

N° d'ordre

THÈSE

PRÉSENTÉE À L'UNIVERSITÉ DE PARIS-SUD

CENTRE D'ORSAY

PAR

Korchi MASMOURI

LABORATOIRE AIMÉ COTTON

C. N. R. S.

POUR OBTENIR

le titre de DOCTEUR de troisième cycle

SPECIALITÉ

SPECTRONOMIE

Sujet : CONTRIBUTION A L'INTERPRETATION DU
SPECTRE DU LUTECIUM NEUTRE.
SPECTRE D'ABSORPTION DU DYSPROSIUM.

SOUTENUE LE 30 Juin 1972 DEVANT LA COMMISSION D'EXAMEN

M. P. JACQUINOT ...	:	Président
MM. H.H. STROKE	}	Examineurs
T. BEN MENA.....		
P. CAMUS		

REMERCIEMENTS

Ce travail a été effectué au Laboratoire Aimé Cotton. Je prie Monsieur le Professeur Jacquinet d'accepter l'expression de mes remerciements pour l'accueil qu'il m'y a réservé.

Je voudrais exprimer à Monsieur J. Blaise, Directeur de Recherche au C.N.R.S., ma gratitude pour le soutien qu'il m'a témoigné.

Que Monsieur P. Camus, qui m'a dirigé et conseillé tout au long de ce travail, trouve ici l'expression de toute ma reconnaissance et mes remerciements.

J'aimerais aussi remercier J.F. Wyart qui m'a communiqué les mesures très précieuses des structures Zeeman du dysprosium.

Ce travail n'aurait pu être mené à bien sans la diligence et la célérité des techniciens du laboratoire, je voudrais exprimer à tous, et particulièrement à Monsieur Oppenheimer, ma profonde gratitude et mes remerciements.

Je remercie également Monsieur M. Horani, du Laboratoire de Photo-physique Moléculaire d'Orsay, qui a mis à ma disposition le comparateur semi-automatique pour la mesure des longueurs d'onde.

Enfin, je tiens à remercier Mme Renault, Monsieur Demarets et Monsieur Rey pour s'être occupés de dactylographier et d'illustrer ce manuscrit avec compétence et célérité.

TABLE DE MATIERES

INTRODUCTION

Première Partie: CONTRIBUTION A L'INTERPRETATION DU SPECTRE DE LUTECIUM I.

I - GENERALITES.

- 1) Calcul des éléments de matrice de l'interaction électrostatique Q.
- 2) Calcul des éléments de matrice de l'interaction spin-orbite Λ .
- 3) Processus d'optimisation des paramètres et d'identification des niveaux d'énergie.

II - ETUDE THEORIQUE DES CONFIGURATIONS $5d6s6p + 6s^27p + 5f6s^2 + 5d^26p$ de Lu I.

- 0) Remarques préliminaires.
 - 1) Introduction.
 - 2) Etude théorique
 - 3) Comparaisons des résultats théoriques avec les résultats expérimentaux.
 - a) Energie et désignation des niveaux dans le couplage L.S.
 - b) Etude des couplages $[5d j_1, (6s6p)J_2]$ et intensité des transitions entre les niveaux impairs et le doublet fondamental $5d6s^2(^2D)$

c) Défaut quantique des termes $6s^2 7p$ ($^2P^o$) et $5f6s^2$ ($^2F^o$)

4) Conclusion.

Deuxième Partie: SPECTRE D'ABSORPTION DU
DYSPROSIUM

I - INTRODUCTION.

II - DISPOSITIF EXPERIMENTAL.

- 1) La source.
- 2) La cellule d'absorption.
- 3) L'inducteur.
- 4) Mesure de la température du four.
- 5) Le spectrographe.

III - RESULTATS ET INTERPRETATIONS.

- 1) Liste des impuretés observées en absorption.
- 2) Classification des raies.
- 3) Comparaison de l'intensité des raies classées et étude de la distribution des populations sur les niveaux fondamentaux.
- 4) Conclusion.

BIBLIOGRAPHIE.

INTRODUCTION

Le but de notre travail a été de contribuer à l'interprétation et la classification des spectres de terres rares. Nous avons d'une part poursuivi l'interprétation du spectre de Lu I par l'étude théorique des configurations $5d6s6p + 6s^2 7p + 5f6s^2 + 5d^2 6p$, et d'autre part nous avons mesuré et interprété le spectre d'absorption du dysprosium neutre entre 2400 \AA et 4100 \AA .

Le plan de ce mémoire est divisé en deux parties. Dans une première partie, après quelques rappels sur le principe des méthodes de Racah pour calculer les énergies des niveaux d'une configuration électronique, nous présenterons les résultats obtenus dans l'étude théorique des configurations $5d6s6p + 6s^2 7p + 5f6s^2 + 5d^2 6p$.

L'étude des différents couplages possibles LS, $j_1 j_2$ et $J_1 j_2$ de $5d6s6p$ nous a permis de montrer que les intensités des transitions entre les niveaux impairs et le doublet fondamental $5d6s^2 ({}^2D)$ suivaient les règles de sélection dans le couplage $[(5d) j_1 (6s6p) J_2]$. L'interprétation de quelques niveaux impairs de J indéterminé $3/2$ ou $5/2$ a pu être modifiée dans ce sens.

Enfin, en montrant que les variations observées du défaut quantique des termes $6s^2 7p ({}^2P^o)$ et $5f6s^2 ({}^2F^o)$ résultent principalement des interactions des termes ${}^2P^o$ et ${}^2F^o$ de la configuration $5d6s6p$, nous avons modifié l'interprétation de ces niveaux par rapport à celle donnée par Klinkenberg [2] en 1954.

La deuxième partie est relative au spectre d'absorption du dysprosium. La technique du four à induction King-Tomkins nous a permis d'obtenir une atomisation homogène en partant de quelques milligrammes de dysprosium métallique. Le spectre d'absorption du dysprosium a été observé dans de bonnes conditions entre 4100 \AA et 2478 \AA . La mesure des longueurs d'onde de 1418 raies observées et leur interprétation ont permis d'établir 81 nouveaux niveaux élevés du dysprosium I. L'examen des intensités des raies absorbées nous a révélé une distribution non-Boltzmannienne des populations sur les niveaux d'énergie de départ.

Première Partie

CONTRIBUTION A L'INTERPRETATION

DU SPECTRE DE LUTECIUM I

I - GENERALITES.

Les états stationnaires d'un atome dans les hypothèses approximatives suivantes

- un noyau ponctuel infiniment lourd de charge électrique Ze
- électron de masse m de charge e , de spin $1/2$ et de vitesse non relativiste, sont solutions de l'équation de Schrödinger

$$\left[\sum_{i=1}^N \left(\frac{p_i^2}{2m} - \frac{Ze^2}{r_i} \right) + \sum_{i>j=1}^N \frac{e^2}{r_{ij}} + \sum_i^N \xi(r_i) \vec{s}_i \cdot \vec{l}_i \right] \Psi = E\Psi$$

L'interaction électrostatique $Q = \sum_{i>j=1}^N \frac{e^2}{r_{ij}}$ ne permet pas la séparation des variables et est trop grande pour appliquer directement la théorie des perturbations. On suppose alors que l'électron se déplace dans un potentiel électrique central $-\frac{U(r)}{e}$ et l'hamiltonien s'écrit:

$$H = H_0 + H_1$$

où H_0 est l'hamiltonien principal à variables séparées

$$H_0 = \sum_{i=1}^N \left[-\frac{Ze^2}{r_i} - U(r_i) \right] + \sum_{i>j}^N \frac{e^2}{r_{ij}} + \sum_{i=1}^N \xi(r_i) \vec{s}_i \cdot \vec{l}_i$$

Les valeurs propres de H_0 représentent les énergies des configurations somme d'énergies monoélectroniques $E_0 = \sum_i E_i(n_i, l_i)$ et les vecteurs propres correspondant sont mis sous la forme de déterminants

$$\Psi = \frac{1}{\sqrt{N!}} | \varphi_j(K_i) |$$

donc antisymétriques pour tout échange d'indice.

$$\varphi_j(K_i) = \varphi_{i n_i l_i, m_{l_i} m_{s_i}} = \frac{R_{n_i l_i}(r_j)}{r_j} Y_{l_i m_{l_i}}(\theta_j, \varphi_j) \delta(\sigma_j, m_{s_i})$$

est une fonction d'onde monoélectrique.

$Y_{l_i m_{l_i}}$ est une harmonique sphérique fonction des variables angulaires θ et φ .

$\delta(\sigma_j, m_{s_i})$ est la fonction de spin.

$R_{n_i l_i}(r_j)$ est une fonction qui dépend du potentiel $U(r)$ choisi.

En négligeant l'interaction avec les autres configurations les niveaux d'énergie sont représentés au premier ordre de la théorie des perturbations par les valeurs propres de l'opérateur H_1 ; H_1 est mis sous forme de matrices dépendantes de J , sur la base du couplage limite (LS ou jj) choisi à l'avance. Les états propres seront des combinaisons linéaires de ces états de base.

Dans H_1 le terme $\sum_{i=1}^N \left[-\frac{Ze^2}{r_i} - U(r_i) \right]$ apporte une même contribution énergétique pour tous les états d'une configuration et seule l'interaction coulombienne $Q = \sum_{i>j}^N \frac{e^2}{r_{ij}}$ et l'interaction spin-orbite $\Lambda = \sum_{i=1}^N \xi(r_i) s_i \cdot l_i$ lèvent la dégénérescence sur ces états.

Les éléments de la matrice de Q et de Λ sont calculés par la

méthode des opérateurs tensoriels de Racah.

Les opérateurs Q et A peuvent s'exprimer à l'aide d'opérateurs tensoriels élémentaires $W^{(n, k)}(nl, n'l')$ définis par leurs éléments de matrice réduits

$$\begin{aligned} \langle n_a, l_a || W^{(n, k)}(nl, n'l') || n_b, l_b \rangle = \\ \delta(n_a, n) \delta(l_a, l) \delta(n_b, n') \delta(l_b, l') [n]^{1/2} [k]^{1/2} \end{aligned}$$

où $[n] = 2n + 1$ et $[k] = 2k + 1$.

1) Calcul des éléments de matrice de l'interaction électrostatique Q.

L'interaction coulombienne, écrite sous la forme d'une somme de produit scalaire d'opérateurs $C_i^{(k)}$ [12]

$$Q = \sum_k \sum_{i > j} C_i^{(k)} \cdot C_j^{(k)} \frac{r_{ij}^k}{r_{ij}^{k+1}}$$

peut aussi s'exprimer au moyen des opérateurs tensoriels doubles

$W_i^{(ok)}(nl, n'l')$ avec pour

$$C_i^{(k)} = \sqrt{2} [k]^{-1/2} \sum_{nl, n'l'} W_i^{(o, k)}(nl, n'l') (nl || C^{(k)} || n'l') \quad [11]$$

L'opérateur Q devient alors équivalent à l'expression suivante [1]

$$Q = 2 \sum_k [k]^{-1} \sum_{i > j} \sum_{\substack{nl, n'l' \\ n''l'', n'''l'''}} W_i^{(ok)}(nl, n'l') \cdot W_j^{(ok)}(n''l'', n'''l''')$$

$$\times (nl || C^{(k)} || n'l')(n''l'' || C^{(k)} || n'''l''') R^k(nln''l'', n'l'n'''l''')$$

où R^k est une intégrale de Slater de la forme

$$e^2 \int_0^\infty \int_{0^>}^\infty \frac{r_1^k}{r_1^{k+1}} R_{nl}^*(1) R_{n''l''}^*(2) R_{n'l'}(1) R_{n'''l'''}(2) dr_1 dr_2$$

Dans une configuration 2 types d'intégrales R^k interviennent:

$$F^k = R^k(ll'l', ll'l') \text{ intégrales directes}$$

$$G^k = R^k(ll'l', l'l'l) \text{ intégrales d'échange}$$

Les termes correspondant de Q' prennent les formes particulières suivantes:

a) $G^k(nl, n'l') :$

$$4 \sum_k [k]^{-1} \sum_{i>j} W_i^{(o k)}(nl, n'l') \cdot W_j^{(o k)}(n'l', nl) (-1)^{l+l'}$$

$$\times (nl || C^{(k)} || n'l')^2 G^k(nl, n'l')$$

b) $F^k(nl, n'l') : nl \neq n'l'$

$$4 \sum_k [k]^{-1} \sum_{i>j} W_i^{(o k)}(nl, nl) \cdot W_j^{(o k)}(n'l', n'l')$$

$$\times (nl || C^{(k)} || nl)(n'l' || C^{(k)} || n'l') F^k(nl, n'l')$$

c) $F^k(nl, nl) : (\text{électrons équivalents})$

$$2 \sum_k [k]^{-1} \sum_{i>j} W_i^{(o k)}(nl, nl) \cdot W_j^{(o k)}(nl, nl)$$

$$\times (nl || C^{(k)} || nl)^2 F^k(nl, nl)$$

Les propriétés de transformation des opérateurs sont identiques à celles des états et par conséquent du point de vue mathématique formel, les rangs des opérateurs se couplent entre eux comme les moments angulaires d'un ket.

L'élément de matrice réduit $(\ell || C^k || \ell')$ est égal à

$$(-1)^\ell \{[\ell][\ell']\}^{\frac{1}{2}} \begin{pmatrix} \ell & k & \ell' \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Le nombre d'intégrales de Slater est limité par les conditions de non nullité des symboles $3j$

- $|\ell - \ell'| \leq k \leq \ell + \ell'$ condition triangulaire

- $\ell + k + \ell'$ est pair

2) Calcul des éléments de matrice de l'interaction spin-orbite Λ .

La partie angulaire de l'interaction spin-orbite Λ s'écrit [11]:

$$\sum_i s_i \cdot l_i = [\ell(\ell+1)(2\ell+1)/6]^{\frac{1}{2}} \sum_i W_i^{(1,1)}(n\ell, n\ell)$$

Le nombre d'intégrales composant Λ est égal au nombre d'électrons des couches ouvertes de ℓ différent de zéro.

3) Processus d'optimisation des paramètres et d'identification des niveaux d'énergie.

Le programme SUPRAC écrit par Y. Bordarier [11] pour l'Univac 1108 d'Orsay permet d'établir les formules littérales selon l'algèbre de Racah de tous les éléments de matrice d'un produit ou d'une somme d'opérateurs tensoriels doubles $W^{(\kappa k)}(\ell, \ell)$ en partant de l'écriture du bra et du ket dans un codage conventionnel se rapprochant le plus possible du formalisme vectoriel.

F^k , G^k et $\xi_{n\ell}$ dépendant de $U(r)$ sont traités comme des paramètres ajustables P_k représentant la partie radiale de H_1 . Les formules représentant la partie angulaire écrite sous la forme littérale d'un produit de symboles $3j$, $6j$ et $9j$, et obtenu à l'aide du programme SUPRAC [11] sont calculées à l'aide du programme AGENAC [13]. Ce programme présente la partie angulaire de chaque opérateur de Q et de Λ sous forme de coefficients de matrice α_{ij}^{JK} .

Les coefficients α_{ij}^{JK} d'une ou plusieurs configurations sont assemblées en matrices dépendantes de J par le programme ASSAC [14].

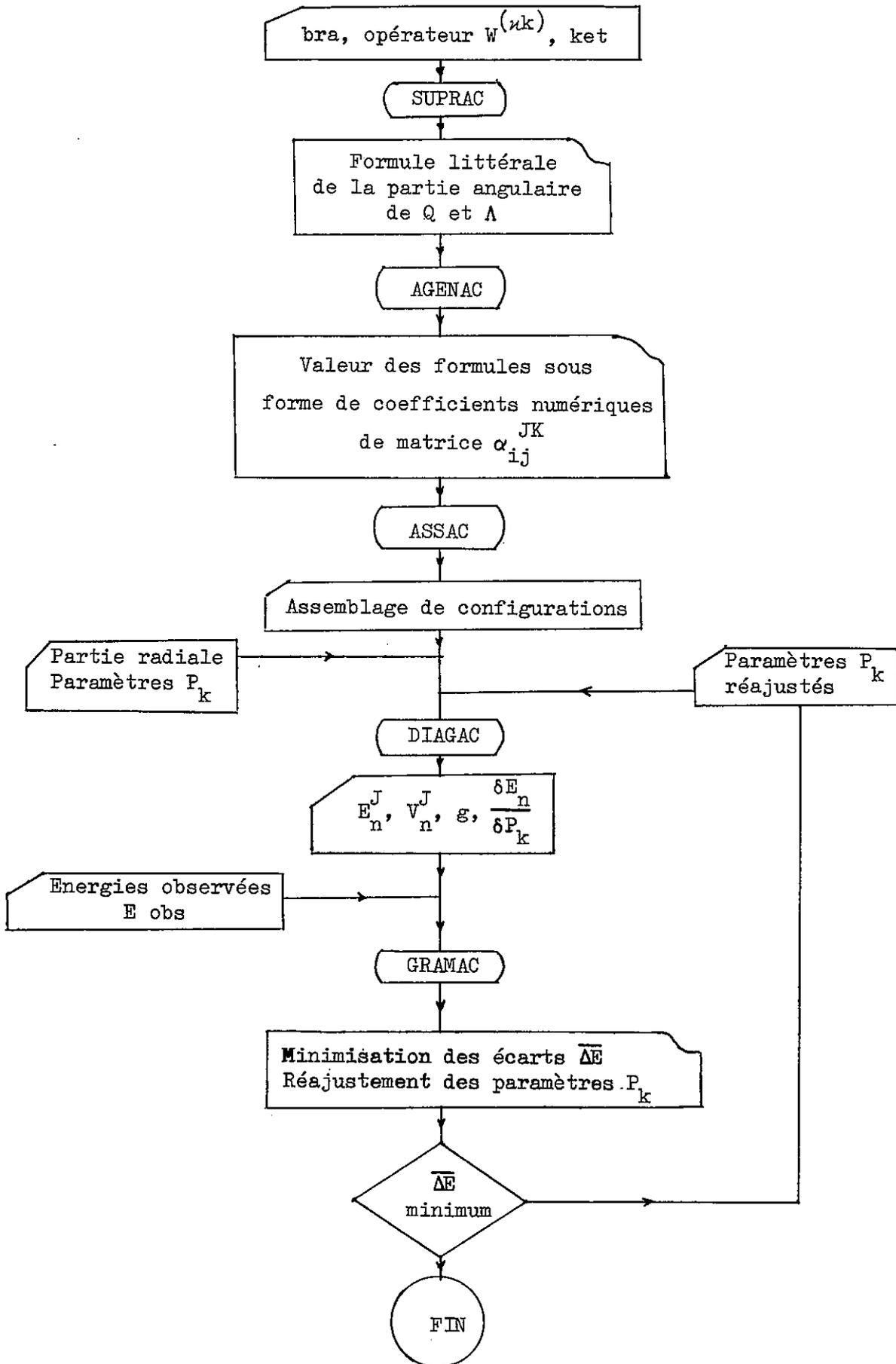
A partir des paramètres P_k et des coefficients α_{ij}^{JK} le programme DIAGAC [15] construit et diagonalise en J les matrices représentant l'interaction coulombienne Q et l'interaction spin-orbite Λ . Les vecteurs propres V_n^J correspondant aux valeurs propres E_n^J sont exprimés comme des combinaisons linéaires $\sum_i V_{in}^J$ des vecteurs de

base (LS ou jj). DIAGAC [15] calcule en outre les facteurs de Landé g en couplage intermédiaire et les dérivées premières des énergies par rapport aux paramètres P_k

$$\frac{\delta E_n}{\delta P_k} = \sum_{ij} V_{in} V_{jn} \alpha_{ij}^{JK}$$

A partir de ces dérivées et des premiers niveaux expérimentaux identifiés, le programme GRAMAC [16] permet d'ajuster les valeurs des paramètres en minimisant les écarts entre les énergies calculées et observées des niveaux identifiés; les valeurs propres et les facteurs de Landé g permettent de prévoir approximativement des énergies des niveaux inconnus.

Schéma de la chaîne de programme.



La qualité de l'interprétation sera, bien entendu, fonction du choix initial des paramètres P_k . Les paramètres internes des configurations F_k, G_k, E_{nl} sont connus pour les terres rares avec une incertitude moyenne de 20%.

C'est cette méthode que nous avons utilisée et qui nous a permis d'apporter une contribution théorique à l'interprétation du spectre de La I . D'autres critères que ceux de la minimisation entre niveaux observés et calculés ont été utilisés, comme les facteurs de Landé et l'intensité relative des raies, ce qui nous a permis de changer quelques interprétations faites par Klinkenberg il y a quelques années.

II - ETUDE THEORIQUE DES CONFIGURATIONS

5d6s6p + 6s²7p + 5f6s² + 5d²6p du Lu I.

Cette étude a fait l'objet d'un article soumis au journal Physica pour publications et dont nous reproduisons ci-après le contenu en y ajoutant quelques explications supplémentaires dans le paragraphe 0).

0) Remarques préliminaires.

a) - Les paramètres donnés correspondant aux intégrales $F_k(n\ell, n'\ell')$ et $G_k(n\ell, n'\ell')$ sont définis par Condon et Shortley [17] comme suit:

$$F_k(n\ell, n'\ell') = F^k(n\ell, n'\ell')/D_k$$

$$G_k(n\ell, n'\ell') = G^k(n\ell, n'\ell')/D_k$$

où D_k est un dénominateur dépendant uniquement de ℓ et ℓ' et qui permet d'éviter les coefficients fractionnels.

b) - L'intensité des raies est proportionnelle au carré de l'opérateur moment dipolaire électrique pris entre les deux états impliqués dans une transition. Les états qui nous intéressent ici expri-

més en couplage $j_1 j_2$ sont

$\Psi = [(5d)j_1, (6s^2)^1 S_0] J$ pour la configuration fondamentale $5d6s^2$ et

$\Psi' = [(5d)j'_1, (6s6p)S'_2 L'_2 J'_2] J'$ pour la configuration impaire excitée $5d6s6p$

soit $J = k \times \sum_{M_J M_{J'}} | \langle J M_J | \vec{er} | J' M_{J'} \rangle |^2$

avec $k = N(M_J) h\nu \frac{64 \pi^4 \sigma^3}{3h}$

où $N(M_J)$ est la population du niveau supérieur dans l'état (M_J) [17].

