

Swings - 1934 - absence des bandes - 132

P 890 B
(120)

Bibliothèque de l'Université
de Liège - PÉRIODIQUES

**Sur l'absence des bandes d'hydrogène moléculaire
dans le spectre des taches solaires,**

par P. SWINGS,

Chargé de cours à l'Université de Liège

1. La présence d'hydrogène moléculaire dans les taches solaires a déjà fait l'objet de plusieurs recherches expérimentales. En 1922, T. R. Merton⁽¹⁾ conclut de sa comparaison entre les raies d'émission de H_2 en laboratoire et les raies d'absorption des taches qu'il y a trop peu de coïncidences et qu'il se présente d'ailleurs certaines discordances dans les intensités. Au contraire, en 1929, G. Piccardi⁽²⁾, se basant sur les nouvelles mesures du spectre de H_2 faites par Gale, Monk et Lee⁽³⁾, prétend trouver l'hydrogène moléculaire dans les taches. R. S. Richardson⁽⁴⁾, reprenant la question en 1931, montre que la présence de H_2 est incertaine. Si l'on prend toutes les raies de laboratoire, le pourcentage de raies solaires identifiées peut être attribué au hasard, le nombre de coïncidences observées étant à peu près celui que prévoit le calcul de H. N. Russell et I. S. Bowen⁽⁵⁾ comme effet du hasard. Si, au contraire, on prend seulement les raies les plus intenses en laboratoire, il semble bien que le pourcentage de coïncidences soit supérieur aux possibilités dues au hasard. Bref, la question n'était pas résolue.

(1) *Phil. Trans. Royal Society, London, A*, 222, 369, 1922.

(2) *Società Astronomica Italiana, Memorie*, 4, 379, 1929.

(3) *Astroph. Journal*, 67, 89, 1928.

(4) *Ibid.*, 73, 281, 1931.

(5) *Ibid.*, 69, 196, 1930.



La présente note a pour but de montrer théoriquement que l'hydrogène moléculaire n'est sûrement présent dans les taches solaires qu'en quantité infiniment trop faible pour que les bandes d'absorption du domaine spectral astronomique apparaissent.

2. Les bandes d'absorption de H_2 observées en laboratoire se trouvent dans l'ultra-violet lointain (vers 1000 Å). Les bandes étudiées en laboratoire et se trouvant dans le domaine spectral astronomique sont les bandes de Fulcher (triplets) et celles de Richardson (singulets) (1). Les bandes de Fulcher ont comme niveau électronique inférieur le terme $1s\sigma^2 \ ^3\Sigma_g^+$ (11,75 volts); quant aux niveaux inférieurs des bandes de Richardson, ils sont $B \equiv 1s\sigma^2 p\sigma^2 \ ^1\Sigma_g^+$ (11,13 volts) et $C \equiv 1s\sigma^2 2p\pi^2 \ ^1\Pi_u$ (12,13 volts). Le niveau normal de la molécule H_2 est $(1s\sigma)^2 \ ^1\Sigma_g^+$; les caractéristiques de ce terme sont $\omega_e = 4371 \text{ cm}^{-1}$; $r_e = 0,749 \text{ Å}$; $D'' = 4,465 \text{ volts}$.

Pour espérer trouver en absorption les bandes de H_2 , il faudrait donc qu'on ait un nombre suffisamment grand de molécules H_2 à un état excité compris entre 11,13 et 12,23 volts.

3. Partons de l'équation générale de l'équilibre de dissociation d'une molécule diatomique symétrique; on a pour la molécule H_2

$$\log \frac{(p_{H_2})^2}{p_{H_2}} = - \frac{3041 D''}{T} + \frac{3}{2} \log T + \log \left(1 - e^{-\frac{1,432 \cdot \omega_e}{T}} \right) + 6,1 + \log \frac{(G_{H_2})^2}{G_{H_2}} + \frac{1}{2} \log \frac{(M_{H_2})^2}{M_{H_2}} - 2 \log r_e^2 \quad (1)$$

les symboles G et M représentant respectivement les poids statistiques des termes électroniques et les masses (ato-

(1) Pour le schéma électronique de la molécule H_2 , voir RICHARDSON, *Proc. Roy. Soc.*, 126, 493, 1930; W. WEIZEL, *Bandenspektren*, pp. 244 et 249, 1931; W. JEVONS, *Report on Band Spectra*, pp. 288-299, 1932.

mique ou moléculaire); p_H et p_{H_2} sont les pressions partielles en H et H_2 exprimées en atmosphères. Donc

$$G_H = 2, \quad G_{H_2} = 1, \quad M_H = 1, \quad M_{H_2} = 2.$$

Si nous appliquons l'équation (1) pour $T = 5000^\circ$ (température approximative d'une tache solaire) (1), nous obtenons

$$K_{H_2} \sim 5.10^7.$$

Autrement dit, la pression partielle en hydrogène moléculaire serait, dans la couche renversante, de l'ordre de 10^{-12} atmosphère (2); ou encore il y aurait environ 10^6 à 10^{10} fois moins de molécules H_2 que d'atomes H.

