

N° d'ordre :

THÈSE

présentée à la
Faculté des Sciences d'Orsay
Université de Paris

pour obtenir

Le Titre de Docteur 3 ème Cycle

Spécialité : SPECTRONOMIE

par

Jean - François WYART

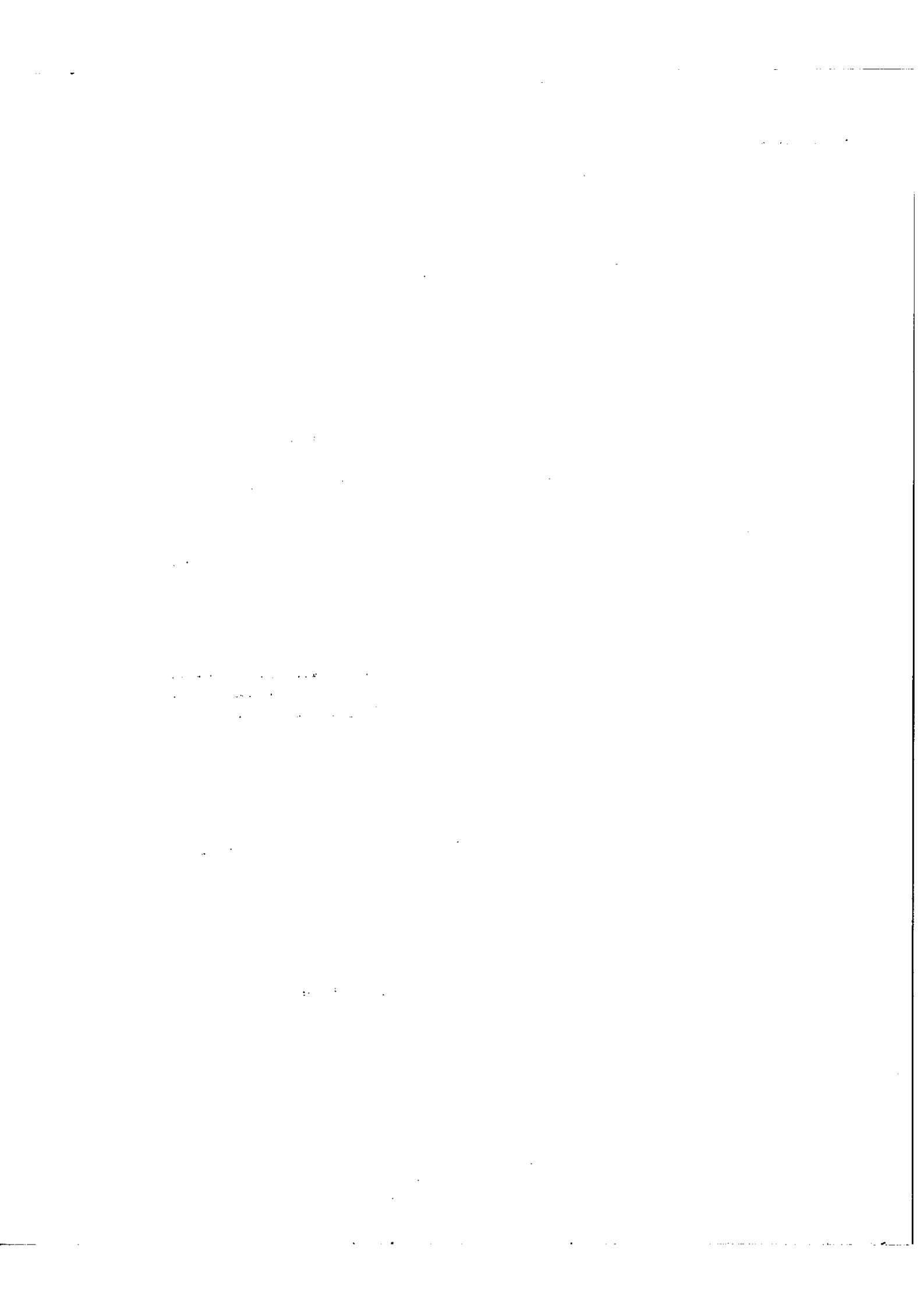
Sujet de la Thèse : Contribution à la classification des spectres
d'arc et d'étincelle du Néodyme par étude des structures
Zeeman et interprétation de configurations électroniques.