\vec{er} est un tenseur d'ordre 1 qui s'exprime au moyen du tenseur C^1

$$\begin{aligned} (e\vec{r})_z &= er C_0^1 \\ (e\vec{r})_x &= er \frac{1}{\sqrt{2}} (C_{-1}^1 - C_1^1) \\ (e\vec{r})_y &= er \frac{i}{\sqrt{2}} (C_{-1}^1 + C_1^1) \end{aligned}$$

En lumière non polarisée toutes les composantes ont un rôle identique. D'où:

$$J = k \sum_{M_J M_{J'}} | \langle J M_J | C_0^1 | J' M_{J'} \rangle \langle J M_J | er | J' M_{J'} \rangle |^2$$

après intégration de la partie radiale $|\langle \Psi | er | \Psi' \rangle|^2 = A$, et

par application du théorème de Wigner-Eckart

$$I = 9 kA \sum_{M_J M_{J'}} | (-1)^{J-M_J} \begin{pmatrix} J & 1 & J' \\ M_J & 0 & M_{J'} \end{pmatrix} \langle J || C^1 || J' \rangle |^2$$

Ensuite par trois découplages successifs en utilisant les formules

(3,36) de Judd [12] on obtient

$$I = kA \delta(j_1, j'_1) \delta(0, S'_2) \delta(1, J'_2) \delta(j_1, J) [J']$$

c) Dans la théorie du défaut quantique la différence entre le nombre quantique azimuthal n et le nombre quantique effectif n^* , ou défaut quantique, mesure la validité de l'approximation du modèle de Bohr pour les atomes à plusieurs électrons. Nous savons que pour les orbites électroniques de petite ellipticité telles que d, f, g dont le nombre quantique azimuthal l est élevé, le défaut quantique μ_n est petit et la variation de $\delta\mu_n$ est faible. Par contre, pour les électrons s et p qui pénètrent dans le coeur (noyau + $(Z-1)$ électrons), le défaut quantique μ_n est relativement grand (~ 4 pour la série $np6s^2$ de LuI) et les perturbations des séries observées provoquées par d'autres niveaux rendent difficiles l'interprétation de la variation du défaut quantique pour les termes profonds.

A titre d'exemple la figure I représente les variations des défauts quantiques μ_n en fonction de l'énergie réduite:

$$t = \frac{1}{(n^*)^2} = \frac{T}{R}$$

Pour la série $np6s^2$ de LuI on peut remarquer que le point pour $7p6s^2$ se situe tout à fait en dehors d'une courbe représentant une variation lente du défaut quantique. Après traitement de l'interaction de configuration avec $5d6s6p$ et en tenant compte de

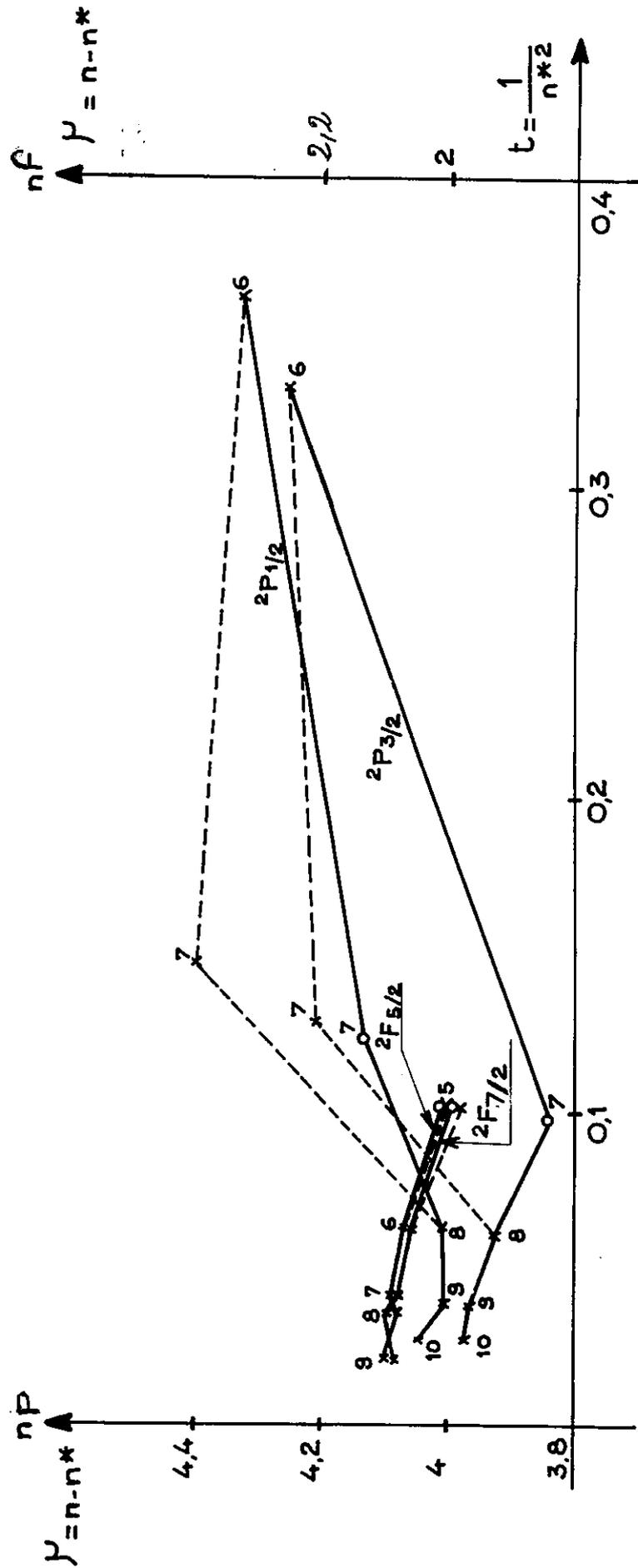


Fig.I

la position non perturbée du centre de gravité calculé du terme $7p6s^2(2P^o)$, le point ne présente pas une grande variation de μ_n . La figure I montre aussi que l'approximation de l'atome hydrogénoïde est d'autant meilleure que la variation du défaut quantique est faible; c'est ainsi que pour les séries $2D - nf$ $2F$ la courbe tend vers une droite.

1 - INTRODUCTION

L'observation récente du spectre d'absorption du lutécium entre 3 000 Å et 2 300 Å [1] et l'identification des séries de Rydberg $ns6s^2$, $np6s^2$, $nd6s^2$ et $nf6s^2$ qui aboutissent à la première limite d'ionisation de l'atome neutre, soit le niveau $6s^2 \ ^1S_0$ de Lu II à $43\ 762,39 \pm 0,10\text{cm}^{-1}$, ont permis de mettre en évidence une variation irrégulière du défaut quantique pour les termes profonds $6s^2 7p$ ($^2P^o$) et $5f6s^2$ ($^2F^o$) de Lu I. L'interprétation des niveaux impairs, donnée en 1954 par Klinkenberg [2], complétée en 1963 par l'étude des structures Zeeman des raies intenses effectuée par Pinnington [3], a montré que la désignation dans le couplage LS (Russell-Saunders) attribuée à certains niveaux n'était pas sans ambiguïté. Pour lever ces incertitudes et montrer que les variations observées du défaut quantique des termes $6s^2 7p$ ($^2P^o$) et $5f6s^2$ ($^2F^o$) résultaient principalement des interactions avec les termes $^2P^o$ et $^2F^o$ de la configuration $5d6s6p$, nous avons entrepris l'étude théorique des énergies des niveaux impairs suivant les méthodes de Racah, explicitées par Judd.

2 - ETUDE THEORIQUE

Dans une première étape, la configuration $5d6s6p$ qui comprend 23 niveaux, a été décrite à l'aide de 8 paramètres correspondant aux intégrales $F_K(11')$, $G_K(11')$ et ζ_{nl} définies par Condon et Shortley pour l'énergie électrostatique Q et l'énergie spin-orbite A des électrons. Comme il est annoncé plus haut, nous avons dans une deuxième

étape introduit dans notre calcul les interactions des configurations proches telles que $6s^2 7p$ ($^2P^o$) et $5f 6s^2$ ($^2F^o$) au moyen de 4 paramètres $R^k(\ell\ell', \ell''\ell''')$. Enfin, d'après les estimations de Brewer [4], fondées sur les propriétés thermodynamiques et spectroscopiques des terres rares, nous avons fixé la position du plus bas niveau de la configuration $5d^2 6p$, encore inconnue, à $40\ 000\text{cm}^{-1}$ et étudié le mélange des niveaux des deux configurations $5d 6s 6p$ et $5d^2 6p$. On a donné aux paramètres de $5d^2 6p$ les valeurs obtenues pour la configuration $5d 6s 6p$. On a donné aux intégrales directes de $5d^2$ et aux intégrales d'interaction $R^k(\ell\ell', \ell''\ell''')$ avec $5d 6s 6p$ et $6s^2 7p$, les valeurs trouvées dans l'étude théorique des configurations $4f^{13}(5d + 6s)^2 6p$ de Yb I [5], soient en cm^{-1} : $B(d^2) : 320$, $C(d^2) : 1\ 080$, $R^2(d^2, ds) : -12\ 600$, $R^2(d^2, s^2) : 13\ 500$, $R^1(dp, ps) : -9\ 480$ et $R^2(dp, sp) : -7\ 900$.

3 - COMPARAISON DES RESULTATS THEORIQUES AVEC LES RESULTATS EXPERIMENTAUX.

a) Energie et désignation des niveaux dans le couplage LS

La table I rassemble les valeurs des paramètres obtenues après plusieurs itérations successives, diagonalisation des matrices J de l'énergie et moindre carré entre les énergies observées et calculées des niveaux.

L'écart quadratique moyen $\overline{\Delta E}$ est défini par la relation :

$$\overline{\Delta E} = \left[\frac{\sum (E_{\text{obs}} - E_{\text{calc}})^2}{N - p} \right]^{1/2}$$

où $E_{\text{obs}} - E_{\text{calc}}$ est la différence entre l'énergie observée et calculée d'un niveau, N est le nombre de niveaux observés et p le nombre des paramètres libres dans les équations de moindre carré. On remarque que le traitement successif des interactions de configuration avec $6s^2 7p$, $5f6s^2$ et $5d^2 6p$ a permis de réduire progressivement l'écart quadratique $\overline{\Delta E}$ de 27%, lequel représente 1,5% de l'intervalle en énergie des niveaux observés. La déviation moyenne δg entre les facteurs de Landé g calculés et ceux mesurés par Pinnington a baissé aussi. Certains paramètres ont été fixés, après plusieurs itérations, aux valeurs qui donnent le meilleur accord pour les niveaux fortement mélangés comme ceux de $5d6s6p$ avec les niveaux de $6s^2 7p$ ($^2P^o$) et de $5f6s^2$ ($^2F^o$).

La table II rassemble les résultats obtenus. Le plus fort pourcentage de composition des vecteurs propres sur la base LS de départ, $[((5d6s)S_1 L_1, 6p)SL]$, est donné afin de confronter nos résultats aux interprétations de Klinkenberg. Le niveau 28 020 $5/2$, construit sur le parent $[(5d6s)^1 D]$, dont le facteur de Landé a été mesuré par Pinnington appartient au terme $^2F^o$ et non à $^2D^o$. Ce résultat avait déjà été obtenu par Göbel [6] à partir d'expériences de croisements de niveaux. Les deux niveaux 29 607 et 30 488 possèdent bien un J égal à $3/2$ et les composantes de leurs vecteurs propres sont fortement mélangées entre $6s^2 7p$ ($^2P^o$) et $5d6s6p$ ($^2P^o$); pour obtenir le facteur de Landé 1,23 du niveau 30 488 $3/2$, il est nécessaire que le mélange avec $6s^2 7p$ ($^2P^o$) soit environ de 50%. Le niveau 30 183 convient très bien en énergie avec un J égal à $5/2$ et correspond au terme $[((5d6s)^3 D, 6p)^2 F^o]$. De même, les niveaux 33 443 $1/2$ et 34 436 $3/2$,

interprétés par Klinkenberg comme étant ceux de $6s^2 7p (^2P^o)$ en raison des transitions assez fortes observées avec le niveau pair $6s^2 7s (^2S)$, appartiennent bien à la configuration $5d6s6p$ comme l'avait montré l'analyse des séries de Rydberg $n l 6s^2$ de Lu I [1]. Ces transitions, strictement interdites en émission dipolaire électrique dans un modèle purement monoconfigurationnel, sont expliquées à l'aide des pourcentages de composition des niveaux $33\ 443\ 1/2$ et $34\ 436\ 3/2$ en $6s^2 7p (^2P^o)$, respectivement 7% et 29% .

b) Etude du couplage $[5dj_1, (6s6p)J_2]$ et intensité des transitions entre les niveaux impairs et le doublet fondamental $5d6s^2 (^2D)$.

La prise en considération, pour interpréter les niveaux impairs de J indéterminé $3/2$ ou $5/2$, des intensités des transitions avec le doublet fondamental $5d6s^2 (^2D)$, nous a conduit au calcul des vecteurs propres de $5d6s6p$ sur des bases intermédiaires $J_I J_{II}$ ou $J_I L_{II}$. Les puretés obtenues pour les 23 niveaux de $5d6s6p$ dans les différents couplages étudiés sont les suivantes : 74% pour le couplage LS défini plus haut, 58% pour le couplage $[5dj_1, (6s6p)J_2]$ et 52% pour le couplage $[((5d6s)J_1, 6p)K1/2]$. Les règles de sélection entre les niveaux fondamentaux $[5dj_1, 6s^2 (^1S)0]$ et les niveaux impairs représentés dans le couplage $[5dj_1, (6s6p)[S_2 L_2]J_2]$ sont extrêmement simples. L'opérateur moment dipolaire électrique qui est monoélectronique n'agit entre $5d6s^2$ et $5d6s6p$ que sur la deuxième partie orbitale des fonctions d'onde "bra" et "ket" et impose les deux règles de sélection suivantes : $\Delta j_1 = 0$ et $\Delta S_2 = 0$. Ces deux conditions n'autorisent les transitions qu'entre les niveaux fondamentaux j_1 et les

niveaux impairs dont les composantes en $[5d_{j_1}, (6s6p)^1P_1]$ ne sont pas nulles. Dans l'hypothèse où l'intégrale dipolaire électrique $I(6s6p)$ est bien plus grande que les intégrales $I(5d7p)$ et $I(5d5f)$, l'intensité des transitions est proportionnelle au pourcentage de composition des vecteurs propres en $[3/2, ^1P_1]$ et en $[5/2, ^1P_1]$. Les résultats sont rassemblés dans la table III. Le pourcentage de composition de chaque vecteur propre en $[3/2, ^1P_1]$ ou $[5/2, ^1P_1]$ apparaît entre parenthèses et est comparé à l'intensité des transitions mesurées par Meggers et ses collaborateurs [7]. L'accord est bon pour les niveaux purs en $5d6s6p$, il est légèrement détérioré pour les niveaux mélangés avec $6s^2 7p (^2P^o)$ et $5f6s^2 (^2F^o)$ et il est raisonnable de penser que l'hypothèse faite sur la valeur de $I(6s6p) \gg I(5d7p) \equiv I(5d5f) \equiv 0$ n'est vraie qu'en première approximation. Nous avons attribué à certains niveaux dont la valeur J n'avait pu être fixée avec certitude suivant la loi de Ritz une valeur J bien définie en respectant les intensités des transitions dictées par les règles de sélection en couplage $[5d_{j_1}, (6s6p)J_2]$. Par exemple, le niveau 31 523 interprété dans [1] comme $5f6s^2 (^2F^o_{5/2})$ est sans aucun doute $3/2$ en raison des intensités observées des transitions. La raie 3 118,43 Å, d'intensité 200 et de classe III en température, est interprétée comme la transition $5d6s^2 ^2D_{3/2} - 32 058 \ 1/2$ en raison de l'absence dans $5d6s6p$ d'un niveau J , égal à $1/2$, de forte composante en $[3/2, ^1P_1]$. Le niveau 32 456, $3/2$ ou $5/2$, est identifié sans ambiguïté avec le niveau $[(^1D)^2D_{5/2}]$ pour les mêmes raisons. Devant la nouvelle affectation $J = 3/2$ du niveau 31 523, nous avons construit le niveau 31 470,50 $5f6s^2 (^2F^o_{5/2})$ à partir du niveau $^2D_{5/2}$ et à l'aide de la

raie $3\ 391,55\ \text{\AA}$ d'intensité 9 qui était la seule raie de classe III de King [8] non encore identifiée.

c) Défauts quantiques des termes $6s^2 7p\ (^2P^o)$ et $5f6s^2\ (^2F^o)$.

Le terme $6s^2 7p\ (^2P^o)$ est fortement mélangé à la configuration $5d6s6p$ et les deux niveaux choisis pour $6s^2 7p\ (^2P^o)$, $27\ 493\ 1/2$ et $29\ 607\ 3/2$, dans l'étude des séries de Rydberg [1] n'étaient pas purs expliquant a posteriori les valeurs des nombres quantiques effectifs, respectivement $2,59712$ et $2,78440$, qui concordent mal avec les valeurs observées des autres termes de la série $6s^2 n p\ (^2P^o)$. En tenant compte du mélange de $6s^2 7p\ (^2P^o)$ avec les autres niveaux de $5d6s6p$ et $5d^2 6p$, nous avons déterminé les positions théoriques non perturbées des niveaux du terme $6s^2 7p\ (^2P^o)$ qui sont de $30\ 383\text{cm}^{-1}$ et $32\ 811\text{cm}^{-1}$. Les valeurs calculées de n^* qui en découlent, $2,86389$ pour $(CG)^2P_{1/2}$ et $3,16549$ pour $(CG)^2P_{3/2}$ coïncident mieux avec la variation lente et régulière du défaut quantique tout au long de la série $6s^2 n p$. Pour les niveaux $31\ 470$ et $31\ 424$ de $5f6s^2\ (^2F^o)$, le choix des valeurs J est plus difficile à trancher. En suivant les résultats du calcul théorique du niveau $31\ 470$, il est probable que le J est $5/2$ en raison de son faible pourcentage d'appartenance à $5d6s6p$ expliquant ainsi l'absence dans les raies observées en émission de la transition $5f6s^2\ (^2F^o_{5/2}) - 5d6s^2\ (^2D_{3/2})$. Le niveau $31\ 424$ est interprété avec $5f6s^2\ (^2F^o_{7/2})$ car il est fortement mélangé avec le niveau voisin $31\ 751\ 7/2$ qui possède une grande composante $[5/2, ^1P_1]$ et, par conséquent, donne une transition assez forte avec $5d6s^2\ (^2D_{5/2})$. Là encore, en tenant compte du mélange de $5f6s^2\ (^2F^o)$

avec $5d6s6p$, les positions non perturbées obtenues à partir des calculs, 31 458 pour $(CG)^2F^o_{5/2}$ et 31 560 pour $(CG)^2F^o_{7/2}$, donnent les valeurs 2,98638 et 2,99884 pour le nombre quantique effectif, valeurs qui se rapprochent des grandeurs obtenues pour les autres termes non perturbés de la série $nf6s^2 (^2F^o)$ [1].

4 - CONCLUSION

Le diagramme de Grotrian des niveaux impairs de Lu I sur la figure III montre qu'un seul niveau J égal à 7/2 de $5d6s6p$ reste inconnu bien qu'il n'existe ni en absorption, ni dans la liste de King, de raie non classée au voisinage de la position prévue. Seules trois raies en émission de la liste de Meggers et Scribner [9], 3 518,89 Å, 3 521,18 Å et 3 525,94 Å pourraient convenir mais leurs intensités sont trop faibles en regard de l'intensité calculée et nous préférons attendre d'autres informations expérimentales (comme le spectre d'émission dans le domaine infra-rouge) pour conclure sur ce point. Un seul niveau donné par Klinkenberg, 40 558 3/2 ou 5/2, reste non identifié et il n'est pas improbable que ce soit un des premiers niveaux de la configuration $5d^26p$. Le traitement théorique de l'ensemble de configurations $5d6s6p + 5f6s^2 + 6s^27p + 5d^26p$ nous a permis de mieux comprendre les intensités observées des transitions entre les niveaux impairs et le doublet fondamental $5d6s^2 (^2D)$ et d'attribuer les valeurs de J de quelques niveaux sans aucun doute possible.

Entre autre, le mélange des termes $6s^2 7p$ ($^2P^o$) et $5f 6s^2$ ($^2F^o$) avec les niveaux de $5d 6s 6p$ rend bien compte des écarts observés dans la variation du défaut quantique pour les séries $6s^2 np$ et $6s^2 nf$. Si l'écart quadratique $\overline{\Delta E}$ obtenu est encore grand, il apparaît que les déviations entre les énergies calculées et observées des niveaux d'un même multiplet sont très caractéristiques : par exemple la pente du multiplet 4F théorique est plus faible que la pente du multiplet 4F observé (figure II). De telles différences ont été notées dans les configurations d^n de la série du fer et réduit par l'introduction dans le traitement théorique des interactions magnétiques spin-spin et spin-autre orbite [10]. Dans notre exemple, cette étude n'aurait aucun sens en raison du trop grand nombre des paramètres à introduire devant le petit nombre des niveaux dont ils dépendent.

