l'attribution de la raie 4061.66 Å à l'euporium soit absolument exclue, il ne nous semble pas probable qu'on doive attribuer cette raie à l'euporium.

Reste la dernière possibilité, le platine. Sur les divers clichés l'intensité du *Pt* change, mais toujours dans le même sens pour toutes les raies du même cliché.

Par exemple sur les trois clichés mesurés, le spectre du *Pt* est plus fort sur le cliché du produit 316 α 2 que sur le cliché du 317, et celui-ci est plus fort que celui du 316 α 7. Nous avons trouvé en total environ 70 raies du *Pt* et parmi toutes ces raies on ne trouve jamais une différence d'intensité comme nous l'avons signalée plus haut. D'autre part sur tous les clichés du 316 α 2 et du 316 α 7 les raies 4061.58 ont toujours les mêmes intensités par rapport aux raies du Lanthane. Il nous semble donc bien probable qu'on a ici une raie du spectre de l'actinium superposant une raie faible du platine, quoiqu'on n'en ait pas la certitude absolue.

Pour la raie 4507.20 nous avons trois possibilités: *Zr.* 4507.11 (7.3), *Re.* 4507.03 (2) et *La.* 4507.4 de très faible intensité. Comme nous verrons plus bas, le zirconium n'existe pas dans ce produit. Pour le rhenium c'est encore plus simple: aucune des raies ultimes n'est dans les produits et de toutes les raies du spectre celle-ci est la seule coïncidence. Reste la possibilité que la raie 4507.15 sur 317 soit la raie du lanthane 4507.4, quoique l'écart entre la raie mesurée et celle du lanthane soit bien grand. Mais comme cette raie est à peine visible sur le cliché, la mesure ne se prévaut pas d'une grande précision. Conclusion: On a une assez grande probabilité que la raie 4507.20 Å sur les spectres des produits 316 doit être attribuée au spectre de l'actinium, tandis que la raie qu'on trouve sur un des clichés 317 doit probablement être attribuée au spectre du lanthane.

Revenons aux raies nouvelles, c'est à dire aux raies qu'on ne trouve que sur les clichés des produits 316. Quant aux raies 4812.20 et 4413.17, on ne trouve pas d'autre élément chimique qu'on pourrait attribuer à cette raie. Quant à la raie 4413.17, on trouve deux coïncidences, mais à un écart de 0.2 Å, et comme cette raie est très nette et très bien mesurable, l'écart ne peut jamais être plus grand que 0.05 Å.

⁴⁾ F. EXNER und E. HASCHEK, Die Spektren der Elemente bei normalen Druck. 2e Aufl. Leipzig und Wien. 1911/1912.

⁵⁾ A. S. KING, Astrophys. Journal 72, 221/255, 1930.

La raie 4386.35 se trouve dans une région spectrale plus peuplée. On trouve ici l'erbium 4386.40, le cérium 4386.37 et l'oxygène 4386.3. Pourtant l'erbium et le cérium n'existent pas dans ces produits; on ne trouve ni les raies ultimes, ni les raies d'analyse selon GERLACH. La raie 4386.3 de l'oxygène est une raie qui n'existe que dans un tube GEISLER. Les conditions dans cette expérience sont tout autres. De plus le caractère des raies de l'air est tout différent du caractère de cette raie. La seule coïncidence pour la raie 4088.37 est une raie du tungstène 4088.35, mais on ne trouve ni raies ultimes ni raies d'analyses selon GERLACH. Pour les raies 4179.93 et 4168.40, il est possible qu'il faille les attribuer au zirconium (*Zr* II 4179.81 (3.7) et *Zr* I 4168.45 (3.—)) et comme nous avons rencontré cette possibilité aussi chez la raie 4507, nous avons étudié cette éventualité très attentivement.

Sur les clichés des produits 316, on ne trouve aucune raie ultime du *Zr*. Il est donc fort probable qu'on a ici une coïncidence accidentelle. Pour être tout à fait sûr de cela nous avons pris avec le même montage les spectres de solutions de nitrate de lanthane, 1 pour cent, avec des pourcentages différents de nitrate de zirconium: la conduite des raies ultimes est tout à fait telle qu'on l'indique dans la littérature. Dans une solution avec 0.1 ‰ *Zr* toutes les raies ultimes du *Zr* II sont là, avec intensités 3 à 4, mais on ne trouve pas les raies 4507, 4179 et 4168. Quand on augmente le pourcentage du *Zr* jusqu'à 0.1 % on trouve toutes les raies ultimes du *Zr* II d'intensité 8, et les r.u. du *Zr* I, 1 3—5 et malgré cela les raies 4179 et 4168 n'apparaissent pas. On trouve pourtant sur un des clichés (avec 0.1 % de *Zr*) une trace de la raie 4507, ce qui peut s'accorder avec notre attribution de la faible raie 4507 sur le cliché du produit 317 au lanthane.

Reste la raie 4359.09 qui coïncide avec la raie 4359.11 du *Pr*. Mais comme on n'a pu constater ni raies ultimes, ni raies d'analyse dans les produits 316, le *Pr* aussi est exclu.

L'attribution de ces raies à d'autres éléments chimiques semble être exclue.