Soutenue le

1968 devant la Commission d'Examen

M. Président
MM.
 } Examineurs
 }

ORSAY 1968



I N T R O D U C T I O N

Les premières mesures précises de longueurs d'onde du Néodyme furent effectuées par King (1) qui détermina en 1933 la longueur d'onde et la classe de température de 2863 raies dans le domaine spectral $2963 \text{ \AA} - 7005 \text{ \AA}$; Paul (2), en 1936, mesura dans un domaine spectral plus étendu 450 raies d'absorption, et Van de Vliet (3) en 1939, donna l'effet Zeeman de 263 raies.

Une classification préliminaire de NdII a été publiée en 1942 par Albertson, Harrison et Mc Nally Jr. (4), qui ont identifié complètement les multiplets fondamentaux $f^4 s$, $6^1 I$ et $4^1 I$, 21 niveaux de $f^4 d$ et 59 niveaux impairs qu'ils ont attribués à $f^4 p$, classant au total 367 raies. Depuis cette époque, aucun progrès n'avait été fait.

Dans NdI, Schuurmans avait identifié en 1946 (5) le quintuplet fondamental $4f^4 6s^2 5^1 I$ et un certain nombre de niveaux impairs. P. F. A Klinkenberg (6), poursuivit l'étude de l'effet Zeeman et du déplacement isotopique (6). Grâce à l'effet Zeeman, il porta à 109 le nombre des niveaux impairs qu'il attribua à $4f^4 6s6p$ et $4f^4 5d6p$, mais ne classa pas les raies dont il avait mesuré le déplacement isotopique.

Une autre thèse publiée en 1962 par Hassan (7) faisait état de 7 niveaux de $4f^4 5d6s$ et ajoutait 20 niveaux impairs à la liste de P. F. A Klinkenberg, tous ces résultats étant obtenus en appliquant le principe de combinaison de Ritz.

Simultanément, différentes études sur le déplacement isotopique du Néodyme ont été menées, depuis que P. F. A Klinkenberg a publié (8) les déplacements de 56 raies de NdI. En 1955, Nöldeke (9) étudiait dans NdII le déplacement isotopique de quelques transitions $f^4 s - f^4 p$ et $f^4 d - f^4 p$.

En 1957, Blaise (10) et Chantrel mesuraient les déplacements de 57 raies de Nd I. Dontsov, Morosov et Striganov (11), en 1960, étudiaient 16 raies de Nd I.

Plus récemment, au laboratoire Aimé Cotton, Rao et Glück (12) mesuraient de nouveaux déplacements et J. M. Helbert et al. (13) s'intéressaient au déplacement isotopique relatif et à l'effet spécifique de masse dans le Néodyme. Ces dernières études faisaient apparaître un désaccord entre les données de l'effet isotopique et la classification proposée par Hassan. Il a alors été conjointement décidé entre le laboratoire Aimé Cotton et le Zeeman Laboratorium de réviser la classification de ce spectre, la mesure des longueurs d'onde dans le domaine photographique du spectre étant effectuée à Amsterdam et l'étude des structures Zeeman et l'enregistrement des raies infrarouges au laboratoire Aimé Cotton. Dans ce but, de nouveaux spectrogrammes Zeeman réalisés par M. Fred à Argonne National Laboratory et couvrant le domaine 3500 - 11200 Å, ont été étudiés au laboratoire Aimé Cotton à partir de mai 1966. Les classifications de Schuurmans, de Klinkenberg et de Hassan ont été vérifiées et plusieurs niveaux se sont révélés erronés, parmi lesquels tous les niveaux de $f^4 ds$ proposés par Hassan.

J. Blaise a ensuite identifié les 5 premiers niveaux de $4f^4 5d6s$, le plus profond étant 7L_5 ($g = 0,505$) à 8475,360 K. L'effet Zeeman a confirmé que toutes les raies présentant un grand déplacement isotopique ($-110 \text{ mK} < \Delta(142-144) < -70 \text{ mK}$) étaient des transitions $f^3 ds^2 - f^3 dsp$ ou $f^3 ds^2 - f^3 d^2 p$ et un système Nd I B basé sur $f^3 ds^2 \ ^5L_6$ a été édifié.

Simultanément, une partie des spectres provenant d'Argonne était mesurée avec un comparateur automatique au Zeeman Laboratorium par R. Hoekstra qui nous a communiqué une première liste de longueurs d'onde dans le domaine 4661 Å - 8712 Å. Cette liste nous a permis d'ajuster les énergies des niveaux trouvés.

Dans le but d'étendre la description du spectre d'émission du Néodyme vers l'Infra-Rouge, G. Gluck, puis J. L. Vergès ont mesuré 2083 raies dans le domaine spectral 4062 K - 12250 K avec un S I S A M ainsi que 30 effets Zeeman. A l'aide d'un spectromètre à grille, C. Morillon a enregistré le spectre Infra-Rouge entre 2722 K et 3285 K, mesurant 127 raies nouvelles.