TABLE I

Configurations	5d6s6p	5d6s6p + 6s ² 7p + 5f6s ²	5d6s6p + 5d ² 6p + 6s ² 7p + 5f6s ²
Paramètres	Valeurs (cm ⁻¹)	Valeurs (cm ⁻¹)	Valeurs (cm ⁻¹)
D(5d6s6p)	29 491 ± 101	29 375 ± 120	30 800 ± 291
F ₂ (dp)	427 ± 22	374 ± 20	353 ± 17
G ₁ (dp)	668 ± 30	624 ± 24	619 ± 21
G ₃ (dp)	22 ± 3	21 ± 3	13 ± 3
G ₂ (ds)	2 561 ± 139	2 607 ± 152	3 145 ± 126
G ₁ (sp)	3 179 ± 181	3 137 ± 221	4 030 ± 170
ζ5d	978 ± 100	797 fixé	938 ± 71
ζ6p	1 640 ± 214	2 135 fixé	1 780 fixé
D(6s ² 7p)		30 306 ± 536	32 046 ± 447
ζ7p		1 800 fixé	1 500 fixé
R ¹ (5d6p, 7p6s)		-2 785 ± 174	-2 686 R ² /R ¹ fixé
R ² (5d6p, 6s7p)		-305 fixé	-268 ± 6,5
D(5f6s ²)		31 379 ± 300	31 301 ± 310
ζ5f		12 fixé	20 fixé
R ¹ (5d6p, 5f6s)		700 "	640 "
R ² (5d6p, 6s5f)		60 "	60 "

TABLE I (suite)

D(5d ² 6p)			51 331
Nombre de niveaux observés	22	26	26
$\overline{\Delta E}$	346	299	252
δg	0,02	0,04	0,02

TABLE II

J	Energie	Energie	ΔE (cm^{-1})	g		Composition en %			
	calculée (cm^{-1})	observée (cm^{-1})		calc.	obs.	LS	$j_1 j_2$	dsp	d^2_p
1/2	20 555	20 762,4	207	0,052	0,000	95[(3D) 4D]	86(3/2, 3P_1)	99	1
	24 003	24 108,7	-106	2,597		96[(3D) 4P]	91(3/2, 3P_2)	99	1
	27 853	27 493,0	-360	0,674		62 $7p^2P$	62 $7p^2P$	32	6
	31 883	32 058,1	175	0,674		59[(3D) 2P]	44(5/2, 3P_2)	72	1
	33 349	33 443,2(1)	94	0,670		81[(1D) 2P]	40(5/2, 3P_2)	84	9
3/2	17 645	17 427,3	-217	0,441	0,50	90[(3D) 4F]	62(3/2, 3P_0)	99	1
	21 100	21 195,4	95	1,189	1,19	89[(3D) 4D]	34(3/2, 3P_1)	99	1
	22 285	22 124,7(1)	160	0,863	0,87	58[(3D) 2D]	52(5/2, 3P_1)	97	3
	24 264	24 308,2	44	1,625	1,67	83[(3D) 4P]	50(3/2, 3P_2)	99	1
	29 397	29 607,9(1)	211	1,076		32[(1D) 2D]	42(3/2, 1P_1)	85	6
	30 373	30 488,6	115	1,211	1,23	53 $7p^2P$	53 $7p^2P$	40	7
	31 872	31 523,1(1)(2)	-349	1,198		56[(1D) 2P]	51(5/2, 3P_2)	90	5
	34 594	34 436,5(1)	-157	1,330		44[(3D) 2P]	58(5/2, 1P_1)	62	9
5/2	18 639	18 504,6	-134	1,049	1,07	87[(3D) 4F]	74(3/2, 3P_1)	99	1
	21 656	21 462,3(1)	-194	1,232	1,23	40[(3D) 2D]	68(3/2, 3P_2)	98	0
	22 304	22 221,6	- 82	1,375	1,39	78[(3D) 4D]	49(5/2, 3P_0)	99	1
	25 351	25 191,6	-159	1,524	1,53	81[(3D) 4P]	55(5/2, 3P_2)	99	1
	27 865	28 020,1	155	0,879	0,88	75[(1D) 2F]	39(3/2, 1P_1)	90	10
	30 488	30 183,6(1)(2)	-304	0,929		69[(3D) 2F]	45(3/2, 1P_1)	94	5

TABLE II (suite)

	31 268	31 470,5(2)	202	0,858			99 5f ² F	99 5f ² F	1	0
	32 677	32 456,9(1)(2)	-220	1,125			46[(¹ D) ² D]	61(5/2, ¹ P ₁)	91	9
7/2	20 364	20 432,5	68	1,240	1,22		97[(³ D) ⁴ F]	55(5/2, ³ P ₁)	100	0
	23 453	23 524,2	71	1,420	1,41		96[(³ D) ⁴ D]	53(5/2, ³ P ₂)	99	1
	30 278			1,145			90[(¹ D) ² F]	32(3/2, ³ P ₂)	92	8
	31 249	31 424,7	176	1,145			58 5f ² F	58 5f ² F	39	3
	31 446	31 751,2	305	1,146			53[(³ D) ² F]	44(5/2, ¹ P ₁)	54	4
9/2	22 333	22 609,4	276	1,333	1,30		100[(³ D) ⁴ F]	100(5/2, ³ P ₂)	100	0

(1) Niveau ayant reçu une interprétation différente dans la référence [2]

(2) Niveau dont la valeur de J a été déterminée en respectant les intensités calculées et observées de ses transitions avec (5d6s²(²D))

TABLE III

$J = 1/2$	20 762	24 108	27 493	32 058	33 443			
${}^2D_{3/2}$	(1,5) 8	(0,3)	(27) 55	(25)200	(36)120			
$J = 3/2$	17 427	21 195	22 124	24 308	29 607	30 488	31 523	34 436
${}^2D_{3/2}$	(2) 48	(0,2) 3	(20)340	(0,6)10	(42)360	(7)220	(16)140	(3) 20
${}^2D_{5/2}$	(0,1)2,5	(0,4) 8	(0,1)	(0,3)	(0,2)	(30)95	(0,1)55	(58)340
$J = 5/2$	18 504	21 462	22 221	25 191	28 020	30 183	31 470	32 456
${}^2D_{3/2}$	(1,8)44	(2,5)100	(0,3) 6	(1,4)50	(39)280	(45)360	(0,5)	(0,1)26
${}^2D_{5/2}$	(1,1)38	(8) 240	(3,1)16	(0,7)16	(12)220	(5)	(0,1) 9	(61)440
$J = 7/2$	20 432	23 524	(30278)	31 424	31 751			
${}^2D_{5/2}$	(0,7)12	(0,6)	(15)	(30) 80	(44)440			

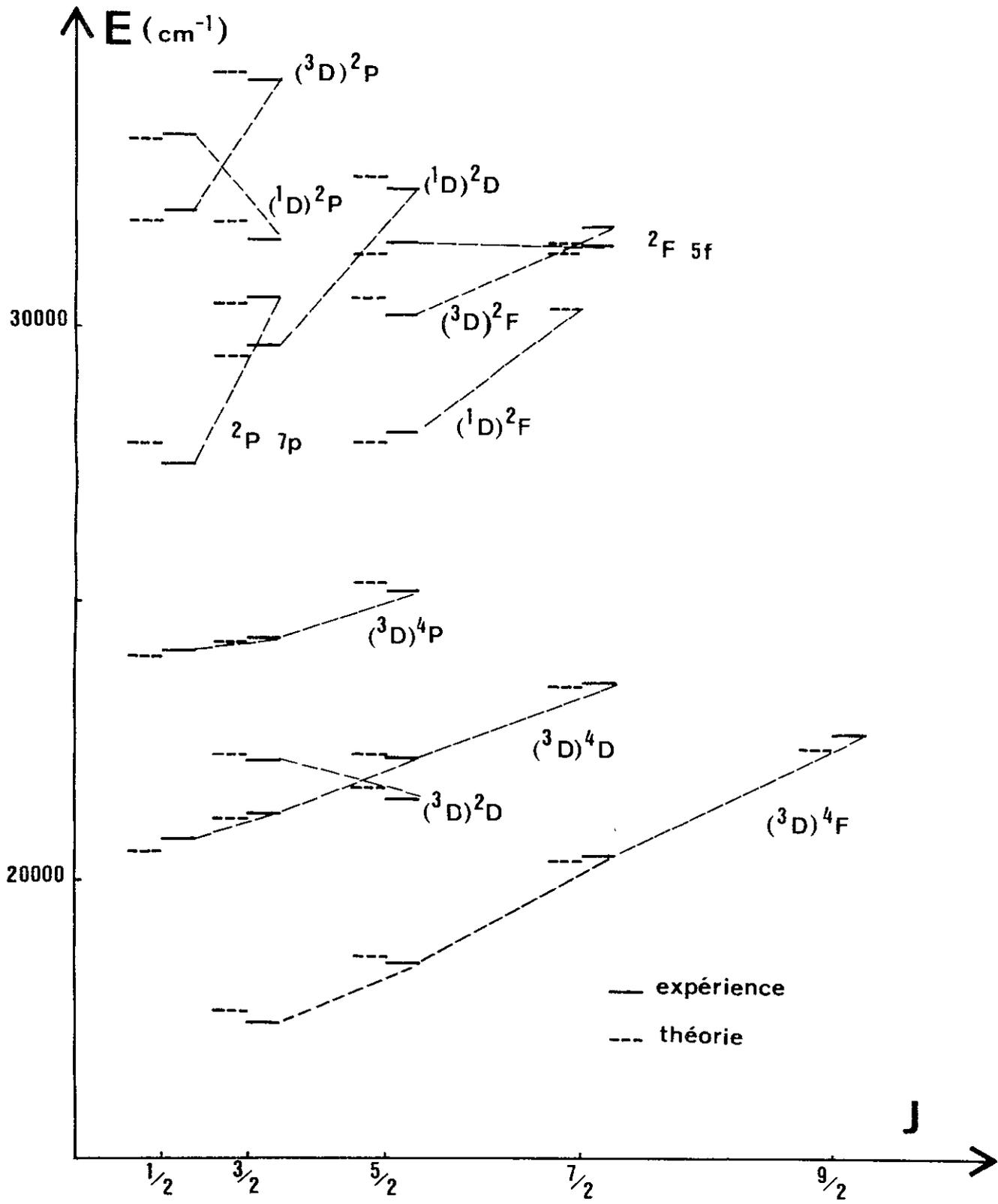


Fig. II

Deuxième Partie

SPECTRE D'ABSORPTION

DU DYSPROSIUM

I - INTRODUCTION.

L'étude du spectre d'absorption du dysprosium a été entreprise en 1964 par Mossotti et Fassel [18] qui, par la traversée d'un spectre continu de lumière blanche dans une flamme contenant une solution de sel de dysprosium, ont mesuré 140 raies absorbées dans le domaine de 6250 Å à 2585 Å. Depuis 1962 Conway et Worden [19] ont mesuré dans la région comprise entre 11400 Å et 2300 Å plus de 22000 raies en émission en utilisant comme source un tube sans électrodes excité en haute fréquence et entrepris la classification des spectres de Dy I et II. On sait l'intérêt qu'ont pris les spectroscopistes dans la classification des éléments de la série des terres rares, aux spectres émis dans un four King ou absorbés par une vapeur métallique chauffée dans un four. En effet, les transitions observées en absorption partent toujours des niveaux fondamentaux et fournissent un critère de choix pour construire le diagramme des niveaux d'énergie.

Devant la disproportion du nombre des raies observées en émission et celles absorbées dans une flamme, nous avons entrepris de mesurer le spectre d'absorption entre 4100 Å et 2478 Å d'une vapeur de dysprosium métallique obtenue dans un four King-Tomkins chauffé par induction. 1418 raies ont été observées et mesurées

avec une précision de $0,02 \text{ \AA}$, dont 325 n'apparaissent pas dans les listes des raies d'émission de Dy I et sont nouvelles. Nous avons pu établir 52 niveaux élevés dont les facteurs de Landé g ont été mesurés par Wyart [20] sur les spectrogrammes Zeeman pris à Argonne et 29 niveaux élevés dont seuls les nombres quantiques J ont pu être déterminés d'après la règle d'intercombinaison de Ritz.

II - DISPOSITIF EXPERIMENTAL.

Le montage est schématiquement représenté sur la figure III.

1) La source.

La source blanche est la colonne positive d'une décharge électrique dans un tube à circulation continue d'hydrogène, source décrite par G. Clarke et W.R.S. Garton [21] capable de donner une décharge de 5 A sous une tension de 5000 V. En fonctionnement nor-

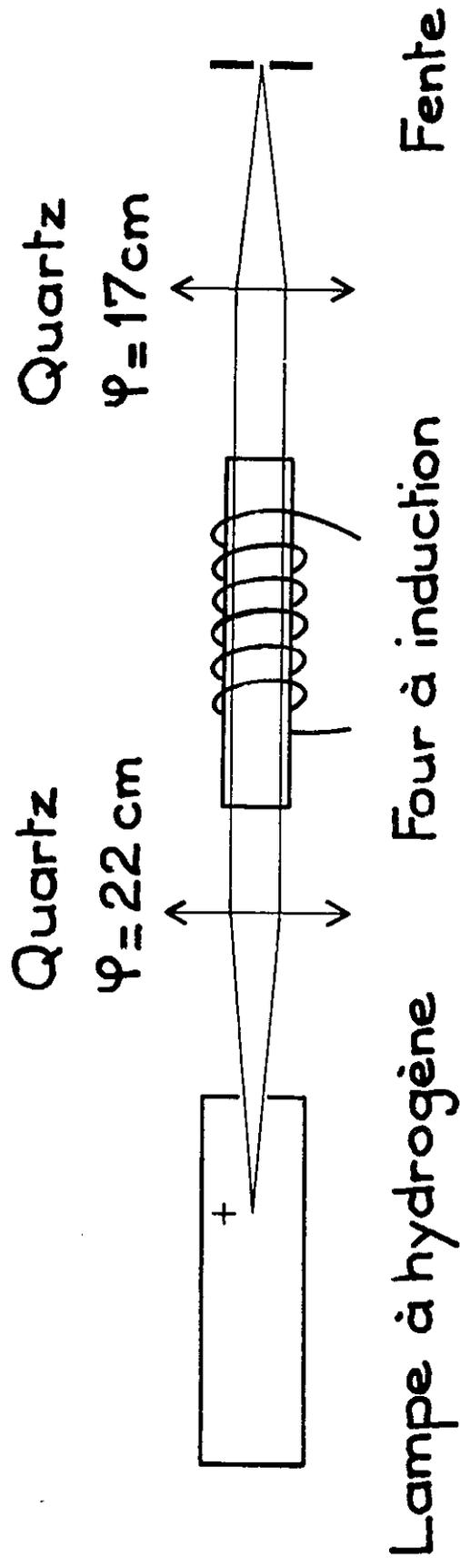


Fig. III

mal, l'intensité du courant est de 2 A sous une tension de 1,7 kV, en utilisant une résistance ballast de 517 Ω qui limite les brusques variations d'intensité de la décharge. Le tube proprement dit est un capillaire tapissé intérieurement par une couche de platine qui sert de catalyseur pour la recombinaison de l'hydrogène, ce qui permet d'augmenter l'intensité et d'élargir la bande du spectre moléculaire de l'hydrogène.

On prend soin dans la construction de la source d'éviter des défauts de surface sur les électrodes qui risquent de donner lieu, par effet de pointes, à des points chauds nuisibles pour la lampe.

2) La cellule d'absorption.

La cellule d'absorption est un four à induction décrit par F.S. Tomkins et B. Ercoli [22] et représenté en coupe sur la figure IV; c'est essentiellement un tube en tantale de 120 mm de long, de 12,7 mm de diamètre et 0,1 mm d'épaisseur, chauffé par induction.

L'échantillon de matière est placé dans un petit creuset, au milieu du four, 2 manchons aux extrémités du four évitent la diffusion de la matière.

FOUR A INDUCTION

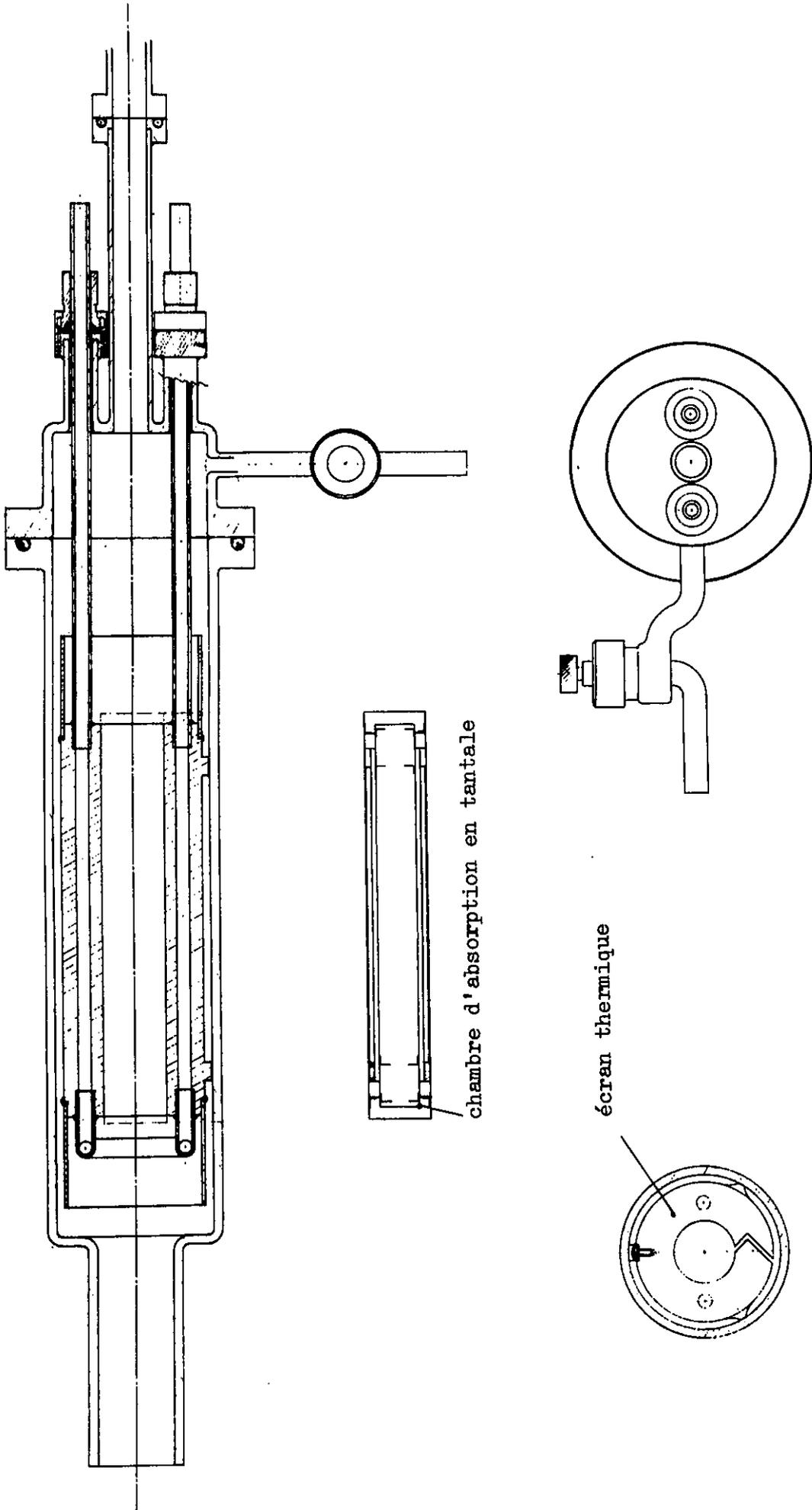


Fig. IV

Un système de 3 chemises joue le rôle d'écrans thermiques. Ces chemises sont fendues dans le sens de la longueur interdisant ainsi la circulation du courant induit, des bagues de céramique en oxyde de zirconium les isolent électriquement et permettent de les centrer sur l'axe de la chambre d'absorption. L'oxyde de zirconium a été remplacé par la suite par du nitrure de bore qui présente les avantages d'avoir une meilleure conductibilité calorifique, donc de mieux résister au choc thermique et d'être un meilleur isolant électrique, de dégazer plus rapidement et de s'usiner plus facilement. L'ensemble est maintenu par un corps cylindrique en duralinox fendu aussi, et traversé par un circuit d'eau refroidissant. Le tout est convenablement monté dans une chambre à vide en pyrex. Ici aussi un défaut de surface entraîne, par effet de pointes, une plus ou moins forte ionisation du gaz contenu dans la cellule à basse pression. Un gaz tampon, l'hélium à une pression d'environ 3 mm de Hg, atténue la diffusion de la vapeur métallique vers les extrémités froides du tube. L'hélium est toléré tant qu'il n'y a pas d'effet d'élargissement et ne l'est plus si une haute résolution est recherchée.

3) L'inducteur.

L'inducteur chauffant est formé de 2 enroulements parallèles alimentés en leur milieu par un générateur H.F. de 12 kW, et opérant à 450 kHz. L'alimentation de ce solénoïde par un point milieu minimise les d.d.p. qui pourraient exciter la vapeur métallique et le gaz tampon. La tension à la sortie du générateur est de 2500 Volts environ. Entre les températures limites d'utilisation du four, seule une partie de la puissance disponible est utilisée. On montre que la puissance induite est donnée par la formule suivante:

$$P_i = \frac{10^5}{\pi D} \left(\frac{d}{D} \right)^3 \frac{V_i^2}{L_i} \frac{\sqrt{\rho f}}{f^2}$$

où D est le diamètre de l'inducteur, L_i sa self inductance propre, V_i la tension appliquée, f la fréquence d'utilisation, d le diamètre du four et ρ sa résistivité. La puissance induite est toujours proportionnelle au carré des Ampères-tours et inversement proportionnelle à la 4ème puissance du diamètre de l'inducteur. Ce dernier est ainsi un paramètre de choix pour situer le domaine de la puissance induite. L'inducteur que nous utilisons avec 22 spires de 9,5 cm de diamètre permet d'obtenir une température de 950° C à l'intérieur du four pour le minimum de puissance de sortie du générateur H.F. Ce type de four peut fonctionner jusqu'à une température maximale d'environ 2300° C sans encourir des risques dommageables.