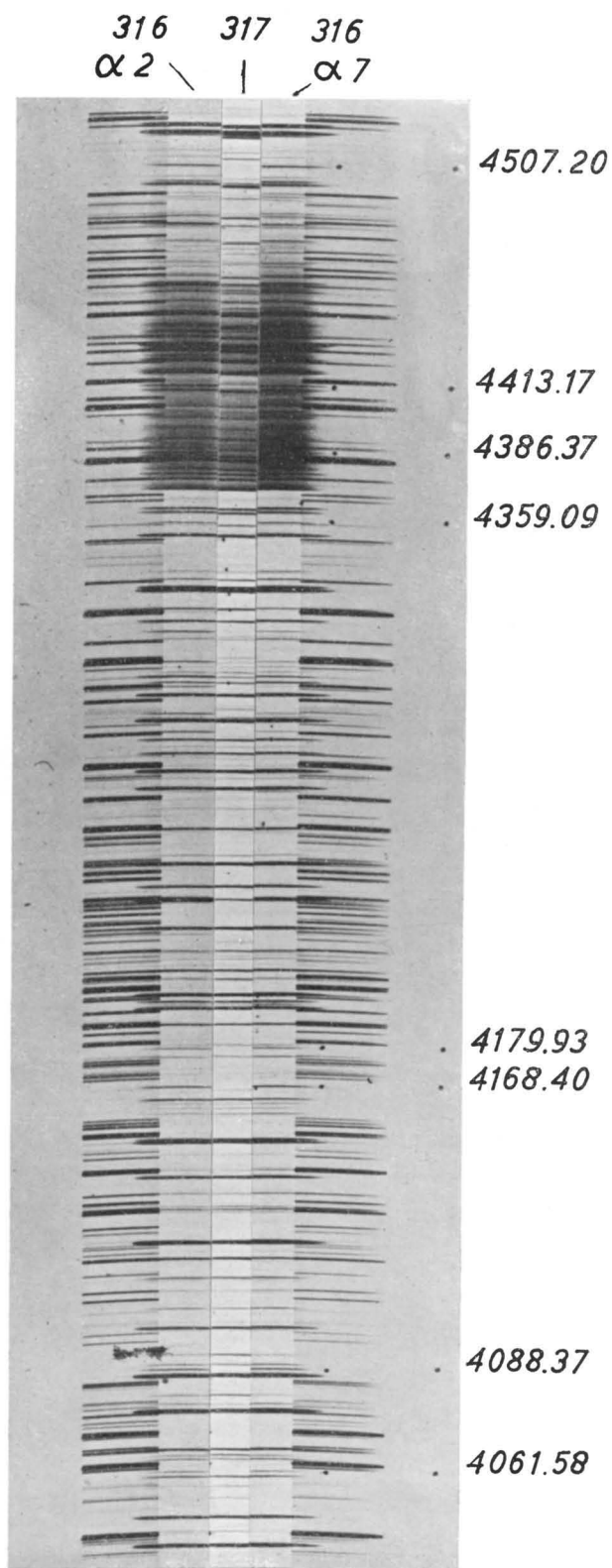
Conclusion.

Les raies que nous avons trouvées comme nouvelles appartiennent au spectre de l'actinium, l'actinium étant le seul élément chimique qui se trouve considérablement augmenté (20.000 fois) dans les deux produits 316.

Ce travail m'a été proposé par Madame CURIE qui a tenu à participer personnellement aux expériences, aux mesures et aux calculs quelques jours encore avant sa mort.

Les expériences préliminaires ont été effectuées au laboratoire CURIE de l'Institut du Radium. J'ai achevé ce travail au laboratoire „Physica”

Mlle W. A. Lub: Le spectre optique de l'actinium.



d'Amsterdam qui dispose d'un spectrographe à dispersion plus grande. Je tiens à remercier M. ZEEMAN de l'intérêt qu'il a pris à mon travail et M. DEBIERNE d'avoir mis à ma disposition les préparations d'actinium à étudier. Je remercie également M. VAN DER ZWAAL pour le soin qu'il a mis aux agrandissements des spectres.

Légende de la planche.

On trouve l'un au-dessus de l'autre, le spectre du produit 316 α 2 avec spectre du fer comme référence, le spectre du produit 317 et le spectre du produit 316 α 7 avec le spectre du fer.

Les raies du spectre de l'actinium sont marquées avec un point, et leurs longueurs d'onde indiquées.

Physics. — *Protoplasmic Movement in the Avena Coleoptile as related to Oxygen Pressure and Age.* By JOHANNA G. EYMERS and H. P. BOTTELIER. (Communicated by Prof. L. S. ORNSTEIN).

(Communicated at the meeting of June 26, 1937).

In a recent paper (1935) the second author described the influence of aging on the relation between temperature and protoplasmic movement in epidermic cells of *Avena* coleoptiles. The protoplasmic streaming in young coleoptiles, 72 hours old, has a $Q_5 = 1.05$ between 3° and 33° , while that in plants, 300—450 hours old, shows a VAN 'T HOFF curve corresponding with a Q_5 value of 1.33.

In intermediate stages the Q_5 has a high value (1.33) at lower temperatures, which at higher temperatures turns into the low value (1.05). As the plants grow older the temperature at which the "high value" curve passes into the "low value" curve regularly rises (fig. 1).

By changing the oxygen content of the water surrounding young and old coleoptiles we could prove (1935) that the oxygen concentration in the medium limits the rate of the protoplasmic streaming in those cases, where the $Q_5 = 1.05$. The facts mentioned simply can be explained by the hypothesis that the oxygen diffusion from the medium towards the protoplasm is the process with the low Q_5 .

In the stages, investigated here, the growth of a coleoptile consists in cell elongation only (AVERY and BURKHOLDER, 1936), the length of the cells increasing considerably, while the amount of protoplasm practically remains the same. In a given unit of time more oxygen will diffuse into the larger cells of old coleoptiles than into the smaller cells of young coleoptiles. At a given oxygen pressure in the medium a given volume of protoplasm in the first case will get more oxygen than in the second. If this consideration duly explains the fact that the rate of protoplasmic movement in old coleoptiles is limited at much higher temperatures than