L'objet de mon travail a été la mesure des effets Zeeman sur les spectrogrammes d'Argonne et la recherche des niveaux d'énergie. J'ai aussi calculé quelques configurations selon les méthodes de Racah.

Deux éléments dont les spectres sont en cours d'étude au laboratoire Aimé Cotton, ont formé des renseignements utiles à la classification du Néodyme :

- L'Uranium classé par J. Blaise, M. Diringer (14), G. Guelachvili (15), Z. Ben Osman (16) possède six électrons optiques et certaines configurations sont communes au Néodyme et à l'Uranium.

- Le Samarium ($Z = 62$) classé par J. Blaise, M. G. Schweighofer, A. Carlier (17) proche du Néodyme ($Z = 60$) dans la série des terres rares, a fourni les paramètres initiaux dans le calcul des configurations.

A - EFFET ZEEMAN DU NEODYME

I - Généralités

Dans un champ magnétique constant, un atome admet l'hamiltonien

$$H = \frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V + \xi(r) \vec{L} \cdot \vec{S} + \frac{e}{2m\gamma_0} \vec{B} \cdot (\vec{L} + 2\vec{S})$$

Dans le cas de l'effet Zeeman, le dernier terme est faible devant les précédents et l'on démontre que chaque niveau fin E est décomposé en $2J + 1$ niveaux E_M

tels que $E_M - E_0 = M_J g \mu_B B$ où $g = \frac{(\alpha J \| L + 2S \| \alpha J)}{(J \| J \| J)}$ Facteur de Landé.

Il apparaît donc que g et J caractérisent un niveau et que g dépend des fonctions d'onde de l'atome.

Transitions Zeeman

L'introduction de la perturbation Zeeman ne modifie pas les règles de sélection valables en champ magnétique nul $\Delta J = 0, \pm 1$

Transition $J=0 \rightarrow J=0$ interdite

L'intensité d'une transition Zeeman est :

$$I = (\alpha J M_J | \vec{e}_r | \alpha' J' M_J')^2 \quad \vec{e}_r \text{ étant un tenseur de rang 1, de composantes } T_1^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{2}} (x + iy)$$

$$T_0^{(1)} = z$$

$$T_{-1}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{2}} (x - iy), \quad I \text{ est calculé à l'aide du théorème de Wigner-}$$

$$\text{Eckart : } (\alpha J M_J | T_q^{(k)} | \alpha' J' M_J') = (-1)^{J-M_J} \begin{pmatrix} J & k & J' \\ -M_J & q & M_J' \end{pmatrix} (\alpha J \| T^{(k)} \| \alpha' J')$$

Dans notre cas $k = 1$, $q = 1, 0, -1$ et la condition de non-nullité sur le symbole $3j$: $-M_J + q + M_{J'} = 0$ entraîne les règles de sélection suivantes :

si $q = 0$, $\Delta M_J = 0$ et la vibration est polarisée rectilignement parallèlement au

champ (comp. Π)

si $|q| = 1$, $\Delta M_J = \pm 1$ et la vibration est circulaire dans le plan perpendiculaire au

champ. (composantes σ)

Intensités des transitions

Pour une transition donnée entre 2 niveaux fins, $(\propto J \parallel T^{(k)} \parallel \alpha' J')$ est constant et, en explicitant les symboles $3j$, on peut obtenir les intensités des transitions Zeeman :

	$\Delta M = 0$	$\Delta M = \pm 1$
$\Delta J = 0$	$4 A M^2$	$2 A (J \pm M) (J \mp M + 1)$
$\Delta J = +1$	$4 B (J+M+1) (J-M+1)$	$2 B (J \mp M + 1) (J \mp M + 2)$
$\Delta J = -1$	$4 B' (J+M) (J-M)$	$2 B' (J \pm M) (J \pm M - 1)$

où A , B , B' sont des constantes pour chaque raie fine.