4) Mesure de température.

La température à l'intérieur de la cellule d'absorption est mesurée à l'aide d'un pyromètre optique. Dans nos mesures nous tenons compte de différents facteurs:

- Les fenêtres de la cellule d'absorption atténuent la brillance de l'image du four dans le pyromètre par rapport à la brillance réelle du four, vers 1400° à 1600° C. Cette atténuation correspond à 40° à 50° C.
- Le four est assimilé à une chambre noire, alors qu'il ne l'est pas réellement et c'est la température du manchon intérieur en tantale qui est mesurée.
- L'émissivité E_λ du tantale est inférieure à 1 (0,49 pour 0,65 μ [23]). L'écart entre la température apparente T_a et la température réelle T_r est donnée par la formule

$$\frac{1}{T_r} - \frac{1}{T_a} = \frac{\lambda}{C_2} \text{Log } E_\lambda$$

déduite de la loi de Planck [24] où λ est la longueur d'onde (généralement 0,65 μ) et $C_2 = 1.438 \text{ cm}^\circ \text{ K}$. Ce qui nous donne, pour une température de 1200° à 1500° C lue sur le

pyromètre une correction à ajouter de 120° à 140° pour obtenir la température réelle. Ainsi, par exemple, la température de fusion du dysprosium, qui est de 1550° C à 3 mm de Hg, sera lue sur le pyromètre $1375^{\circ} \pm 10^{\circ}$.

5) Le spectrographe.

Le spectre d'absorption est enregistré sur un spectrographe R.E.O.S.C. du type U.V.G.R. dont le domaine spectral est situé entre 2300 \AA et 4200 \AA . Le système dispersif est constitué d'un réseau par transmission dont la dispersion est croisée avec celle d'un réseau par réflexion et permet de réduire au minimum l'encombrement de l'appareil. La figure V montre le schéma de principe de ce spectrographe. La dispersion moyenne est de $0,8 \text{ \AA/mm}$ à 2500 \AA ; $1,1 \text{ \AA/mm}$ à 3000 \AA ; $1,3 \text{ \AA/mm}$ à 3500 \AA . La résolution théorique du réseau par réflexion est de 180.000 ce qui donnerait une largeur théorique de raie de $14 \mu\text{m}$ environ sur le film.

Le spectre d'absorption du dysprosium est observé entre 2400 \AA et 4100 \AA . Les temps de pose varient de 8 à 12 minutes pour une fente de $20 \mu\text{m}$.

SPECTROGRAPHE UV GR

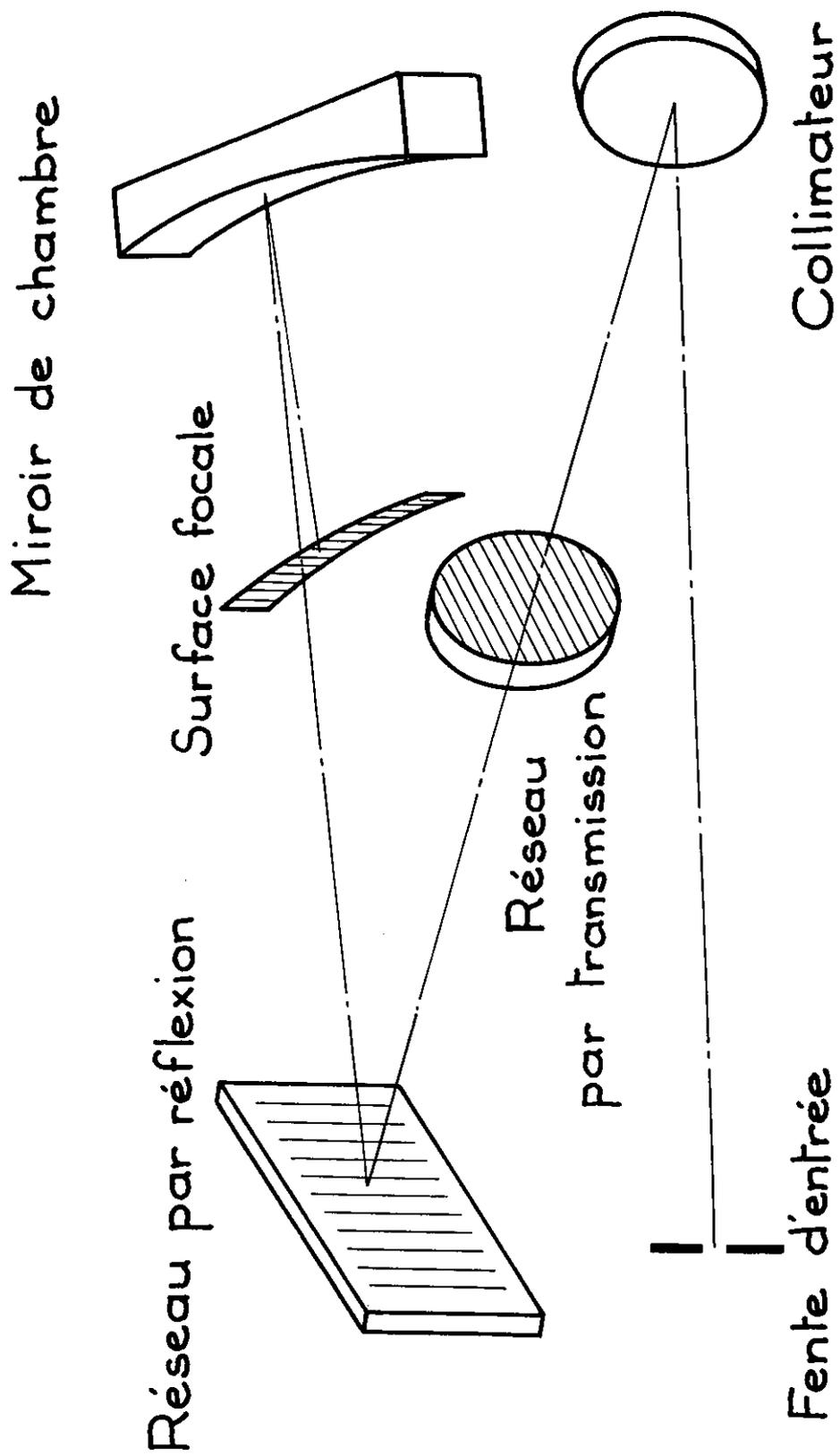


Fig. V

Une résolution variant entre 130.000 et 140.000 a été obtenue pour les raies les plus fines en absorption.

La position des raies a été pointée avec le comparateur semi-automatique du Laboratoire de Photophysique Moléculaire d'Orsay. Le spectre d'émission du dysprosium donné par un tube sans électrodes excité en haute fréquence, est juxtaposé au spectre d'absorption. Ce spectre d'émission permet d'identifier quelques longueurs d'onde de raies en absorption qui serviront à leur tour d'étalon de longueurs d'onde pour les raies nouvelles. Ses longueurs d'onde ont été mesurées avec une incertitude de $0,02 \overset{\circ}{\text{Å}}$.

III - RESULTATS ET INTERPRETATIONS.

1) Liste des impuretés observées en absorption.

Nous signalons tout d'abord la présence de traces d'impuretés observées sur le spectre. Ces impuretés peuvent être introduites lors du fractionnement de la matière première ou provenir de l'échantillon lui-même dont la pureté de départ donnée par le fournisseur est de 99,9%. Les raies correspondantes sont généralement faibles en absorption, elles ont été classées dans la table IV où nous donnons successivement sur une même ligne la longueur d'onde, le nombre d'ondes, l'élément responsable de la raie, l'intensité en émission d'après [25], l'intensité en absorption notée de 0 à 5, et la transition correspondante à la raie d'après [25].

2) Classification.

Dans la table V nous représentons les systèmes fondamentaux de $D_y I$ donnés par Conway et Worden [19] et l'on y trouve séparément la configuration paire $4f^{10} 6s^2$ et beaucoup de niveaux

de la plus profonde configuration impaire du Dy I $4f^9 5d6s^2$.

La table VI donne la liste des raies d'absorption mesurées entre 4100 \AA et 2478 \AA avec une précision de $0,02 \text{ \AA}$ pour les raies nouvelles. L'intensité des raies en émission et la désignation du spectre auquel les raies appartiennent sont celles de Conway et Worden [14]. Un blanc dans la colonne intensité en émission indique que la raie est nouvelle et n'a pas été observée en émission. Dans la colonne intensité en absorption, nous avons donné une indication sur la force de la transition observée, dans une échelle de 0 à 5; les raies très faibles correspondent à l'intensité 0 et les raies très fortes à l'intensité 5. Lorsqu'une raie est identifiée, nous avons porté dans la colonne classification les énergies des deux niveaux qui interviennent dans la transition, les niveaux impairs sont repérés par une étoile. Dans la dernière colonne chaque raie nouvellement classée est repérée par une double étoile.

Tous les nouveaux niveaux ont été établis à l'aide du programme de recherche automatique de niveaux COMBAC [26]. Nous les avons rassemblés dans les tables VII et VIII. Les niveaux de la table VII ont été vérifiés à l'aide des structures Zeeman observées en émission et mesurées par Wyart [20]. Ceux de la

table VIII ont été confirmés en recherchant, à l'aide du programme COMBAC [26], parmi toutes les raies en émission de la liste de Conway et Worden [19], celles qui donnent des transitions avec les niveaux élevés établis par Wyart [29] en respectant la règle de sélection sur J. Le nombre de transitions ainsi trouvées est marqué entre parenthèses dans la table VIII.

3) Comparaison de l'intensité des raies classées et étude de la distribution des populations sur les niveaux fondamentaux.

L'intensité d'une transition en absorption est fonction croissante de la population du niveau de départ, laquelle population est, si la distribution est Boltzmannienne, proportionnelle à $\exp\left(-\frac{E}{KT}\right)$, où E représente l'énergie du niveau, T la température à l'équilibre thermique et K la constante de Boltzman.

Pour les configurations fondamentales du dysprosium I $4f^{10}6s^2$ et $4f^95d6s^2$, nous avons porté dans la table IX le nombre de transitions qui partent de chaque niveau avec la même intensité. Nous vérifions que le plus grand nombre de transitions fortes part du niveau fondamental de la configuration paire $4f^{10}6s^2$ et que ce nombre va en diminuant pour les niveaux élevés.

Mais si nous prenons le niveau le plus profond de la configuration impaire $4f^9 5d6s^2$ qui se situe à 7565 cm^{-1} du fondamental, nous remarquons qu'il lui correspond plus de transitions fortes que prévu si la distribution était Boltzmannienne (100 raies dont **20** sont très intenses contre 32 raies dont une intense pour le niveau 7050 de $4f^{10} 6s^2$). Il apparaît *dans* la table IX que la population des niveaux de la configuration impaire $4f^9 5d6s^2$ suit approximativement (nombre de raies par niveau et intensité observée en absorption) celles des niveaux plus profonds de la configuration $4f^{10} 6s^2$ mettant ainsi en évidence une thermalisation ^{à partir} du niveau métastable 7565 de $4f^9 5d6s^2$.

Pour expliquer cet écart à la distribution Boltzmannienne nous pensons principalement à deux raisons:

- Un transfert d'énergie de la configuration paire à la configuration impaire par collision, peuple les niveaux de la configuration supérieure. Ce cas de distribution non-Boltzmannienne a été étudié par Treanor [28] en 1968, en spectroscopie moléculaire, à partir de l'observation de la relaxation vibrationnelle de molécules diatomiques et de mélange bimoléculaire.

- La figure VI représentant la loi de Planck nous montre que le rayonnement du corps noir vers 2073° K (température d'utilisation du four) est maximum pour la longueur d'onde 1.397 μm , ^{soit,} pour une énergie correspondante de 7158 cm^{-1} qui est de l'ordre de grandeur des différences entre niveaux d'énergie de la configuration $4f^{10}6s^2$ et $4f^95d6s^2$. Il y aurait donc des transitions entre les deux configurations peuplant ainsi les niveaux de la configuration supérieure. Les niveaux élevés de cette configuration peuvent, par désexcitations non radiatives, peupler le niveau le plus profond 7565.

4) Conclusion.

Dans cette étude la classification du spectre du dysprosium a été effectuée à partir de la seule application du principe de combinaison de Ritz et de l'observation de quelques structures Zeeman, mais en utilisant le fait que les transitions observées en absorption ne font intervenir que les niveaux les plus profonds du spectre d'arc.

Sur les 1418 raies observées 602 raies ont été classées dont 194 nouvellement classées. 81 niveaux élevés ont été

établis dont 52 pour lesquels le facteur de Landé a été mesuré. Pour les raies très faibles les structures Zeeman n'ont pu être observées. Une étude plus poussée de l'effet Zeeman dans l'ultraviolet pour le dysprosium conduirait certainement à une classification plus complète.

Nous espérons que l'observation des spectres d'absorption d'autres terres rares permettra d'analyser et de comprendre l'équilibre thermique et la distribution de population entre configurations dont les niveaux d'énergie sont sensiblement voisins.

On pourrait approfondir l'étude des distributions non-Boltzmannienne, à partir d'une thermalisation contrôlée, en peuplant des niveaux élevés suffisamment métastables à l'aide d'un laser à longueur d'onde variable. Cette méthode permettrait de peupler les niveaux fondamentaux des configurations excitées et élevées encore mal connues et de compléter la classification des spectres complexes.

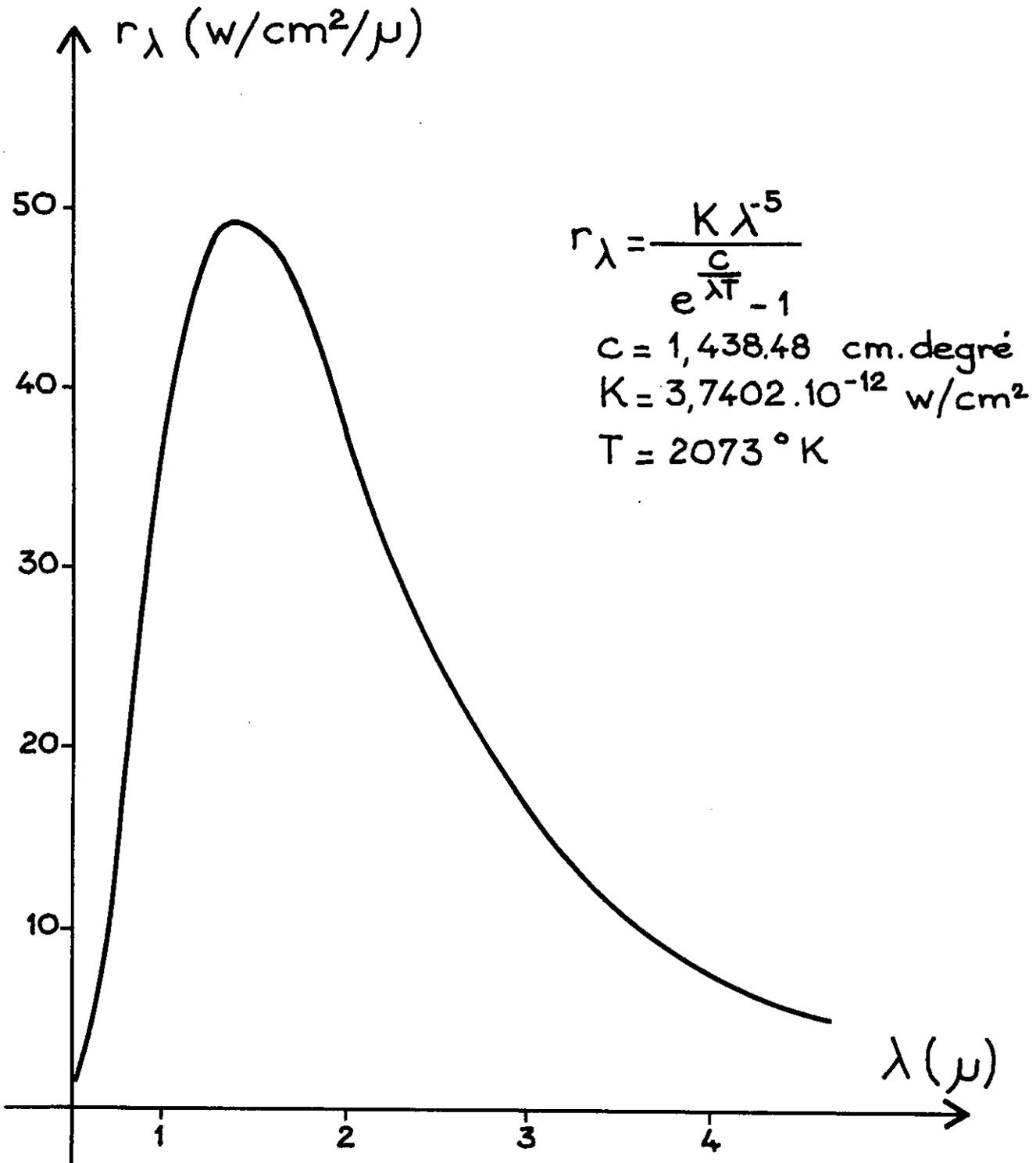


Fig. VI

Table IV

LONGUEUR D'ONDE	NOMBRE D'ONDES	E	INT EMISS	INT ABS	CLASSIFICATION
2483.27	40257.33	FE	280	3	0 - 40257
2488.15	40178.38	FE	260	2	416 - 40594
2490.64	40138.21	FE	180	2	704 - 40842
2491.16	40129.83	FE	140	0	888 - 41018
2492.15	40113.89	CU	36	0	0 - 40113
2522.85	39625.79	FE	280	3	0 - 39625
2567.99	38929.30	AL	24	0	0 - 38929
2575.10	38821.82	AL	48	1	112 - 38934
2575.41	38817.14	AL	4	2	112 - 38929
2660.39	37577.29	AL	20	0	112 - 37689
2719.02	36767.06	FE	260	0	0 - 36767
2720.90	36741.66	FE	120	0	416 - 37158
2723.50	36706.59	FE	70	0	704 - 37410
2794.82	35769.93	MN	800	0	0 - 35769
2798.27	35725.83	MN	650	0	0 - 35725
2801.06	35690.25	MN	480	0	0 - 35690
2966.90	33695.37	FE	170	0	0 - 33695
2973.24	33623.53	FE	120	4	416 - 34040
2983.57	33507.12	FE	140	0	0 - 33507
2994.43	33385.60	FE	120	0	416 - 33802
3002.49	33295.98	NI	320	0	205 - 33201
3020.64	33095.93	FE	280	1	0 - 33095
3021.07	33091.22	FE	160	0	416 - 33507
3059.09	32679.96	FE	100	0	416 - 33095
3082.16	32435.36	AL	320	5	0 - 32435
3092.71	32324.72	AL	650	5	112 - 32437
3092.84	32323.36	AL	650	3	112 - 32435
3170.35	31533.13	MO	1100	0	0 - 31533
3247.54	30783.66	CU	5000	3	0 - 30783
3273.96	30535.25	CU	2500	0	0 - 30535
3280.68	30472.71	AG	5000	0	0 - 30472
3524.54	38364.39	NI	750	1	205 - 28569
3578.69	27935.21	CR	2400	1	0 - 27935
3581.20	27915.63	FE	600	0	6928 - 34845
3522.92	27824.57	Y	360	0	0 - 27824
3593.49	27820.16	CR	2100	2	0 - 27820
3605.33	27728.80	CR	1600	0	0 - 27728
3620.94	27609.27	Y	550	2	530 - 28140
3719.94	26874.51	FE	600	1	0 - 26874
3737.13	26750.90	FE	340	0	416 - 27167
3745.56	26690.69	FE	240	0	704 - 27395
3749.49	26662.72	FE	400	0	7377 - 34040
3840.44	26031.30	FE	80	0	7986 - 34017
3862.82	25880.49	ER	600	2	0 - 25880
3944.03	25347.60	AL	450	5	0 - 25347
3961.53	25235.63	AL	900	4	112 - 25347
4007.97	24943.24	ER	1100	3	0 - 24943
4077.38	24518.63	Y	950	0	0 - 24518

Table V

Systèmes fondamentaux

Configuration $4f^{10}6s^2$			Configuration $4f^95d6s^2$		
J	Energie (cm^{-1})	G	J	Energie (cm^{-1})	G
8	0.00	1.242	8	7565.62	1.362
7	4134.23	1.175	7	8519.22	1.336
6	7050.61	1.073	9	9990.97	1.32
5	9211.58	0.911	6	10088.81	1.36
4	10925.25	0.618	6	11673.51	1.392
			8	12007.11	1.28
			5	12298.56	1.24 [20]
			7	12655.14	1.36
			10	12892.77	1.29
			9	13495.94	1.23

Table VI

(pp. 57-119)

