METHODES DE MESURE DE LA TEMPERATURE DE ROTATION-VIBRATION DE LA MOLECULE N_2^+
DANS UN PLASMA D'AZOTE PRODUIT PAR UN GENERATEUR A ARC.

par Jean-Marie Baronnet et Pierre Fauchais.

Laboratoire de Thermodynamique, Faculté des Sciences, 87, Limoges.

E. R. A. 18, E. N. S. M. A., rue Guillaume VII, 86, Poitiers.

RESUME. - Partant de l'intensité absolue d'une raie de rotation du spectre du premier système négatif de la molécule N_2^+ , nous exposons trois méthodes permettant de déduire la température de rotation-vibration des intensités absolues des têtes des bandes (0-0) et (0-1) et du rapport des intensités soit de deux raies soit de deux "domaines" de la bande (0-0). La précision de ces méthodes, utilisables jusqu'à 12500°K, est de l'ordre de 10 % entre 4000 et 9000°K.

ABSTRACT. - From the absolute intensity of a rotation line of the spectra of the first negative system of the N_2^+ molecule, three methods can be deduced allowing the measurement of the rotation-vibration temperature from the absolute intensities of the band heads (0-0) and (0-1) and from the ratio of intensities either of two lines or of two "fields" of the band (0-0). The accuracy of these methods, applicable to 12500°K, is about 10 % between 4000 and 9000°K.

Dans un plasma d'azote produit à la pression atmosphérique par un générateur à arc [1], entre 5000 et 3300 Å, on observe principalement le spectre du premier système négatif $B^2\Sigma_u^+ \rightarrow X^2\Sigma_g^+$ de la molécule N_2^+ qui a souvent été utilisé pour mesurer des températures T inférieures à 2000°K. Les intensités absolues d'une raie P et d'une raie R sont :

$$(1) \quad I_P = 96 \pi^3 c \frac{N}{Q} S_{n''v''}^{n'v'} \phi \sigma^4 K \exp(-hc (T_e + G'(v') + F'_v(K-1)) / RT)$$

$$(2) \quad I_R = 96 \pi^3 c \frac{N}{Q} S_{n''v''}^{n'v'} \phi \sigma^4 (K+1) \exp(-hc (T_e + G'(v') + F'_v(K+1)) / kT)$$

où $\phi = 1/2 + (-1)^K/6$ et où les valeurs de $S_{n''v''}^{n'v'}$, de N et de Q , et des constantes nécessaires aux calculs de T_e , $G'(v')$ et $F'_v(K)$, sont données respectivement par Nicholls [2], Drellishak [3] et Herzberg [4].

Pour $T > 4000^\circ K$ les bandes sont très développées : d'une part seules les têtes des premières bandes de chaque séquence ne sont pas recouvertes par les queues des bandes précédentes, d'autre part les raies R telles que $K_R = j$ sont pratiquement confondues avec les raies P telles que $K_P = j + C$, C étant une constante pour chaque bande, et il est quasi-impossible avec un monochromateur moyennement dispersif (Jobin-Yvon HR S1) de résoudre complètement les raies de rotation.

Les expressions (1) et (2) permettent de déduire la température de rotation-vibration T soit :

1 - de la mesure de l'intensité absolue de la tête de la première bande d'une séquence obtenue en sommant (1) de $K = 1$ à 26 pour la bande (0-0) par exemple.

2 - du rapport R des intensités de deux raies

globales K_1 et K_2 (superposition d'une raie P et d'une raie R désignée par $K = K_P$) telles que les différences entre les nombres quantiques de rotation des états initiaux soient grandes (écarts d'énergies élevés entraînant une meilleure précision [5]).

3 - du rapport des intensités de deux "domaines"

d'une bande afin de diminuer l'erreur sur la détermination du profil exact de la base d'une raie.

Pour la méthode 2, la bande (0-0) est la plus appropriée et compte tenu des perturbations [6] qui interviennent au niveau de $K = 40$ et $K = 65$ nous avons pris $30 \leq K_1 \leq 38$ et $68 \leq K_2 \leq 78$ en déterminant pour ce dernier domaine (tableau I) les raies des bandes (1-1), (2-2) et (3-3) confondues, l'intensité n'étant en fait pas modifiée par les raies (3-3). L'évolution en fonction de T [7] des rapports $R(K_1, K_2)$ est représentée sur la figure 1. Etant donnée la difficulté de déterminer le profil de la base

d'une raie, il est nécessaire de prendre la moyenne arithmétique $\bar{T}$ des températures obtenues avec plusieurs couples de raies.

Pour la méthode 3 le rapport R de deux domaines varie nettement avec T pour les deux domaines $K = 32$ à 38 et $K = 70$ à 76 de la bande (0-0) (cf. fig. 1).

En appliquant les méthodes précédentes nous avons représenté sur la figure 2 la distribution radiale de la température de rotation-vibration dans une tranche du jet de plasma après avoir déduit les intensités des brillances compte tenu des phénomènes d'auto absorption [8].

Comme on peut le constater au-delà de 9000°K , l'imprécision sur les températures déduites des intensités absolues des têtes de bande croît considérablement (N/Q devient quasi-constant avant de diminuer) tandis que les températures obtenues par les rapports d'intensité concordent mais à 15 % près (la pente des courbes $R = f(T)$ devient faible (cf. fig. 1)).

CONCLUSION : En deçà de 12500°K nous pouvons déduire la température de rotation-vibration par les méthodes indiquées. Entre 4000°K et 9000°K leur précision est acceptable (10 %), mais au-delà de 9000°K elle diminue pour atteindre 20 % à 12500°K .

En ajoutant 2 % d'hydrogène à l'azote alimentant le générateur à plasma, nous avons mesuré simultanément la température de rotation-vibration et la température des électrons par élargissement de H_β [1] entre 9000 et 12000°K ; la différence entre les températures obtenues n'excédant pas la précision de nos mesures nous en avons déduit que l'hypothèse de l'équilibre thermodynamique local était vérifiée.

	K_P	K_R	K_P	K_R	K_P	K_R	K_P	K_R	K_P	K_R	K_P	K_R	K_P	K_R	K_P	K_R	K_P	K_R
0-0	70	43	71	44	72	45	73	46	74	47	75	48	76	49	77	50	78	51
1-1					61	33							66	38	67	39		
2-2	42	14	44	16	46	18	48	20	50	22	51	23	53	25	55	27	56	28
3-3					17,18		26			1		5				11		
					19,20		27		31	2	34	6	37	9	40	12	43	14
					21													

Tableau I.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] FAUCHAIS (P.), Thèse Doctorat ès Sciences Physiques, Poitiers, 1968.
- [2] NICHOLLS (R.W.), J. Atmosph. Terr. Phys., 1963, 25, 218.
- [3] DRELLISHAK (K.S.) et al., A E D C - T D R 64 - 12, 1964.
- [4] HERZBERG (G.), Molecular Spectra and Molecular Structure - Tome I, D. Van Nostrand Company, New-York, 1950.
- [5] CABANNES (F.), Les Très Hautes Températures et

- leurs Mesures, (3^{ème} Colloque National sur la Chimie des Hautes Températures, Paris, 11-12 Décembre 1962), C.N.R.S., Paris, 1963.
- [6] CHILDS (W.H.J.), Proc. Roy. Soc. London, 1932, 137, 641.
- [7] BARONNET (J.M.), Thèse Doctorat de Troisième Cycle, Poitiers, 1971.
- [8] ANDRES (F.) Rapport interne 112 - 70 au Laboratoire d'Energétique de la Faculté des Sciences de Poitiers, 1970.