D'ailleurs le potentiel d'excitation nécessaire aux molécules H_2 pour se manifester astronomiquement par leur spectre d'absorption est du même ordre que celui qu'on doit fournir aux atomes H normaux pour donner lieu aux raies d'absorption de Balmer. L'application de la formule de Boltzmann pour rechercher le nombre d'atomes ou molécules excités ne modifiera en rien la conclusion et il est certain que les molécules H_2 ne pourront être observées.

4. On peut encore vérifier ce résultat en comparant dans le Soleil le nombre de molécules H_2 excitées à 11 ou 12 volts au nombre de molécules CN à l'état normal; on sait que celles-ci se manifestent par leurs bandes $^2\Sigma \leftarrow ^2\Sigma$ comprises entre $\lambda 3590$ et $\lambda 4610 \text{ Å}$.

Si l'on désigne par N_{H_2} et N_{CN} les nombres de molécules H_2 et CN contenues dans une colonne cylindrique de la

(1) Les résultats resteraient valables pour un intervalle assez grand de température autour de 5000°.

(2) En se basant sur la valeur de la pression au voisinage de la photosphère donnée par H. N. RUSSELL.

couche renversante ayant une base de 1 cm^2 , on peut vérifier aisément que pour $T=5000^\circ$ on a (1)

$$\frac{N_{H_2}}{N_{CH}} = \frac{\mu_H}{\mu_C} \cdot \frac{K_{CN}}{K_{H_2}} \quad (2)$$

μ_H , μ_C et μ_N étant les abondances en nombre d'atomes H, C et N. D'après H. N. Russell (2), $\frac{\mu_H}{\mu_C}$ et $\frac{\mu_H}{\mu_N}$ valent environ 10^4 ; d'ailleurs, pour $T=5000^\circ$,

$$\log K_{H_2} = 7,703 \quad \text{et} \quad \log K_{CN} = 3,246.$$

Donc

$$\frac{N_{H_2}}{N_{CN}} \sim 3,10^3.$$

Nous déterminerons la proportion x de molécules H_2 qui, à 5000° , se trouvent à un état électronique excité de $11,5$ volts, en appliquant la loi de Boltzmann :

$$\log \frac{x}{1-x} = -\frac{5044 \times 11,5}{5000} \sim -12.$$

Donc (3)

$$(N_{H_2})_{excitées} \sim 10^{-3} \text{ ou } 10^{-9} (N_{CN})_{normales}$$

Ceci justifie encore l'absence des bandes de H_2 dans le spectre des taches solaires.

(1) La condition indiquée par Y. CAMBRESIER et L. ROSENZELD (*M. N. R. A. S.*, 93, 710, 1933) pour que la formule (2) soit valable est vérifiée ici. Dans l'exemple actuel, la condition est que $\frac{P_0}{K}$ soit petit vis-à-vis de 1, P_0 étant la pression électronique à la base de la couche renversante, exprimée en dynes/cm² (ici inférieure à 100), et K la constante d'équilibre tirée de l'équation (1) (ici $5,10^7$ pour H_2 et 1760 pour CN).

(2) *The composition of the Stars*, p. 21, 1933.
(3) Si l'on voulait des valeurs numériques précises, il faudrait introduire le poids quantique du niveau excité et la fonction de répartition. D'ailleurs, d'après Russell et Adams et d'après Pannekoek, l'application de la formule de Boltzmann peut, dans le cas des potentiels d'activation élevés, donner des résultats quelque peu erronés, à cause du fait que les atomes ou molécules soumis à la radiation photosphérique ne sont pas en équilibre thermodynamique parfait. Mais cette cause d'erreur ne pourrait pas modifier le résultat qualitatif obtenu.

Addendum. — AIH est aussi une molécule diatomique dont la présence dans le Soleil est discutée; les bandes $\lambda\lambda 4546, 4671$ et 4751 \AA du passage $B^1\Pi \leftarrow A^1\Sigma^+$ semblent être présentes, mais R. S. Richardson (1) conclut pourtant de sa discussion que l'identification de AIH dans le Soleil est encore incertaine.

Si l'on fait le calcul du rapport $\frac{N_{AIH}}{N_{CH}}$ à 5000° , en tenant compte de la valeur de $\frac{\mu_C}{\mu_{AI}}$ donnée par Russell, on trouve aisément que dans les taches solaires le nombre de molécules AIH est de l'ordre de grandeur du nombre des molécules CH (un peu inférieur). La présence des bandes de AIH est donc probable.

Quelque temps après l'envoi de ce travail, nous avons reçu une épreuve d'un mémoire extrêmement important de H. N. RUSSELL sur les « Molécules dans le Soleil et les Étoiles »; ce mémoire paraîtra prochainement (en mai) dans l'*Astrophysical Journal*. Pour ce qui concerne H₂ et AIH, nos résultats concordent avec ceux qu'a obtenus H. N. Russell par une méthode un peu différente. Nous remercions vivement le Prof Russell d'avoir bien voulu nous communiquer ses résultats plusieurs mois avant leur publication.

Institut d'Astrophysique de l'Université de Liège,
11 janvier 1934.

(1) *Loc. cit.*