LONGUEUR D'ONDE (A)	INT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ONDES (CM-1)	CLASSIFICATION		J2
					NIVEAU INF.	J1 NIVEAU SUP.	
4105.804	300	2	I	24348.89	7050	6 - 31399*	6
4105.017	10	1	I	24353.56			
4101.840	300	3	I	24372.42	7050	6 - 31423*	7
4099.880	300 R	0	I	24384.08	4134	7 - 28518*	8
4096.099	3000	0	I	24406.58	12892*	10 - 37299	11
4095.244	30	1	I	24411.68			
4093.639	300	1	I	24421.25	8519*	7 - 32940	8 **
4087.381	1000	2	I	24458.64	10088*	6 - 34547	6
4085.337	3000 R	4	I	24470.88	7565*	8 - 32036	7
4085.130	1000 R	2	I	24472.12	7050	6 - 31522*	5
4083.100	300	0	I	24484.28	10088*	6 - 34573	5
4079.586	100	1	I	24505.37	7050	6 - 31555*	6
4077.381	0	0	I	24518.62			
4067.960	100	1	I	24575.41			
4065.391	100	0	I	24590.94	10088*	6 - 34679	6
4061.560		2		24614.13			
4061.045	100	2	I	24617.25			
4060.566	300	0	II	24620.16			
4056.023	0	1	I	24647.73	7050	6 - 31698*	7
4055.008	100	2	I	24653.90	10088*	6 - 34742	5
4053.830	30	3	I	24661.06	4134	7 - 28795*	8
4053.750		3		24661.55			
4049.362	300 R	3	I	24688.27	4134	7 - 28822*	7
4048.931	300	1	I	24690.90	8519*	7 - 33210	6
4047.731	300	1	I	24698.22	9990*	9 - 34689	9
4045.271	100	1	I	24713.24	7050	6 - 31763*	5
4043.035	30	0	I	24726.91	8519*	7 - 33246	8
4042.065		0		24732.84			
4040.771	3 Q	1	I	24740.76	9211	5 - 33952*	4
4038.828	300	0	I	24752.66	10088*	6 - 34841	5
4038.708	300	3	I	24753.40			
4037.624	300	1	I	24760.05	12298*	5 - 37058	6
4033.551	100	0	I	24785.05	9990*	9 - 34776	10
4032.840	300 R	0	I	24789.42	13495*	9 - 38285	9
4031.075	300 R	1	I	24800.27	12007*	8 - 36807	8
4028.412	1000 R	1	I	24816.66	7565*	8 - 32382	7
4025.603	100	0	I	24833.98	13495*	9 - 38329	10
4025.391	100	0	I	24835.29	11673*	6 - 36508	7
4024.899	300 R	3	I	24838.32	9990*	9 - 34829	9
4023.713	1000 R	3	I	24845.65	7565*	8 - 32411	7
4023.587	300	0	I	24846.42	12655*	7 - 37501	7
4017.054	300	2	I	24846.83	8519*	7 - 33406	8
4016.748	30	3	I	24888.73	10088*	6 - 34977	6
4014.097	300	0	I	24905.16	7565*	8 - 32470	7
4013.826	1000 R	0	I	24906.84	0	8 - 24906*	7

LONGUEUR D'ONDE (A)	INT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ONDES (CM-1)	CLASSIFICATION		J2
					NIVEAU INF.	J1 NIVEAU SUP.	
4012.524	300	2	I	24914.93	10088*	6 - 35003	7
4011.816	30	3	I	24919.32			
4008.443	30	2	I	24940.29			
4006.071	1000 R	1	I	24955.06	8519*	7 - 33474	6
4005.838	1000 R	4	I	24956.51	8519*	7 - 33475	7
4002.179	10	2	I	24979.33			
4001.521	300	2	I	24983.43			
4000.589	300	1	I	24989.25	7565*	8 - 32554	8
3998.938	100 R	3	I	24999.57	0	8 - 24999*	8
3998.204	300	1	I	25004.16			
3996.920	300 R	2	I	25012.19	0	8 - 25012*	8
3995.990	300	1	I	25018.01			
3994.531	300	3	I	25027.15	4134	7 - 29161*	7
3993.571	1000 R	3	I	25033.17	8519*	7 - 33552	7
3988.880	300	3	I	25062.61	9990*	9 - 35053	8
3986.820	100	0	I	25075.56	7050	6 - 32126*	6
3986.059	300	0	I	25080.34	12007*	8 - 37087	8
3985.356	300	3	I	25084.77	0	8 - 25084*	9
3984.555	100	1	I	25089.81			
3981.366	1000 R	0	I	25109.91	7565*	8 - 32675	8
3978.390		0		25128.69			
3976.962	100	1	I	25137.71	8519*	7 - 33656	6
3976.680	30	0	I	25139.49			
3976.599	10	3	I	25140.01			
3973.877	300 R	5	I	25157.23	7565*	8 - 32722	7
3973.587		0		25159.06			
3972.415	300	4	I	25166.48			
3971.214	300	1	I	25174.09	12298*	5 - 37472	5 **
3969.227	300	3	I	25186.70	12655*	7 - 37841	8
3968.855	100	1	I	25189.06	9211	5 - 34400*	5
3967.512	1000 R	4	I	25197.58	7565*	8 - 32763	9
3966.356	300	0	I	25204.93	12007*	8 - 37212	7
3962.791	300	2	I	25227.60	8519*	7 - 33746	7
3962.591	1000 R	4	I	25228.87	9990*	9 - 35219	9
3961.803	300 R	4	I	25233.89	8519*	7 - 33753	8
3961.541	300	5	II	25235.56			
3957.996	300	4	I	25258.16	9990*	9 - 35249	8
3957.843	3	0	I	25259.14	9211	5 - 34470*	5
3957.667	3	0	I	25260.26			
3956.857	100	3	I	25265.43	10088*	6 - 35354	5
3956.323	30	3	I	25268.84	0	8 - 25268*	7
3956.220	1	0	II	25269.50			
3953.500	100 R	5	I	25286.89	8519*	7 - 33806	7
3953.062	30	0	II	25289.69			
3952.877	10	0	I	25290.87			

LONGUEUR D'ONDE (A)	INT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ONDES (CM-1)	CLASSIFICATION		J2
					NIVEAU INF.	J1 NIVEAU SUP.	
3946.402	30	0	I	25332.37	10088*	6 - 35421	6
3945.913	300	0	I	25335.51			
3943.962	10	4	I	25348.04	12298*	5 - 37646	5
3943.850		0		25348.76			
3943.194	30	4	I	25352.98			
3939.794	300	4	I	25374.85	7565*	8 - 32940	8 **
3938.203	1000 R	3	I	25385.11	11673*	6 - 37058	6
3937.984	1000 R	5	I	25386.52	9990*	9 - 35377	8
3937.164	1000	5	I	25391.80	8519*	7 - 33911	6
3937.047	300	1	I	25392.56	12892*	10 - 38285	9
3936.700	1000 R	5	I	25394.80	9990*	9 - 35385	10
3931.428	100	0	II	25428.85			
3931.250		2		25430.00			
3930.549	300	3	I	25434.54	10088*	6 - 35523	5
3930.146	1000 R	4	I	25437.14	12892*	10 - 38329	10
3928.280		0		25449.23			
3928.078	100	3	I	25450.54	9211	5 - 34662*	5
3927.861	1000 R	2	I	25451.94	11673*	6 - 37125	6
3924.532	100	2	I	25473.53			
3922.049	100	0	I	25489.66	11673*	6 - 37163	6
3920.860	300	1	I	25497.39			
3920.114	100	4	I	25502.24			
3919.155	100	4	I	25508.48	8519*	7 - 34027	7
3919.061	100	1	I	25509.09	9211	5 - 34720*	4
3917.379	0000 R	4	I	25520.04	12007*	8 - 37527	8
3917.292	1000 R	5	I	25520.61	7565*	8 - 33086	9
3915.407	3	1	I	25532.90			
3914.174	30	0	I	25540.94	8519*	7 - 34060	7 **
3913.625	300 R	5	I	25544.52			
3912.545	300 R	0	I	25551.57	12892*	10 - 38444	9
3911.672	300	3	I	25557.28	7050	6 - 32607*	6 **
3911.453	100	0	I	25558.71	9211	5 - 34770*	6
3910.106	300	5	I	25567.51			
3908.044	100	1	I	25581.00			
3905.941	300	0	I	25594.77			
3904.084	300	3	I	35606.95	10088*	6 - 35695	7
3903.330	300	3	I	25611.89	8519*	7 - 34131	7
3901.384	300	4	I	25624.67	13495*	9 - 39120	9
3899.169	300	3	I	25639.23			
3899.120	100	3	I	25639.55			
3896.651	300	2	I	25655.79	10088*	6 - 35744	6
3896.219	300	2	I	25658.64	12892*	10 - 38551	8
3895.942	30	0	I	25660.46	8519*	7 - 34179	6
3894.530	300 R	1	I	25669.77	12007*	8 - 37676	8
3893.382	100	3	I	25677.33	8519*	7 - 34196	7 **

CLASSIFICATION

LONGUEUR D'ONDE (A)	INT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ONDES (CM-1)	CLASSIFICATION		J2
					NIVEAU INF.	NIVEAU SUP.	
3892.901	1000 R	4	I	25680.51	7565*	8 - 33246	8
3892.708	3	0	I	25681.78			
3891.969	1000 R	5	I	25686.66	7565*	8 - 33252	9
3889.778	300	0	I	25701.12	12655*	7 - 38356	8
3883.896	100	3	I	25740.05	7050	6 - 32790*	6 **
3880.832	100	5	I	25760.37	0	8 - 25760*	8
3878.410	100	0	I	25776.46	8519*	7 - 34295	6
3874.993	300	3	I	25799.19	11673*	6 - 37472	5 **
3874.490	100	2	I	25802.53			
3874.053	1000	4	I	25805.45	8519*	7 - 34324	7 **
3872.171	300	3	I	25817.99			
3870.803	3	0	I	25827.11			
3868.808	0000 R	5	I	25840.43	7565*	8 - 33406	8
3864.941	300	0	I	25866.28	12298*	5 - 38164	5 **
3862.872	30	3	I	25880.14			
3862.701	300	4	I	25881.28	10088*	6 - 35970	6
3862.048	100	1	I	25885.66	11673*	6 - 37559	5
3861.818	100	0	I	25887.20			
3861.220		1		25891.21			
3860.657	300	0	I	25894.98			
3858.404	1000 R	5	I	25910.10	7565*	8 - 33475	7
3856.893	100	2	I	25920.25	7050	6 - 32970*	6
3854.792	100	1	I	25934.38	11673*	6 - 37607	7
3852.806	300	3	I	25947.75	9990*	9 - 35938	8
3852.565	300	3	I	25949.37	9990*	9 - 35940	9
3851.718	100	5	I	25955.08			
3848.398	300	2	I	25977.47	11673*	6 - 37650	6
3847.184	300	0	I	25985.67			
3847.022	1000 R	5	I	25986.76	7565*	8 - 33552	7
3844.363	1000 R	4	I	26004.74	10088*	6 - 36093	6
3844.270	100	3	I	26005.36			
3842.345	300	1	I	26018.39			
3842.004	1000	0	I	26020.70	11673*	6 - 37694	7
3840.894	1000 R	5	I	26028.22	8519*	7 - 34547	6
3840.537	300	0	I	26030.64	10088*	6 - 36119	7
3839.803	300	0	I	26035.62	12298*	5 - 38334	5 **
3838.950		0		26041.40			
3838.808	30	0	I	26042.37			
3838.658	1000	3	II	26043.38			
3834.592	300	1	I	26071.00	12007*	8 - 38078	8 **
3834.052	30	0	I	26074.67			
3832.002	30	0	I	26088.62	7050	6 - 33139*	5
3830.279	1	3	II	26100.35			
3828.236	300	1	I	26114.28			
3825.738	300	0	I	26131.33			

LONGUEUR D'ONDE (A)	INT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ONDES (CM-1)	CLASSIFICATION		J2
					NIVEAU INF.	J1 NIVEAU SUP.	
3825.639	1000	3	I	26132.01			
3824.016	300	0	I	26143.10	12892*	10 - 39035	9
3823.973	300	0	I	26143.39	12007*	8 - 38150	8 **
3822.892	10	0	I	26150.79			
3821.879	1000 R	5	I	26157.72	8519*	7 - 34676	8
3821.467	1000 R	5	I	26160.54	8519*	7 - 34679	6
3819.442	300	5	I	26174.41			
3818.379	100	0	I	26181.69			
3817.532	1000 R	5	I	26187.50	7565*	8 - 33753	8
3816.214	1000 R	0	I	26196.55	13495*	9 - 39692	9
3816.082	300	1	I	26197.45	12655*	7 - 38852	6 **
3812.274	1000 R	5	I	26223.62	8519*	7 - 34742	7
3810.861	300	0	I	26233.34			
3810.330		0		26237.00			
3809.822	1000 R	5	I	26240.50	7565*	8 - 33806	7
3809.744	300	0	II	26241.03			
3808.756	300	0	I	26247.84	12007*	8 - 38254	8 ***
3807.403	300	0	I	26257.17	12007*	8 - 38264	7
3806.860	10	0	I	26260.91	7050	6 - 33311*	7
3805.018	30	0	I	26273.63			
3804.634	300	4	I	26276.28	10088*	6 - 36365	6 **
3804.352	1000 R	4	I	26278.22	12007*	8 - 38285	9
3802.310	30	4	I	26292.34	4134	7 - 30426*	6
3801.571	300	0	I	26297.45			
3800.262	300	2	I	26306.51	11673*	6 - 37980	7
3799.310	30	0	I	26313.10			
3798.733	300	3	I	26317.09	9990*	9 - 36308	8
3797.750	300 R	5	I	26323.91	8519*	7 - 34843	7
3796.817	300	5	I	26330.37	7050	6 - 33380*	6 **
3794.637	100	3	I	26345.50			
3793.620		0		26352.56			
3792.665	100	0	I	26359.20	12007*	8 - 38366	7 **
3792.366	300	0	I	26361.28			
3790.400	100	0	I	26374.95	12298*	5 - 38673	5
3790.194	100	0	I	26376.38			
3789.940		0		26378.15			
3789.586	100	3	I	26380.62			
3788.379	300	5	I	26389.02			
3787.649	10	2	I	26394.11	4134	7 - 30528*	7
3786.826	1000	1	I	26399.84	13495*	9 - 39895	9
3786.481	300	1	I	26402.25	10088*	6 - 36491	7 **
3786.395	100	2	I	26402.85	8519*	7 - 34922	8
3786.235	300	0	I	26403.96			
3785.507	100	1	I	26409.04			
3785.440		1		26409.51			

LONGUEUR D'ONDE (A)	INT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ONDES (CM-1)	CLASSIFICATION		J2
					NIVEAU INF.	NIVEAU SUP.	
3783.941	100	0	I	26419.97	10088*	6 - 36508	7
3783.836	30	1	I	26420.70			
3783.505	30	1	I	26423.01	12655*	7 - 39078	7 **
3782.243	10	2	I	26431.83	4134	7 - 30566*	7
3781.468	1000 R	3	I	26437.25	12007*	8 - 38444	9
3780.943	300 R	1	I	26440.92	12655*	7 - 39096	8
3780.308	300 R	0	I	26445.36	12007*	8 - 38452	7
3779.671	300	0	I	26449.82	11673*	6 - 38123	7
3778.454	100	0	I	26458.33	8519*	7 - 34977	6
3778.380	100	0	I	26458.85			
3777.918	30	0	I	26462.09	7565*	8 - 34027	7
3777.435	1000 R	1	I	26465.47			
3774.714	1000 R	5	I	26484.55	8519*	7 - 35003	7
3773.766	300	0	I	26491.20			
3773.291	100	5	I	26494.54	7565*	8 - 34060	7 **
3773.053	3000 R	4	I	26496.21	9990*	9 - 36487	9
3772.643	1000 R	5	I	26499.09	9990*	9 - 36490	10
3772.300	30	5	I	26501.50			
3771.347	300	2	I	26508.19	12007*	8 - 38515	7
3771.107	300 R	0	I	26509.88	13495*	9 - 40005	10
3770.070	100	2	I	26517.17			
3769.743	100	2	I	26519.47	10088*	6 - 36608	7
3769.337	100	0	I	26522.33			
3769.095	100	2	I	26524.03	10088*	6 - 36612	6 **
3768.033	300	1	I	26531.51			
3767.628	1000 R	5	I	26534.36	8519*	7 - 35053	8
3767.132	3	1	I	26537.85			
3766.646	30	0	I	26541.28	11673*	6 - 38214	6
3766.214	300	1	I	26544.32	12007*	8 - 38551	8
3764.835	300	2	I	26554.04	12298*	5 - 38852	6 **
3763.585	300	2	I	26562.86	9990*	9 - 36553	8 **
3763.213	300	4	I	26565.49	7565*	8 - 34131	7
3761.517	100	5	I	26577.47	4134	7 - 30711*	7
3761.311	10	1	I	26578.92			
3761.140		0		26580.13			
3760.267	30	1	I	26586.30			
3759.410	100	0	I	26592.36	12298*	5 - 38890	5 **
3758.103	10	0	II	26601.61	7050	6 - 33652*	5
3757.136	300	3	I	26608.46	9990*	9 - 36599	8 **
3757.054	0000 R	5	I	26609.04	7565*	8 - 34174	9
3756.925	100	0	I	26609.95			
3755.381	100	0	I	26620.89	12892*	10 - 39513	9
3754.820		0		26624.87			
3754.494		0		26627.18			
3753.965	300	5	I	26630.93	7565*	8 - 34196	7 **

CLASSIFICATION

LONGUEUR D'ONDE (A)	INT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ONDES (CM-1)	CLASSIFICATION		J2
					NIVEAU INF.	NIVEAU SUP.	
3752.382	100	0	I	26642.17			
3752.027	30	3	I	26644.69	4134	7 - 30778*	6
3750.651	3	0	I	26654.46	4134	7 - 30788*	8 **
3749.448	30	0	I	26663.01			
3749.014	30	0	I	26666.10	12298*	5 - 38964	5 **
3748.779	300	2	I	26667.77	12007*	8 - 38674	9
3748.550	300	0	I	26669.40			
3747.300		0		26678.30			
3745.497	100	0	II	26691.14			
3745.263	100	0	I	26692.81	11673*	6 - 38366	7 **
3745.060		0		26694.25			
3743.868	100	2	I	26702.75	8519*	7 - 35221	7 **
3743.345		3		26706.48	4134	7 - 30840*	6 **
3743.115	300	5	II	26708.12			
3742.351	300	3	I	26713.58			
3741.201	1000 R	0	I	26721.79	12655*	7 - 39376	8
3740.529	100	3	I	26726.59	9990*	9 - 36717	9
3740.064	3000 R	5	I	26729.91	8519*	7 - 35249	8
3739.344	0000 R	3	I	26735.06			
3737.308	300	2	I	26749.62	12298*	5 - 39048	5
3735.993	100	4	I	26759.04	7565*	8 - 34324	7 **
3734.269	300	4	I	26771.39			
3734.164	100	2	I	26772.14			
3733.692	30	0	I	26775.53			
3733.544	300	2	I	26776.59	10088*	6 - 36865	7 **
3733.336	300	1	I	26778.08			
3733.212	300	2	I	26778.97	11673*	6 - 38452	7
3730.673	300	0	I	26797.19			
3727.999	1000 R	5	I	26816.41	9990*	9 - 36807	8
3727.352	30	0	II	26821.07	7050	6 - 33871*	5
3726.178	300	4	I	26829.52			
3725.935	300 R	4	I	26831.27	9990*	9 - 36822	9
3725.441	100	0	II	26834.83			
3725.316	100	1	I	26835.73	10088*	6 - 36924	7 **
3724.446	3000 R	0	II	26842.00			
3723.195	100	0	I	26851.01	11673*	6 - 38524	7 **
3722.784	100	2	I	26853.98			
3722.189	100	0	I	26858.27	8519*	7 - 35377	8
3721.712	100	0	I	26861.71	12655*	7 - 39516	
3720.834	300 R	5	I	26868.05	0	8 - 26868*	8
3720.040		0		26873.79			
3718.919	100	0	I	26881.89			
3717.885	10	0	I	26889.36			
3714.038	100	0	I	26917.22			
3713.865	100	3	I	26918.47			

LONGUEUR D'ONDE (A)	INT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ONDES (CM-1)	CLASSIFICATION		J2	
					NIVEAU INF.	J1 NIVEAU SUP.		
3709.950	300	1	I	26946.87	12007*	8 - 38954	7	**
3708.987	300	5	I	26953.87				
3708.394	300	3	I	26958.18				
3707.772	3	0	I	26962.70				
3707.678	1000 R	4	I	26963.39	9990*	9 - 36954	8	
3706.798	300	4	I	26969.79	10088*	6 - 37058	6	
3704.947	300	2	I	26983.26				
3703.235	300	0	I	26995.74				
3703.132	30	0	II	26996.49				
3702.916	0	0	I	26998.06	4134	7 - 31132*	7	
3702.652	100	0	I	26999.99	11673*	6 - 38673	5	
3701.302	10	0	I	27009.83				
3701.150	0	0		27010.94				
3700.727	300 R	0	I	27014.03	0	8 - 27014*	9	
3700.376	10	0	I	27016.59	9990*	9 - 37007	9	
3700.140	30	0	I	27018.32				
3698.980	300	0	I	27026.79	12655*	7 - 39681	7	**
3698.714	100	0	I	27028.73	12007*	8 - 39035	9	
3697.637	100	1	I	27036.60	10088*	6 - 39125	6	
3696.962	100	2	I	27041.54	11673*	6 - 38715	6	
3694.810	0000 R	0	II	27057.29				
3694.100		0		27062.49				
3693.874	300 R	4	I	27064.15	11673*	6 - 38737	7	
3693.554	100	1	I	27066.49				
3693.531	100	0	I	27066.66				
3692.289	100	1	I	27075.76				
3692.484	100	0	I	27074.33	10088*	6 - 37163	6	
3689.886	300	2	I	27093.38	10088*	6 - 37182	5	
3689.661	100	3	I	27095.05	4134	7 - 31229*	7	
3689.465	300	3	I	27096.49	9990*	9 - 37087	8	
3688.593	100	2	I	27102.89				
3688.306	300	1	I	27105.00				
3687.659	300	1	I	27109.76				
3687.440	100 B	3	I	27111.37	7565*	8 - 34676	8	
3687.440	300 B	3	I	27111.37	7565*	8 - 34676	8	
3685.888	300	4	I	27122.78				
3685.824	1000 R	5	I	27123.25	10088*	6 - 37212	7	
3685.782	1000 R	5	I	27123.56	7565*	8 - 34689	9	
3684.853	300 R	4	I	27130.40				
3683.217	30	0	I	27142.45	10088*	6 - 37231	5	
3683.191	10	0	I	27142.64				
3683.089	300	1	I	27143.39	13495*	9 - 40639	8	**
3680.655	30	0	I	27161.34				
3678.597	300	3	I	27176.54	8519*	7 - 35695	7	
3678.507	1000 R	5	I	27177.20	7565*	8 - 34742	7	

LONGUEUR D'ONDE (A)	INT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ONDES (CM-1)	CLASSIFICATION		NIVEAU INF.	J1	NIVEAU SUP.	J2	
3677.925	1	0	II	27181.50							
3677.730		0		27182.95							
3677.042	100	0	I	27186.03	11673*	6 -	38861	7	**		
3676.146	300	0	I	27194.66	12655*	7 -	39849	6			
3674.452	1000 R	0	I	27207.20	4134	7 -	31341*	6			
3674.452	300 B	0	I	27207.20	10088*	6 -	37295	7			
3672.920	300	3	I	27218.54	8519*	7 -	35737	7	**		
3671.995	100	3	I	27225.40	8519*	7 -	35744	6			
3670.593	3	0	I	27235.80	10088*	6 -	37324	6			
3669.664	100	0	II	27242.69							
3666.839	1000 R	5	I	27263.68	7565*	8 -	34829	9			
3666.628	30	4	I	27265.25	4134	7 -	31399*	6			
3665.401	300	0	I	27274.38							
3664.985	300 R	4	I	27277.47	7565*	8 -	34843	7			
3663.466	100	3	I	27288.78	4134	7 -	31423*	7			
3660.761	30	0	I	27308.95	7050	6 -	34359*	6	**		
3659.745		0		27316.53	0	8 -	27316*	7	**		
3658.502	300 R	2	I	27325.81	12007*	8 -	39332	7	**		
3655.617	300	3	I	27347.37	8519*	7 -	35899	7			
3655.531	10	0	I	27348.02							
3655.416	100	0	I	27348.88	9990*	9 -	37339	8			
3652.292	300	2	I	27372.27							
3651.970	100	1	I	27374.68	11673*	6 -	39048	5			
3650.544	10	2	I	27385.37	4134	7 -	31519*	7			
3647.977	300	3	I	27404.64	11673*	6 -	39078	7	**		
3647.601	300	4	I	27407.47	9990*	9 -	37398	8			
3646.895	1000	4	I	27412.77	4134	7 -	31547*	8			
3645.705	1	3	I	27421.72	4134	7 -	31555*	6			
3643.923	1000	5	II	27435.13							
3643.524	1000 R	5	I	27438.14	7565*	8 -	35003	7			
3642.318	0	0		27447.22							
3641.830	1000 R	5	I	27450.90	8519*	7 -	35970	6			
3640.306	100	2	I	27462.39	10088*	6 -	37551	7	**		
3639.250	100	2	I	27470.36	10088*	6 -	37559	5			
3638.917	300	0	II	27472.87							
3634.434	100	0	I	27506.76							
3632.803	100	1	I	27519.11	10088*	6 -	37607	7			
3630.552	300	3	I	27536.17	9990*	9 -	37527	8			
3628.565	300	1	I	27551.25	12298*	5 -	39849	6			
3628.018	300	0	I	27555.40							
3627.897	300	5	I	27556.32	0	8 -	27556*	7			
3627.702	100	1	I	27557.80	10088*	6 -	37646	5			
3626.872	300	4	I	27564.11	4134	7 -	31698*	7			
3626.137	30	2	I	27569.70	7565*	8 -	35135	7			
3625.528	300	3	I	27574.33	8519*	7 -	36093	6			

LONGUEUR D'ONDE (A)	INT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ONDES (CH-1)	CLASSIFICATION		
					NIVEAU INF.	J1 NIVEAU SUP.	J2
3623.365	300	1	I	27590.63	12655*	7 - 40245	7
3623.127	300 R	1	I	27592.60	7050	6 - 34643*	5
3622.700	3	0	II	27595.85			
3622.123	300 R	4	I	27600.25	8519*	7 - 36119	7
3621.792	300 R	3	I	27602.77	13495*	9 - 41098	8 **
3621.090	100	0	I	27608.12			
3618.390		3		27628.72			
3615.052	300 R	4	I	27654.23	7565*	8 - 35219	9
3614.774	100	3	I	27656.36	7565*	8 - 35221	7 **
3613.967	100	3	I	27662.53	10088*	6 - 37751	7
3612.362	300	1	I	27674.03	12007*	6 - 39681	7 **
3611.228	1000 R	5	I	27683.51	7565*	8 - 35249	8
3610.989	300	2	I	27685.35	12007*	8 - 39692	9
3610.915	300 R	5	I	27685.91	9990*	9 - 37676	8
3606.515	30	2	I	27719.69	7050	6 - 34770*	6
3605.330	300	2	II	27728.80			
3604.342	300	1	I	27736.40			
3603.755	300	0	I	27740.92	12655*	7 - 40396	7
3603.499	30	2	I	27742.89	7050	6 - 34793*	6 **
3603.329	300	5	I	27744.20	4134	7 - 31878*	7
3600.471	1	3		27766.22			
3598.319	100	3	I	27782.83			
3597.537	300	3	I	27788.07	8519*	7 - 36308	8
3597.284	300 R	2	I	37790.82	12892*	10 - 40683	9
3594.560	1000 R	5	I	27811.88	7565*	8 - 35377	8
3594.480	30	2		27812.50	4134	7 - 31946*	7
3593.773	100	5	I	27817.97	0	8 - 27817*	8
3592.174	300	0	I	27830.35			
3592.107	1000	0	II	27830.87			
3591.588	10	5	I	27834.89	0	8 - 27834*	7
3590.495	100	1	I	27843.37	11673*	6 - 39516	7
3590.173	10	0	I	27845.86	8519*	7 - 36365	6 **
3589.527	100	2	I	27850.87	9990*	7 - 37841	8
3589.457	300 R	5	I	27851.42	0	8 - 27851*	8
3588.775	10	2	II	27856.71			
3586.904	30	2	I	27871.24	7050	6 - 34921*	7
3586.692	30	3	I	27872.89	8519*	7 - 36392	8
3586.612	3	5	II	27873.51			
3585.442	30	2	I	27882.61	4134	7 - 32016*	7
3584.674	300	0	I	27887.02	13495*	9 - 41383	8 **
3584.778	100	3	I	27887.77	7050	6 - 34938*	6 **
3583.459	300	3	I	27898.03	8519*	7 - 36417	7
3581.146	10	0	II	27916.05			
3580.855	1	0	II	27918.32			
3579.175	30	3	I	27931.43			

CLASSIFICATION

LONGUEUR D'ONDE (A)	INT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ONDES (CM-1)	CLASSIFICATION		NIVEAU INF.	J1	NIVEAU SUP.	J2	
3577.081	300 R	5	I	27947.78	4134	7	-	32082*	6		
3574.005	30	3	I	27971.83	8519*	7	-	36491	7	**	
3573.318	100	5	I	27977.21	4134	7	-	32111*	6		
3573.137	10	0	I	27978.62	12892*	10	-	40871	8		
3572.389	30	5	I	27984.48	0	8	-	27984*	7		
3571.739	100	2	I	27989.57	8519*	7	-	36508	7		
3571.438	1000 R	5	I	27991.93	4134	7	-	32126*	6		
3569.332	300	2	I	28008.45	11673*	6	-	39681	7	**	
3568.739	30	1	I	28013.10	10068*	6	-	38101	5		
3567.804	100	0		28020.44							
3565.998	100	3	I	28034.63	8519*	7	-	36553	8	**	
3560.742	100	3	I	28076.02	10088*	6	-	38164	5	**	
3560.207	100	3	I	28080.23	8519*	7	-	36599	8	**	
3559.390	100	0	I	28086.66	11673*	6	-	39760	7	**	
3558.511	30	2	I	28093.62	8519*	7	-	36612	6	**	
3558.511	30	2	II	28093.62	8519*	7	-	36612	6	**	
3558.430		0		28094.26							
3557.181	300	1	I	28104.12	11673*	6	-	39777	7		
3554.415	30	0	I	28125.99	10088*	6	-	38214	6		
3553.890	100	4	I	28130.14	7565*	8	-	35695	7		
3553.046	300	2	I	28136.83	12892*	10	-	41029	9		
3551.771	100	0	I	28146.93							
3548.591	30	1	I	28172.15	7565*	8	-	35737	7	**	
3548.172	10	0	II	28175.48	10088*	6	-	38264	7		
3547.962	100	5	I	28177.14	0	8	-	28177*	8		
3545.864	0	1	I	28193.82							
3545.475	10	0	I	28196.91	7565*	8	-	35762	9		
3542.420	100	0	I	28221.23							
3540.232	300	0	I	28238.67	12007*	8	-	40245	7		
3539.896	30 W	1	I	28241.35							
3539.386	30	2	I	28245.42	10088*	6	-	38334	5	**	
3535.810	1	5	II	28273.98							
3535.367	300	2	II	28277.52							
3534.033	300 R	5	I	28288.20	8519*	7	-	36807	8		
3533.638	30	0	I	28291.36							
3533.262	100	1	I	28294.37	9990*	9	-	38285	9		
3530.371	1000 R	2	I	28317.54	12892*	10	-	41210	9		
3530.239	3	0	II	28318.60							
3529.126	10	4	I	28327.53							
3528.891	10	0	I	28329.42							
3527.754	100	3	I	28338.55							
3527.707	300	5	I	28338.92	9990*	9	-	38329	10		
3527.390	3	3	I	28341.47							
3527.178	1000	3	I	28343.17	12892*	10	-	41235	9	**	
3526.788	0	3	I	28346.31	8519*	7	-	36865	7	**	

LONGUEUR D'ONDE (A)	INT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ONDES (CM-1)	CLASSIFICATION		J2
					NIVEAU INF.	NIVEAU SUP.	
3526.382	10	0	I	28349.57			
3526.254	1	3	I	28352.21			
3524.633	300 B	1	I	28363.64	10088*	6 - 38452	7
3524.427	100	2	I	28365.30	9990*	9 - 38356	8
3523.455	300 R	2	I	28373.12	7565*	8 - 35938	8
3523.254	100	1	I	28374.74	7565*	8 - 35940	9
3521.491	100	0	I	28388.94	12007*	8 - 40396	7
3521.157	1000	3	I	28391.64			
3517.625	100	0	I	28420.15			
3516.640		1		28420.10			
3516.315	3	2	I	28430.73	4134	7 - 32564*	7 **
3515.769	1000 R	3	I	28435.15	8519*	7 - 36954	8
3514.279	1	0	I	28447.20			
3513.891	300	0	I	28450.34			
3513.516	100	3	I	28453.38	9990*	9 - 38444	9
3511.015	1000 R	5	I	28473.65	4134	7 - 32607*	6 **
3510.512	1	2	I	28477.73			
3509.597	30	1	I	28485.15			
3509.231	10	1	II	28488.12			
3505.518	30	5	I	28518.30			
3502.091	300	5	I	28546.20			
3501.154	30	1	I	28553.84	7565*	8 - 36119	7
3500.520		2		28559.91			
3498.897	100	1	I	28572.26	11673*	6 - 40245	7
3498.399	10	1	I	28576.33			
3494.742	300	5	I	28606.23	8519*	7 - 37125	6
3493.300	100	2	I	28618.04			
3492.299	30	0	I	28626.24	12298*	5 - 40924	4
3492.257	3	0	II	28626.58			
3491.570	30	0	I	28632.22	12007*	8 - 40639	8 **
3490.401	100	1	II	28641.81			
3490.141	10	1	I	28643.94	8519*	7 - 37163	6
3489.543	300	3	I	28648.85	10088*	6 - 36737	7
3488.620	100	2	I	28656.43	4134	7 - 32790*	6 **
3488.192	300	4	I	28659.94			
3484.881	300	0	II	28687.17			
3484.582	30	0	I	28689.63			
3484.190	300 R	2	I	28692.86	8519*	7 - 37212	7
3483.978	30	0	I	28694.61			
3483.315	100	3	I	28700.37			
3482.970		0		28702.91			
3481.636	3	1	I	28712.26			
3478.906	3	0	I	28736.44			
3478.177	1000 R	2	I	28742.46	7565*	8 - 36308	8
3477.994	3	1	I	28743.98			

LONGUEUR D'ONDE (A)	INT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ONDES (CM-1)	CLASSIFICATION				
					NIVEAU INF.	J1	NIVEAU SUP.	J2	
3474.516	30	1	I	28772.75	10088*	6 -	38861	7	**
3474.031	300 R	4	I	28776.77	8519*	7 -	37295	7	
3472.927	30	3	I	28785.91	4134	7 -	32920*	7	**
3471.803	300 R	4	I	28795.23	0	8 -	28795*	8	
3470.974	10	1	I	28802.11	10088*	6 -	38890	5	**
3470.577	30	0	I	28805.40	8519*	7 -	37324	6	
3469.056	100	0	I	28818.03	11673*	6 -	40491	6	**
3468.529	30	2	I	28822.41	0	8 -	28822*	7	
3466.816	3	0	I	28836.65	4134	7 -	32970*	6	
3465.586	300 R	2	I	28846.89	8519*	7 -	37366	7	
3465.586	B	2		28846.89	8519*	7 -	37366	7	
3464.984	100	0	I	28851.90	12007*	8 -	40859	7	**
3463.386	300	4	I	28865.21	10088*	6 -	38954	7	**
3462.106	100	2	I	28875.88	10088*	6 -	38964	5	**
3462.033	100	3	I	28876.49					
3461.703	100	4	I	28879.24	8519*	7 -	37398	8	
3460.666	30	5		28887.90					
3459.527	30	3	I	28897.41					
3459.470		0		28897.88					
3456.635	300	5	I	28921.58	7565*	8 -	36487	9	
3456.336	30	5	I	28924.09					
3454.853	10	2	I	28936.50					
3454.060	30	3	I	28943.14	7565*	8 -	36508	7	
3452.126	10	0	I	28959.36	10088*	6 -	39048	5	
3449.387	300	4	I	28982.35	8519*	7 -	37501	7	
3448.689	30	0	I	28988.22	7565*	8 -	36553	8	**
3447.795	3	1	I	28995.74					
3447.669	100	1	I	28996.80					
3446.345	100	0	I	29007.93	8519*	7 -	37527	8	
3443.544	30	5	I	29031.53	4134	7 -	33165*	7	**
3443.490	100	3	I	29031.98	8519*	7 -	37551	7	**
3442.225	0	0	I	29042.65	7565*	8 -	36608	7	
3436.779	10	1	I	29088.67	8519*	7 -	37607	7	
3436.434	100	1	I	29091.59	12007*	8 -	41098	8	**
3434.841	100	2	I	29105.09	9990*	9 -	39096	8	
3433.186	300 R	4	I	29119.12	0	8 -	29119*	9	
3431.696	300	0	I	29131.76	8519*	7 -	37650	6	
3429.320		1		29151.94	7565*	8 -	36717	9	**
3428.645	100	3	I	29157.68	8519*	7 -	37677	8	
3426.605	100	3	I	29175.04	8519*	7 -	37694	7	
3426.341	10	2	I	29177.29	4134	7 -	33311*	7	
3425.372	10	0	I	29185.54	11673*	6 -	40659	7	**
3422.631	3	0	I	29208.91					
3419.912	30	1	I	29232.14					
3418.784	1000 R	4	I	29241.78	7565*	8 -	36807	8	

LONGUEUR D'ONDE (A)	INT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ONDES (CM-1)	CLASSIFICATION		J2	
					NIVEAU INF.	NIVEAU SUP.		
3418.506	100	2	I	29244.16	10086*	6 - 39332	7	**
3418.253	30	3	I	29246.75	4134	7 - 33380*	6	**
3413.490	1	1	II	29267.13				
3412.016	100	1	I	29299.78	7565*	8 - 36865	7	**
3410.992	100	1	I	29308.58				
3409.350	100	0	I	29322.69	8519*	7 - 37841	8	
3406.321	10	2	I	29346.77				
3405.142	3	0	I	29358.93	7565*	8 - 36924	7	**
3404.944	300	3	I	29360.63				
3402.009	1000	1	I	29385.96	9990*	9 - 39376	8	
3401.687	1000 R	4	I	29388.74	7565*	8 - 36954	8	
3399.954	30	5	I	29403.72				
3399.057	300	3	I	29411.48	7050	6 - 36462*	6	
3397.962	30	5	I	29420.96				
3397.142	10	0	I	29428.06	10088*	6 - 39516		
3396.562	30	0	I	29433.09				
3396.430		1		29434.23				
3393.363	1000	0		29460.83	8519*	7 - 37980	7	
3392.331	3	2	I	29469.80				
3390.237	10	0	I	29488.00				
3388.928	30	2	I	29499.39				
3386.764	1	2	I	29518.24				
3386.348	100	1	I	29521.87	7565*	8 - 37087	8	
3383.409	300	2	I	29547.51				
3379.576	10	1	I	29561.02				
3378.860	10	0	I	29587.28	4134	7 - 33721*	8	
3376.548	30	3	I	29607.54				
3374.182	30	0	I	29628.30				
3364.099	300	3	I	29717.10				
3362.600	30	2	I	29730.35				
3355.920	10	0	I	29789.53				
3354.986	1	1	II	29797.82				
3354.686	100	2	I	29800.48	7565*	8 - 37366	7	
3353.010		2		29815.38				
3351.736	100	0	I	29826.71				
3350.568	30	1	I	29837.11	8519*	7 - 38356	8	
3345.871	1	0	I	29878.99				
3344.654	100	3	I	29889.87				
3344.483	100	1	I	29891.39				
3344.095	30	1	I	29894.86				
3343.524	10	1	I	29899.97				
3342.616	10	0	I	29908.09				
3341.445	30	1	II	29918.57	9990*	9 - 39909	8	**
3339.509	300	2	II	29935.91	7565*	8 - 37501	7	
3336.655	100	1	I	29961.52	7565*	8 - 37527	8	

LONGUEUR D'ONDE (A)	INT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ONDES (Ck-1)	CLASSIFICATION		J2	
					NIVEAU INF.	J1 NIVEAU SUP.		
3334.861	100	0	I	29977.64	12007*	8 - 41984	7	**
3333.981	100	1	I	29985.55	7565*	8 - 37551	7	**
3331.782	10	0	I	30005.34	8519*	7 - 38524	7	**
3330.470	0	0		30017.16				
3327.686	3	0	I	30042.27	7565*	8 - 37708	7	
3323.781	1	0	II	30077.56				
3323.577	10	0	I	30079.41	4134	7 - 34213*	7	**
3323.478	30	4	I	30080.31				
3320.060	300	2	I	30111.27	7565*	8 - 37676	8	
3317.170	1	3	II	30137.51				
3316.967	3	3	I	30139.35				
3312.931	30	1	I	30176.07				
3311.873	3	0	I	30185.71	7565*	8 - 37751	7	
3308.795	1000	0	II	30213.79				
3308.287	300	1	I	30218.42	8519*	7 - 38737	7	
3307.530	3	0	I	30225.34	4134	7 - 34359*	6	**
3306.398	10	0	I	30235.69				
3305.882	10	2	I	30240.41				
3305.664	10	0	II	30242.40				
3304.328	3 W	0	I	30254.63	7565*	8 - 37820	8	
3301.970	100	1	I	30276.23	7565*	8 - 37841	8	
3298.591	30	0	I	30307.28	10088*	6 - 40396	7	
3298.362	10	0	I	30309.35				
3297.603	100	0	II	30316.33	7050	6 - 37366*	7	**
3289.969	100 W	1	I	30386.67				
3288.650		4		30398.86				
3287.534	10	1	I	30409.18				
3286.970	30	0	I	30414.39	7565*	8 - 37980	7	
3285.591	3	0	I	30427.16	7565*	8 - 37992	7	**
3284.769	100	1	I	30434.77	8519*	7 - 38954	7	**
3283.556	100	0	I	30446.02				
3283.259	1	0		30448.77				
3282.673	30	1	I	30454.20	8519*	7 - 38973	8	
3282.531	30	0	I	30455.52				
3279.679	30 B	1		30482.01	9990*	9 - 40472	8	**
3278.920		0		30489.06	7565*	8 - 38054	7	**
3276.399	10	0	I	30512.52	7565*	8 - 38078	8	**
3276.151	3	3	I	30514.83				
3275.632	10	0	I	30519.66				
3273.946	3	3	II	30535.38				
3273.776	10	0	I	30536.97	7050	6 - 37587*	7	**
3273.411	3	3	I	30540.37				
3272.961	1000 R	5	I	30544.57	0	8 - 30544*	8	
3271.560	10	0	I	30557.65	7565*	8 - 38123	7	
3271.425	100	0	I	30558.91	8519*	7 - 39078	7	**

LONGUEUR D'ONDE (A)	INT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ONDES (CM-1)	CLASSIFICATION		J2
					NIVEAU INF.	NIVEAU SUP.	
3271.166	1	0	I	30561.14			
3270.659	10	5	I	30566.07	0	8 - 30566*	7
3269.354	10	0	I	30578.27	8519*	7 - 39097	7 **
3268.644	30	0	I	30584.91	7565*	8 - 38150.	8 **
3264.810	3	0	I	30620.83	4134	7 - 34755*	8 **
3263.186	3000 R	5	I	30636.06	4134	7 - 34770*	6
3260.718	300	2	I	30659.25	4134	7 - 34793*	6 **
3259.602	3	0	I	30669.75			
3257.518	10	1	I	30689.37	7565*	8 - 38254	8 **
3257.174	300	1	I	30692.61	9990*	9 - 40683	9
3255.666	1000	1	I	30706.83			
3255.148	10	5	I	30711.71	0	8 - 30711*	7
3250.614	10	0	I	30754.55			
3247.614	3	1	II	30782.96			
3247.121	3	1	I	30787.63	4134	7 - 34921*	7
3247.007	3	4	I	30788.71	0	8 - 30788*	8 **
3246.802	300	3	I	30790.65	7565*	8 - 38356	8
3245.390	300	4	I	30804.05	4134	7 - 34938*	6 **
3244.797	30	5	I	30809.68			
3244.363	100	0	I	30813.80	8519*	7 - 39332	7 **
3241.527	10	1	I	30840.76	4134	7 - 34975*	8
3239.746	100	1	I	30857.71	8519*	7 - 39376	8
3236.693	1000	0	II	30886.82	7565*	8 - 38452	7
3236.330	10	4	I	30890.28			
3235.817	100	0	II	30895.18	4134	7 - 35029*	8
3235.543	30	1	I	30897.80			
3234.532	300	0	I	30907.45			
3234.416	100	2	I	30908.56			
3230.115	100	1	I	30949.71	7565*	8 - 38515	7
3229.954	100	1		30951.26	7565*	8 - 38516	8
3229.160	30	1	I	30958.87	7565*	8 - 38524	7 **
3228.598	100	1	I	30964.26	10088*	6 - 41053	7 **
3225.117	30	1		30997.68	8519*	7 - 39516	7
3220.860	100	0	I	31038.64	9990*	9 - 41029	9
3220.070	3	0	I	31046.26	9990*	9 - 41037	8 **
3213.706	100	0	I	31107.74	9990*	9 - 41098	8 **
3211.169	100	4	I	31132.31	0	8 - 31132*	7
3211.132	100	1	I	31132.67			
3210.333	30	0		31140.42			
3207.078	30	2	I	31172.02	7565*	8 - 38737	7
3202.218	300 W	2	I	31219.33	9990*	9 - 41210	9
3202.084	1	0	I	31220.64			
3201.197	10	3	I	31229.29	0	8 - 31229*	7
3200.321	100 W	1	I	31237.84			
3199.587	300	2	I	31245.00	9990*	9 - 41235	9 **

CLASSIFICATION

LONGUEUR D'ONDE (A)	INT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ORDRES (CN-1)	CLASSIFICATION		J2	
					NIVEAU INF.	NIVEAU SUP.		
3198.148	30	2	I	31259.06				
3196.279	10	0	I	31277.34				
3194.379	10	0	I	31295.94	7565*	8 - 38861	7	**
3192.738	10	0	I	31312.03	7050	6 - 38362*	7	**
3190.846	30	0	I	31330.59	8519*	7 - 39849	6	
3185.645	10	0	I	31381.74				
3185.405	3 W	0	I	31384.11	4134	7 - 35518*	8	
3184.967	30	0	I	31388.42	7565*	8 - 38954	7	**
3184.600	100	0	I	31392.04	9990*	9 - 41383	8	**
3183.000	30 W	0	I	31407.82	7565*	8 - 38973	8	
3181.458	10	3	I	31423.04	0	8 - 31423*	7	
3178.565	1	0	I	31451.64				
3176.690	1	0		31470.20	7565*	8 - 39035	9	
3175.221	1	1	I	31484.76				
3174.995	10	1	I	31487.00				
3172.426	100	2	I	31512.50	7565*	8 - 39078	7	**
3171.716	3	3	I	31519.55	0	8 - 31519*	7	
3171.643	3	1	I	31520.28				
3171.330		1		31523.39				
3170.481	10	0	II	31531.83	7565*	8 - 39097	7	**
3169.356	10	0	I	31543.02				
3168.954	300 R	5	I	31547.02	0	8 - 31547*	8	
3168.151	300	3	II	31555.02	7565*	8 - 39120	9	
3165.617	300	4	I	31580.28	0	8 - 31580*	7	
3160.015	10 W	0	I	31636.26				
3159.724	1	4	I	31639.17				
3159.289	30	4	I	31643.53	4134	7 - 35777*	8	
3158.886	100	0	I	31647.57	9990*	9 - 41638	8	**
3153.827	300 R	5	I	31698.33	0	8 - 31698*	4	
3152.223	100	0	II	31714.46				
3151.527	30	0	I	31721.46	12007*	8 - 43728	8	**
3150.764	10	2	I	31729.15	7050	6 - 38779*	7	**
3150.663	30	5	I	31730.16				
3147.694	300 R	5	I	31760.09	4134	7 - 35894*	8	
3147.144	0	0		31765.64	4134	7 - 35899*	8	
3146.471	10	0	I	31782.54				
3142.624	300 R	5	I	31811.33	7565*	8 - 39376	8	
3140.000		0		31837.91				
3139.938	1	0	II	31838.54				
3139.875	3	0	I	31839.18				
3138.721	3	1	I	31850.88				
3136.163	10	0	I	31876.86	8519*	7 - 40396	7	
3136.011	300 R	5	I	31878.41	0	8 - 31878*	7	
3133.815	1000 R	5	I	31900.74	0	8 - 31900*	9	
3131.398	1	0		31925.37				

LONGUEUR D'ONDE (A)	INT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ONDES (CM-1)	CLASSIFICATION		J2
					NIVEAU INF.	NIVEAU SUP.	
3129.302	300 R	5	I	31946.75	0	8 - 31946*	7
3128.659	10	0	I	31951.27	7565*	8 - 39516	7
3126.801	30	0	II	31972.30	8519*	7 - 40491	6 **
3122.452	100	5	I	32016.83	0	8 - 32016*	7
3121.741	1	0	II	32024.12			
3117.270	3	0	I	32070.05			
3114.811	10	0	I	32095.37			
3114.297	10	0	I	32100.67			
3110.715	30	1	I	32137.63	7050	6 - 39188*	6 **
3109.105	1	1	I	32154.27	4134	7 - 36288*	8 **
3107.041	30	2	I	32175.63			
3106.407	3	0	I	32182.19	4134	7 - 36316*	7
3105.918	3	0	I	32187.26			
3105.213	3	1	I	32194.57			
3104.838	10	2	I	32198.46			
3104.639	1 W	0	II	32200.52			
3103.852	3	3	I	32208.69			
3103.530	10	1	I	32212.03	7565*	8 - 39777*	7
3101.932	300	5	II	32228.62			
3099.835	10	2	I	32250.42			
3097.503	10	1	I	32274.70	7050	6 - 39325*	7 **
3096.995	10	5	I	32280.00			
3094.795	1 W	1	II	32302.94			
3094.334	3	2	I	32307.75	4134	7 - 36441*	7
3093.730	100	1	I	32314.06	8519*	7 - 40833	8
3092.407	30	3	I	32327.88	4134	7 - 36462*	6
3091.930	100	2	I	32332.87			
3090.872	300	3	I	32343.94	7565*	8 - 39909	8 **
3090.685	10	1	I	32345.90			
3090.085	10	1	I	32352.18	8519*	7 - 40871	8
3088.805	3	0	I	32365.58	9211	5 - 41577*	6 **
3086.839	1	0	I	32386.20			
3085.545	10	3	I	32399.78	4134	7 - 36534*	8
3084.334	3	3	I	32412.50	4134	7 - 36546*	7
3080.556	1	0	I	32452.25			
3079.213	3	0	I	32466.40			
3078.410		0		32474.87			
3078.330	100	5	II	32475.71			
3077.538	1	1	I	32484.07	4134	7 - 36618*	8
3073.270	10 W	1	I	32529.18			
3071.366	1	0		32549.34			
3070.563	3 W	0	I	32557.86			
3069.892	3	3	I	32564.97	0	8 - 32564*	7 **
3068.820	3	2	I	32576.35			
3067.889	30	5	I	32586.23			

LONGUEUR D'ONDE (A)	INT EMISS	INT ARS	S	NOMBRE D'ONDES (CH-1)	CLASSIFICATION		
					NIVEAU INF.	J1 NIVEAU SUP.	J2
3067.557	100 W	3	I	32589.76			
3065.595	3	1	I	32610.62			
3065.174	10	0	II	32615.10			
3065.040	30	2	I	32616.52			
3064.589	30	1	I	32621.32			
3062.600		0		32642.51			
3061.220	30	4	II	32657.22			
3060.185	3	1	II	32668.27			
3059.350		0		32677.18			
3055.018	1	1	I	32723.52			
3054.710		0		32726.81			
3051.618	10	4	I	32757.83	4134	7 - 36892*	8
3049.996	1	0	I	32777.39			
3046.929	1	0	II	32810.39			
3045.900		1		32821.47			
3043.057	3 W	0	I	32852.13	8519*	7 - 41371	7 **
3041.977	10 W	1	I	32863.80	8519*	7 - 41383	8 **
3041.779	10	2	I	32865.94			
3041.620		0		32867.65			
3040.780	1	0	I	32876.73			
3040.357	10	1	I	32881.31			
3039.499	3 W	1	I	32890.59			
3038.002	1	1		32906.79	4134	7 - 37041*	8 **
3037.953	100 W	2	I	32907.32			
3036.765	100	5	I	32920.20	0	8 - 32920*	7 **
3036.249	3	2	I	32925.79			
3036.158	30	1	I	32926.78			
3036.069	1	2		32927.74	0	8 - 32927*	9
3035.824	30	0	I	32930.40	9970*	9 - 42921	8 **
3033.294	3	0	I	32957.87			
3032.732	3	0	I	32963.97			
3031.194	30	3	II	32980.70			
3029.439	30	1	I	32999.80			
3028.295	3 W	1	I	33012.27	4134	7 - 37146	8 **
3027.980	10	1	I	33015.70			
3027.703	3	0	I	33018.72			
3026.868	10	0	I	33027.83			
3026.727	1	0	I	33029.37			
3026.021	10	0	I	33037.08			
3024.953	1 W	0	I	33048.74			
3023.600		0		33063.53			
3023.533	100 W	3	I	33064.26			
3022.556	10	0	I	33074.95			
3018.627	30	1	I	33118.00	7565*	8 - 40683	9
3018.519	10 W	2	I	33119.18			

CLASSIFICATION

LONGUEUR D'ONDE (A)	INT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ONDES (CH-1)	CLASSIFICATION				
					NIVEAU INF.	J1	NIVEAU SUP.	J2	
3017.234	10	0	I	33133.29	10088*	6 -	43222	7	**
3017.067	30	0	II	33135.12					
3014.274	300 R	5	I	33165.77	0	8 -	33165*	7	**
3010.597	3	0	I	33206.33					
3009.284	100	5	I	33220.81	4134	7 -	37354*	8	**
3008.834	10	1	I	33225.78	4134	7 -	37360*	8	
3008.209	30	2	I	33232.69	4134	7 -	37366*	7	**
3007.944	1	0	I	33235.61					
3007.321	3	0	I	33242.50					
3003.965	10	5	I	33279.64					
3003.004	10	0	I	33290.20					
3002.724	10	2	I	33293.39	7565*	8 -	40859	7	**
3001.088	100 R	5	I	33311.54	0	8 -	33311*	7	
2998.810		0		33336.04	4134	7 -	37471*	7	**
2996.833	300 R	5	I	33358.83					
2995.020	1	1	I	33379.02					
2994.193	10	0	I	33388.24					
2992.220	30	0	I	33410.26					
2992.151	10	1	II	33411.03					
2991.216	100	5	I	33421.47					
2989.928	1	2	I	33435.87					
2987.204	30	0	I	33465.46	0519*	7 -	41984	7	**
2986.735	1	0	II	33471.61	7565*	8 -	41037	8	**
2985.321	10	1	I	33487.46	7565*	8 -	41053	7	**
2985.068	0	0	II	33490.30					
2983.131	300 R	5	I	33512.05	4134	7 -	37646*	8	
2981.207	3	0	I	33533.67					
2978.335	3	1	I	33566.01					
2978.025	10	1	I	33569.50	7565*	8 -	41135	9	
2976.489	3	1	I	33586.83	4134	7 -	37721*	8	
2976.311	30	0	I	33588.83					
2975.548	30	1	II	33597.45					
2974.312	10	0	I	33611.41					
2973.325	1	0	I	33622.57					
2971.937	3 W	0	I	33638.27	7565*	8 -	41203	8	
2971.369	10	1	I	33644.70	7565*	8 -	41210	9	
2970.774	1 W	1	I	33651.44					
2969.251	30	0	I	33668.70					
2969.107	10	1	I	33670.33	7565*	8 -	41235	9	**
2969.055		0		33670.92					
2965.689	1	1	I	33709.13	4134	7 -	37843*	8	**
2964.599	100 R	5	I	33721.53	0	8 -	33721*	8	
2963.300	1	0	I	33736.31	12655*	7 -	46391	7	**
2961.889	1	0	II	33752.33					
2961.835		0		33752.99					

CLASSIFICATION

LONGUEUR D'ONDE (A)	INT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ONDES (CM-1)	CLASSIFICATION		J1	NIVEAU SUP.	J2	
					NIVEAU INF.					
2961.280	3	0	I	33759.32						
2960.933	10	3	I	33763.28						
2958.073	100	5	I	33795.92						
2957.211	3	0	I	33805.77	7565*	8 - 41371			7	**
2956.193	10	3	I	33817.41	7565*	8 - 41383			8	**
2955.656	1	0	I	33823.55						
2954.957	3	1	I	33831.55						
2950.895		0		33878.12						
2948.812	3	0	I	33902.05						
2948.591	1 W	1	I	33904.59						
2948.552	10	2	I	33905.04						
2946.186	1	1	I	33932.27						
2945.911	3	0	I	33935.44						
2945.808	1 W	0	I	33936.62						
2943.977	1	0	I	33957.73						
2940.360		0		33997.50						
2940.004	10 W	0	I	34002.59						
2939.375	10	0	I	34008.35						
2938.232	3	3	I	34024.12						
2935.416	30	3	I	34056.76						
2934.022	10	1	I	34072.94	7565*	8 - 41638			8	**
2931.942	1	0	I	34097.11						
2930.206	1	2	I	34117.31	4134	7 - 38251*			7	**
2929.079	10	2	II	34130.44						
2927.056	30	0	II	34154.03						
2925.194	3 W	0	I	34175.77						
2924.830	1	1	I	34180.02						
2924.349	10	0	I	34185.64						
2923.397	3	3	I	34190.92						
2923.164	1	0	I	34199.50						
2922.761	100	2	I	34204.21						
2922.413	1	1	I	34208.29	4134	7 - 38342*			7	
2921.956	10	3	I	34213.64	0	8 - 34213*			7	**
2921.017	100	3	I	34224.61	4134	7 - 38358*			8	**
2920.695	30	3	I	34228.41	4134	7 - 38362*			7	**
2917.603	3	1	I	34264.62						
2917.342	1	1	I	34267.74						
2916.373	0	0	I	34273.02						
2915.698	3	1	I	34287.07	4134	7 - 38421*			7	**
2915.628	30	2	I	34287.89						
2914.207	3	1	I	34304.61	4134	7 - 38438*			8	
2913.735	100	1	II	34310.16						
2913.571	1	1	I	34312.09						
2913.113	1	0	I	34317.49						
2908.601	3	2	I	34370.72						

LONGUEUR D'ONDE (A)	INT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ONDES (CM-1)	CLASSIFICATION			
					NIVEAU INF.	J1	NIVEAU SUP.	J2
2908.267	3	4	I	34374.67				
2908.200	1	0	I	34375.39				
2907.143	10	0	II	34384.35	12007*	8 - 46391	7	**
2907.165	3	1	I	34387.70				
2907.050		0		34389.06				
2905.103	1	0		34412.05				
2904.443	1	0	I	34419.93				
2902.357	3	0	I	34442.29				
2901.027	1	1	I	34460.43				
2900.338	1	1	I	34466.26				
2899.942	3	2	II	34473.35				
2899.303	3	1	I	34480.94				
2898.300		3		34492.88				
2897.780	100	4	I	34496.68	9990*	9 - 44487	8	**
2897.873	3	0	I	34497.90				
2895.762	3	2	I	34520.72				
2894.717	30	5	I	34533.18				
2894.323	100	5	I	34534.30				
2892.574	100	5	I	34561.15				
2892.288	3	2	I	34564.57				
2889.930	10	2	I	34592.17	7050	6 - 41642*	7	**
2888.842	1	1	I	34605.80	7050	6 - 41656*	6	
2888.768	10	0	I	34606.69				
2888.326	3	1	I	34611.98				
2886.610		0		34632.56				
2885.526	10	2	I	34645.57	4134	7 - 38779*	7	**
2884.795	10	4	I	34651.93				
2883.357	0	0	I	34665.50				
2882.750		1		34678.93				
2882.645	10	3	I	34680.19	4134	7 - 38814*	8	
2881.473	30	3	I	34694.29				
2881.379	3	4	I	34695.43	0	8 - 34695*	7	**
2881.090	3	3	I	34698.91	12655*	7 - 47354	8	**
2878.360		0		34731.82				
2876.433	3	3	I	34755.08	0	8 - 34755*	8	**
2876.172	30	3	I	34758.24				
2872.677	3	0	I	34800.52				
2872.401	10	3	I	34803.87	0	8 - 34803*	8	
2870.455	10	3	I	34827.46				
2867.917	1	1	I	34858.28				
2866.130	10	1	I	34880.01				
2864.020	1	0	I	34905.71				
2863.305	100	4	I	34908.33				
2862.697	100 R	5	I	34921.84	0	8 - 34921*	7	
2862.493	10	0	I	34924.33				

LONGUEUR D'ONDE (A)	INT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ONDES (CM-1)	CLASSIFICATION		J2
					NIVEAU INF.	NIVEAU SUP.	
2858.347	3	3	I	34974.98	0	8 - 34974*	8
2856.210		1		35001.15			
2856.054	3	0	I	35003.06			
2854.587	3	0	I	35021.05			
2853.983	3	1	I	35028.46			
2853.900		0		35029.48	0	8 - 35029*	8 **
2853.065	10	2	I	35039.73			
2852.090		1		35051.71			
2851.901	10	3	I	35054.03	4134	7 - 39188*	6 **
2848.928	100	5	I	35090.61			
2848.817	10	5	I	35091.98			
2847.871	30	5	I	35103.63			
2847.568	10	5	II	35107.37	0	8 - 35107*	7
2843.946	3	1	I	35152.08			
2843.160	3	1	I	35161.80			
2842.896	30	5	I	35165.06			
2840.795		1		35191.07	4134	7 - 39325*	7 **
2840.674	10	4	I	35192.57			
2840.287	1	1	I	35197.36			
2838.360	30	5	I	35221.26	0	8 - 35221*	9
2838.300		0		35222.00			
2837.028	30	5	I	35237.79			
2835.058	3	3	I	35262.28			
2834.928	0	1		35263.89	4134	7 - 39398*	8 **
2834.557	1	0	II	35269.13			
2830.071	3	2	I	35324.41	7050	6 - 42375*	6 **
2829.230		0		35334.91			
2829.030		0		35337.41			
2828.235	0	0		35347.34			
2827.631	30	5	I	35354.89			
2827.558	10	1	I	35355.80	7565*	8 - 42921	0 **
2827.410		0		35357.65			
2826.533	1	2	I	35368.62			
2826.389	10	5	I	35370.43			
2826.296	0	0		35371.56			
2823.880	1	0		35401.85			
2823.709	1	1	I	35403.99			
2823.265	3	0	I	35409.56			
2823.050		1		35412.26			
2821.696	10	3	I	35429.25	7050	6 - 42479*	5
2821.505	10	5	I	35431.65			
2820.580		0		35443.27			
2820.036	100	5	I	35450.10	0	8 - 35450*	8
2818.110	0	0	II	35474.33			
2816.896	10	1	I	35489.62			

LONGUEUR D'ONDE (A)	INT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ONDES (CM-1)	CLASSIFICATION		NIVEAU J2
					NIVEAU INF.	NIVEAU SUP.	
2816.576	30	5	I	35493.65			
2814.810		1		35515.92			
2814.629	10	5	I	35518.20	0	8 - 35518*	8
2813.891	10	2	I	35527.52			
2813.795		1		35528.73			
2812.566	10	1	I	35544.25			
2812.400		1		35546.35			
2811.269	1	2	I	35560.65			
2809.907	1 0	0		35577.89			
2809.685	30	5	I	35580.70	0	8 - 35580*	9
2809.645		5		35581.20			
2809.412	1	2	I	35584.15			
2806.992	1	0	I	35614.83	10086*	6 - 45703	6 **
2805.102	1	2	I	35638.83			
2803.712	3	1	I	35656.49	7565*	8 - 43222	7 **
2800.722	0	1		35694.56			
2800.252	1	0	I	35700.85			
2794.750	1	1	II	35770.83			
2794.207	1	5	I	35777.78	0	8 - 35777*	8
2793.015	1	5	I	35793.05			
2792.280		0		35802.47			
2791.928	3	3	I	35806.98			
2786.247	3	2	II	35879.99			
2785.132	1	5	I	35894.35	0	8 - 35894*	8
2784.770		0		35899.02			
2784.703	30	5	I	35899.68	0	8 - 35899*	8
2783.850		0		35910.88			
2782.399	1	4	II	35929.61			
2781.969	1	2		35935.16			
2781.150	1	2	II	35945.74			
2780.674	1	4		35951.69			
2780.374	10	5	I	35955.77			
2778.000		0		35986.50			
2776.814		0		36001.87			
2772.370		2		36059.57			
2770.545	1	4	I	36083.33			
2769.090		2		36102.29			
2764.444	10	3	I	36162.96	7565*	8 - 43728	8 **
2763.010		0		36171.25			
2761.769	3	5	I	36197.98			
2760.650		0		36212.65			
2759.514	3	3	I	36227.56			
2758.450		0		36241.53			
2757.958	10	5	I	36248.00	0	8 - 36248*	7
2757.275		0		36256.98			

LONGUEUR D'ONDE (Å)	INT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ONDES (CM ⁻¹)	CLASSIFICATION		J1	NIVEAU SUP.	J2
					NIVEAU INF.				
2757.033	30	5	I	36260.16	0	8	-	36260*	9
2756.590		0		36279.15					
2754.683	10	5	I	36288.46	0	8	-	36288*	8 **
2754.870	3	5	I	36288.63					
2753.807	1	4	I	36302.63	10088*	6	-	46391	7 **
2753.579	0	0	II	36305.64					
2753.150		1		36311.30					
2752.766	10	5	I	36316.36	0	8	-	36316*	7
2751.906	1	3		36327.71					
2751.530	10	4	I	36332.67					
2751.058	1	1	II	36338.91					
2750.860		4		36341.52	0	8	-	36341*	9 **
2750.764	10	5	I	36342.79					
2749.301	3	0	II	36362.13					
2749.250		0		36362.80					
2748.550		0		36372.06					
2747.591	30	5	I	36384.76					
2746.415		1		36400.34					
2744.645		1		36421.16					
2744.330		2		36427.99					
2743.669	3	5	I	36436.77					
2743.411	10	5	I	36440.19	0	8	-	36440*	8
2743.276	3	5	I	36441.99	0	8	-	36441*	7
2742.450		1		36452.96					
2741.034	1	2		36471.79	4134	7	-	40606*	8
2740.510		0		36478.77					
2739.620		1		36490.62					
2739.450		1		36492.68					
2736.366	3	5	I	36534.01	0	8	-	36534*	8
2736.050		0		36536.23					
2735.767	1	5	I	36541.74					
2735.415	1	5	I	36546.71	0	8	-	36546*	7
2734.100		1		36564.28					
2732.181	10	5	I	36589.96					
2730.067	3	5	I	36618.30	0	8	-	36618*	8
2729.647	1	2		36621.25					
2728.980		1		36632.88					
2728.907	1 0	2		36633.86					
2727.166	1	2	II	36657.25					
2726.530		1		36665.80					
2725.640		0		36677.77					
2723.200		1		36710.63					
2722.290	0	3	I	36722.90					
2721.550		3		36732.89					
2721.020		3		36740.04					

CLASSIFICATION

LONGUEUR D'ONDE (A)	INT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ONDES (C-1)	CLASSIFICATION		NIVEAU J2
					NIVEAU INF.	NIVEAU SUP.	
2717.480		2		36787.90			
2716.964	1	0	11	36794.68			
2716.418	10	5	1	36802.28			
2715.610		0		36813.23			
2715.167		4		36819.24			
2713.675		1		36839.48			
2712.619	1	1	11	36853.82			
2712.352	1	4	1	36857.45			
2711.896		1		36863.64			
2711.430		1		36869.90			
2711.120	1	0	11	36874.19			
2709.814	1	5	11	36891.96	0	8 - 36891*	8
2709.006	3	0	11	36902.97			
2707.607	1	5	1	36922.03	7565*	8 - 44487	8 **
2707.260		3		36926.77			
2706.680		2		36934.68			
2706.410		0		36938.36			
2705.530		0		36950.38			
2705.430	0	3	1	36951.74			
2703.903	1	5	1	36972.61			
2701.941	3	5	1	36999.46			
2701.390		0		37007.00			
2699.260		1		37035.93			
2699.095		0		37038.47			
2698.911	3	5	1	37040.99	0	8 - 37041*	8 **
2696.520	1	5	1	37073.83	0	8 - 37073*	7
2695.311	0	5	1	37090.46	0	8 - 37090*	9
2695.150		0		37092.68			
2694.056		1		37107.74			
2693.760		2		37111.82			
2693.461	10	5	1	37115.94			
2692.975		3		37122.63			
2691.980		0		37136.35			
2691.710		2		37140.08			
2691.240		1		37146.57	0	8 - 37146*	8 **
2689.140		0		37175.57			
2688.500		3		37184.42	8519*	7 - 45703	6 **
2688.410		3		37185.67			
2687.471	1	5	1	37198.66			
2685.677		0		37223.50			
2685.310		1		37228.59			
2684.100		1		37245.37			
2682.250		1		37271.06			
2680.977	1	5	11	37288.76			
2680.910		2		37289.69			

LONGUEUR D'ONDE (Å)	INT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ONDES (CR-1)	CLASSIFICATION			
					NIVEAU INF.	J1	NIVEAU SUP.	J2
2680.740		0		37292.05				
2679.862	3	1	II	37304.27				
2679.762	1	2	II	37305.38				
2677.750		1		37333.69				
2676.226	3	4	II	37354.95	0	8	- 37354*	8 **
2676.211	1	5	II	37355.16				
2675.866	1	5	II	37359.98	0	8	- 37359*	8
2675.645		0		37363.06	9990*	9	- 47354	8 **
2675.452	1	2	I	37385.76				
2675.368	3	5	I	37366.93	0	8	- 37366*	7 **
2673.896		1		37387.50				
2673.200		2		37397.23				
2672.641	3	5	I	37405.06				
2671.273		0		37424.25				
2670.765		1		37431.33				
2669.934	3	5	I	37442.98	4134	7	- 41577*	6 **
2669.820		1		37444.58				
2669.690		2		37446.40				
2669.440		1		37449.91				
2668.340		1		37465.34				
2668.140		0		37468.15				
2667.933	100 R	5	I	37471.06	0	8	- 37471*	7 **
2667.740		0		37473.77				
2667.410		1		37478.40				
2666.830		1		37486.56				
2666.780		1		37487.26				
2665.265	3	5	I	37508.57	4134	7	- 41642*	7 **
2664.296	0	2	I	37522.21	4134	7	- 41656*	6
2663.646		0		37531.36				
2663.030		1		37540.04				
2662.384	1	3	I	37549.15				
2662.130		0		37552.73				
2660.670		0		37573.34				
2659.661	3	5	I	37587.59	0	8	- 37587*	7 **
2659.150		3		37594.82				
2658.420		0		37605.14				
2658.125		1		37609.31				
2658.029	3	4	I	37610.67				
2656.292	1	5	I	37635.26	0	8	- 37635*	8
2655.635	0	0	I	37644.57				
2655.580		0		37645.35				
2655.514	3	5	I	37646.29	0	8	- 37646*	8
2652.610		2		37667.50				
2652.470		0		37689.49				
2652.253	1	3	II	37692.57				

LONGUEUR D'ONDE (A)	INT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ONDES (CP-1)	CLASSIFICATION		J1	J2
					NIVEAU INF.	NIVEAU SUP.		
2651.340		0		37705.55				
2650.247	1	5	I	37721.10	0	8	-	37721* 8
2649.360		3		37733.73				
2646.830		0		37769.80				
2644.900		1		37797.35				
2644.520		0		37802.79				
2644.440		2		37803.93				
2642.151	1	5	II	37836.68				
2641.920		1		37839.99				
2641.680		1		37843.42	0	8	-	37843* 8 **
2641.400		0		37847.44				
2640.290		0		37863.35				
2639.782	1	5	II	37870.63				
2639.380		2		37876.40				
2638.130		0		37894.34				
2637.390		0		37904.98				
2636.860		1		37912.60				
2636.776		1		37913.80				
2636.525		2		37917.41				
2635.450		1		37932.88				
2634.566	3	5	I	37945.60				
2634.460		2		37947.13				
2634.060		0		37952.89				
2633.470		1		37961.40				
2633.000		1		37968.17				
2631.960		1		37983.17				
2631.090		4		37995.73				
2630.295		0		38007.22				
2630.125		1		38009.67				
2629.937	0	1		38012.39				
2628.537	0	2	I	38032.63				
2628.150		2		38038.23				
2627.060		0		38054.02				
2626.580		3		38060.97				
2626.225		1		38066.11				
2625.975		0		38069.74				
2625.390		4		38078.22				
2624.170		3		38095.92				
2623.687	1	5	I	38102.94	0	8	-	38102* 9
2622.780		4		38116.11				
2622.130	0	3	I	38125.56				
2621.770		1		38130.79				
2621.240		4		38138.50				
2621.050		0		38141.27				
2620.110		0		38154.95				

CLASSIFICATION

LONGUEUR D'ONDE (A)	INT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ONDES (C-1)	CLASSIFICATION		J1	J2
					NIVEAU INF.	NIVEAU SUP.		
2619.710		2		38160.78				
2616.730		1		38204.23				
2616.040		1		38214.31				
2615.670		1		38219.71				
2614.227	10	4	1	38240.81	4134	7 - 42375*	6	**
2613.493	1	5	1	38251.55	0	8 - 38251*	7	**
2612.680		0		38263.45				
2612.600		3		38264.62				
2610.920		3		38289.24				
2609.360		1		38312.13				
2608.440		4		38325.64				
2607.292	1	5	1	38342.52	0	8 - 38342*	7	
2606.860	1	3	1	38348.87				
2606.460		0		38354.76				
2606.176	1	5	1	38358.93	0	8 - 38358*	8	**
2605.922	1	5	1	38362.67	0	8 - 38362*	7	**
2604.790		1		38379.34				
2604.540		4		38383.03				
2603.800		2		38393.94				
2602.890		4		38407.36				
2601.947	1	5	1	38421.28	0	8 - 38421*	7	**
2600.755	3	4	11	38438.83	0	8 - 38438*	8	
2599.960		1		38450.64				
2598.243	1	4	1	38476.05				
2596.897	0	4	1	38495.99				
2592.485		1		38562.69				
2592.364	1	5	1	38563.30	0	8 - 38563*	9	
2591.834	4	5	11	38571.18				
2591.815	1	4	11	38571.46				
2591.610		4		38574.52				
2587.839	1	5	11	38630.72				
2585.310		0		38668.51				
2584.030	0	2	1	38667.66				
2584.000		1		38683.11				
2581.730		0		38722.13				
2581.360		0		38727.68				
2579.830		0		38750.64				
2578.900		0		38764.62				
2578.230		0		38774.69				
2578.000		3		38778.15				
2577.893	1	4	1	38779.76	0	8 - 38779*	7	**
2576.830		0		38795.75				
2575.850		1		38810.51				
2575.564	1	4	11	38814.52	0	8 - 38814*	8	
2574.260		2		38834.48				

CLASSIFICATION

LONGUEUR D'ONDE (A)	TIT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ONDES (CN-1)	CLASSIFICATION	
					NIVEAU INF.	NIVEAU SUP.
2574.090		1		38837.05		
2573.820		2		38841.12		
2573.010		0		38853.35		
2572.195		2		38865.66		
2571.030		2		38883.27		
2569.940		1		38899.76		
2568.640		2		38916.42		
2567.050	1	3	1	38943.55		
2566.900		1		38945.83		
2565.420		2		38968.29		
2565.115		1		38972.93		
2565.050		0		38973.91		
2564.209	3	2	11	38986.69		
2564.132	1	4	11	38987.87		
2564.070		0		38988.81		
2562.600		0		39011.17		
2561.750		1		39023.51		
2561.680		3		39025.18		
2560.820		2		39038.29		
2560.720		0		39039.61		
2560.345		3		39045.53		
2559.630		3		39056.43		
2559.020		4		39065.74		
2557.165		2		39094.08		
2556.290		4		39107.46		
2555.650		1		39117.25		
2555.245		3		39123.45		
2554.470	1	5	11	39135.32	0	6 - 39135* 5
2554.310		2		39137.77		
2553.925	1	5	1	39143.67		
2553.420		2		39151.41		
2551.760		1		39176.88		
2551.610		0		39179.19		
2549.790		1		39207.15		
2549.480		0		39211.92		
2548.695		1		39223.99		
2548.560		1		39226.07		
2547.740		0		39238.69		
2547.690		3		39239.46		
2547.390		0		39244.08		
2547.220		1		39246.70		
2546.800		3		39253.18		
2544.365	1	4	1	39290.74		
2544.120		1		39294.52		
2542.130		3		39325.28	0	8 - 39325* 7 **

CLASSIFICATION

LONGUEUR D'ONDE (A)	INT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ONDES (CM=1)	CLASSIFICATION	
					NIVEAU INF.	J1 NIVEAU SUP. J2
2542.092	0	0	I	39325.87		
2540.060		2		39357.33		
2539.230		2		39370.19		
2538.840		2		39376.24		
2537.640		2		39394.86		
2537.540		1		39396.41		
2537.435		4		39398.04	0	8 - 39398* 8 **
2536.200		0		39417.22		
2535.710		2		39424.84		
2533.940		3		39452.38		
2533.200		3		39463.90		
2532.706	I	3	II	39471.60		
2532.580		2		39473.56		
2530.500		0		39506.01		
2530.020		0		39513.50		
2529.551	I	5	II	39520.83		
2528.980		0		39529.75		
2528.855		1		39531.70		
2528.470		1		39537.72		
2527.850		1		39547.42		
2527.675		2		39550.16		
2527.340		1		39555.40		
2526.350		2		39570.90		
2525.930		3		39577.48		
2525.830		0		39579.04		
2525.585		2		39582.88		
2524.940		2		39592.99		
2524.339	I	5		39602.42	0	8 - 39602* 9
2522.720		5		39627.83		
2521.280		0		39650.46		
2520.350		0		39665.09		
2518.220		0		39698.64		
2517.500		0		39709.99		
2517.210		3		39714.57		
2516.970		3		39718.36		
2513.510		3		39773.03		
2512.670		2		39786.32		
2512.585		2		39787.67		
2510.380		1		39822.61		
2508.875		0		39846.50		
2507.640		0		39866.12		
2505.300		2		39903.36		
2505.090		0		39906.70		
2503.790		3		39927.42		
2503.410		1		39933.48		

LONGUEUR D'ONDE (A)	INT EMISS	INT ABS	S	NOMBRE D'ONDES (CM-1)	CLASSIFICATION	
					NIVEAU J1 INF.	NIVEAU J2 SUP.
2498.330		4		40014.67		
2497.835		3		40022.60		
2497.340		4		40030.54		
2496.420		4		40045.29		
2495.940		2		40052.99		
2494.245		0		40080.20		
2492.560		2		40107.30		
2491.900		3		40117.92		
2491.530		4		40123.88		
2490.480		3		40140.79		
2490.390		0		40142.24		
2490.090		1		40147.08		
2489.600		3		40154.98		
2487.830		2		40183.55		
2487.030		2		40196.47		
2485.720		3		40217.65		
2483.950		3		40246.31		
2483.640		0		40251.33		
2483.050		4		40260.90		
2481.600		0		40281.17		
2479.270		3		40322.27		
2478.700		2		40331.55		
2478.140		1		40340.66		

Table VII

Niveaux pairs			Niveaux impairs		
J	Energie (cm ⁻¹)	G	J	Energie (cm ⁻¹)	G
8	32940.473	1.35	6	32607.883	1.227
7	34060.160	1.13	6	32790.658	1.175
7	34196.553	1.325	7	32920.198	1.235
7	34324.661	1.35	8	33165.767	1.25
7	35221.975	1.325	6	33380.983	1.223
7	35737.767	1.20	6	34359.560	1.26
8	36553.842	1.385	7	34695.420	1.31
8	36599.440	1.29	8	34755.070	1.175
6	36612.840	1.262	6	34938.330	1.220
7	36865.400	1.31	8	36288.480	1.25
7	36924.543	1.225	8	37146.540	1.233
5	37472.675	1.345	8	37354.998	1.12
7	37551.190	1.30	7	37587.584	1.23
8	37992.778	1.187	8	37843.380	1.265
8	38078.123	1.19	8	38358.883	1.095
8	38150.517	1.38	7	38421.286	1.33
5	38164.834	1.257	8	39398.100	1.228
8	38254.970	1.29	6	42375.030	1.28

Table VII (suite)

Niveaux pairs			Niveaux impairs		
J	Energie (cm ⁻¹)	G	J	Energie (cm ⁻¹)	G
7	38366.313	1.333			
7	38524.524	1.345			
6	38852.599	1.19			
7	38954.010	1.31			
5	38964.677	1.28			
7	39078.140	1.28			
7	39097.740	1.21			
7	39332.968	1.29			
7	39681.940	1.325			
8	39909.550	1.28			
8	40472.960	1.25			
8	40639.331	1.268			
8	41098.707	1.25			
9	41235.955	1.222			
7	41371.370	1.23			
7	41984.710	1.21			

Table VIII

Niveaux pairs			Niveaux impairs		
J	Energie (cm ⁻¹)		J	Energie (cm ⁻¹)	
6	36365.086	(2)	7	32564.968	(3)
7	36491.053	(6)	7	34213.650	(4)
5	38334.202	(3)	6	34793.490	(6)
7	38861.554	(9)	8	37041.020	(5)
5	38890.921	(5)	7	37366.926	(3)
6	40491.530	(8)	7	38362.649	(5)
8	41037.230	(9)	7	38251.550	(3)
7	41053.077	(9)	7	38779.770	(2)
8	41383.000	(3)	7	39325.277	(6)
8	41638.550	(7)	6	39188.230	(1)
8	42921.390	(5)	6	41577.180	(4)
7	43222.105	(11)	7	41642.790	(5)
8	43728.573	(2)			
8	44487.654	(5)			
6	45703.642	(3)			
7	46391.451	(3)			
8	47354.040	(4)			

Table IX

Configuration $4f^{10}6s^2$							Configuration $4f^95d6s^2$						
E \ I	5	4	3	2	1	0	E \ I	5	4	3	2	1	0
							13495	0	1	1	0	2	5
							12892	0	1	1	4	1	5
							12655	0	0	2	0	4	8
							12298	0	1	0	2	3	6
							12007	0	2	1	4	7	15
							11673	0	1	3	6	6	12
10925	0	0	0	0	0	0							
							10088	1	6	7	13	10	17
							9990	6	7	10	6	6	10
9211	0	0	1	0	3	3							
							8519	13	8	20	10	15	21
							7565	20	11	10	9	24	26
7050	1	0	6	9	7	9							
4134	13	8	17	15	14	14							
0	59	12	12	3	2	3							

BIBLIOGRAPHIE

- [1] CAMUS (P.) et TOMKINS (F.S.), J. Phys., à paraître, 1972.
- [2] KLINKENBERG (P.F.A.), Physica, 1954, 21, 53.
- [3] PINNINGTON (E.H.), Canad.J.Phys. 1963, 41, 1294.
- [4] BREWER (L.), J.O.S.A. 1971, 61, 1101.
- [5] GOLDSCHMIDT (Z.B.) et NIR (S.), non publié, 1970.
- [6] GÖBEL (L.H.), Z. Naturforsch. 1970, 25a, 611.
- [7] MEGGERS (W.F.), CORLISS (C.H.) et SCRIBNER (B.F.), Tables of Spectral Lines Intensities, National Bureau of Standards, Monograph 32, Part 1, 1961.
- [8] KING (A.S.), Astroph. Journ. 1931, 74, 328.
- [9] MEGGERS (W.F.) et SCRIBNER (B.F.), J.Res.Nat.Bur.Stand. 1937, 19, 31.
- [10] GOLDSCHMIDT (Z.B.), J.Phys. 1970, C4, 163.
- [11] BORDARIER (Y.), Contribution à l'emploi des méthodes graphiques en spectroscopie atomique. Thèse de doctorat. Orsay, 1970.
- [12] JUDD (B.R.), Operator techniques in Atomic Spectroscopy. McGraw Hill Book C^o, New York 1963.
- [13] BORDARIER (Y.) et CARLIER (A.), Programme de calcul des formules suivant l'algèbre de Racah (Brochure en préparation).
- [14] BORDARIER (Y.), Programme ASSAC de regroupement des résultats d'AGENAC (Brochure en préparation).

- [15] BORDARIER (Y.) et DAGOURY (P.), Programme DIAGAC de diagonalisation et de calcul des dérivées des énergies et des g.
Orsay, 1968.
- [16] BORDARIER (Y.), Programme GRAMMAC d'optimisation des paramètres par moindre carré. (Brochure en préparation)
- [17] CONDON (E.U.) et SHORTLEY (G.H.), The Theory of Atomic Spectra.
Cambridge University Press, New York 1959.
- [18] MOSSOTTI (V.G.) et FASSEL (V.A.), Spectrochim. Acta, 20, 117 (1964).
- [19] CONWAY (J.G.) et WORDEN (E.F.), Lawrence Radiation Laboratory,
Rapport n°UCRL-1944, University of California (1970).
- [20] WYART (J.F.), Communication personnelle (1972).
- [21] CLARKE (G.) et GARTON (W.R.S.), J. Sci. Instrum. 36, 403 (1959).
- [22] TOMKINS (F.S.) et ERCOLI (B.), Appl. Optics, 6, 1299 (1967).
- [23] Handbook of Chemistry and Physics, 48th edition (1967-68).
- [24] High temperature materials and technology. CAMPBELL (I.E.) et
SHERWOOD (E.M.), New York (1967).
- [25] MEGGERS (W.F.), CORLISS (C.H.) et SCRIBNER (B.F.), Tables of
Spectral Lines Intensities, National Bureau of Standards,
Monograph 32, Part 2, 1961.
- [26] TECH (J.), Programme de recherche des niveaux en spectroscopie
atomique, non publié (1968).
- [27] WYART (J.F.), C.R.Acad.Sc: Paris, t.273, p.763, série B (1971).
- [28] TREANOR (C.E.), RICH (J.W.) et REHM (R.G.), J. Chem. Phys. 48,
1798, (1968).