Nombre de composantes d'une figure Zeeman

On peut établir d'après les règles de sélection :

$\Delta J = 0$ J entier : $2J$ composantes Π $4J$ composantes σ

$\Delta J = 0$ J demi-impair : $2J+1$ composantes Π $4J$ composantes σ

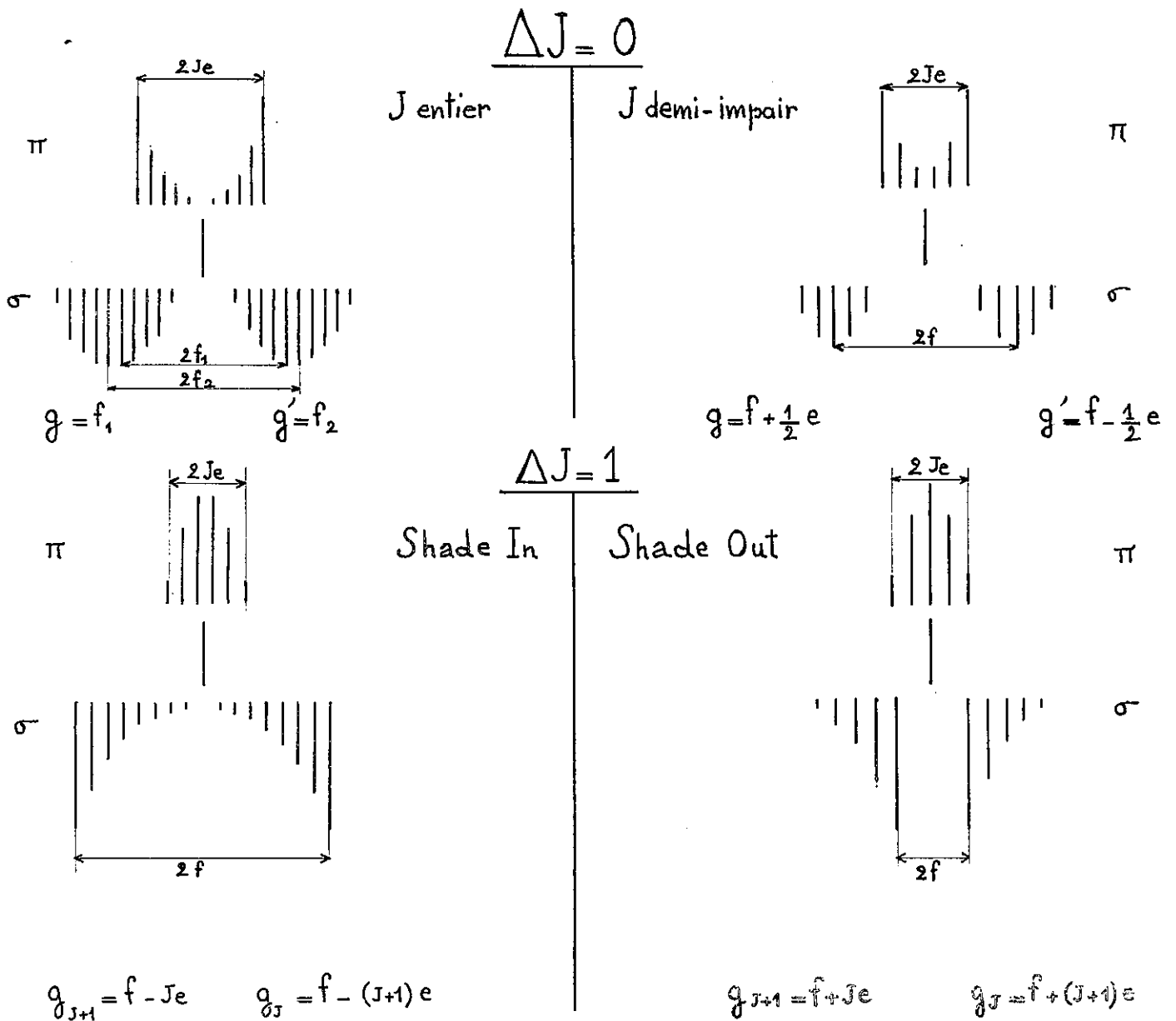
$\Delta J = 1$ pour tout J : $2J+1$ composantes Π $4J+2$ composantes σ

Les quatre types de figures Zeeman

Il apparaît d'après ce qui précède que les figures Zeeman sont de quatre types :

selon que $\Delta J = 0$ ou 1 et que J est entier ou demi-impair. ELYASHEVICH (18) a donné des formules permettant de calculer le facteur de Landé dans chacun de ces cas, et où n'interviennent que la distance de 2 composantes d'intensité maximale, l'écart $e = \Delta g$ de deux composantes Zeeman et le nombre quantique J.

$$(J = \min.(J_1, J_2))$$



Les formules du type S.O. restent valables en considérant que f est négatif si les deux groupes σ sont enchevêtrés (Shade Out with Overlapping)

Méthode Expérimentale

Une figure Zeeman bien résolue permet de déterminer les J des niveaux et les facteurs de Landé à leur signe près. Dans le cas du Néodyme, les seuls niveaux ayant un g négatif ont pour nom en couplage LS : ${}^6F_{1/2}$ et 7G_1 . Les transitions entre niveaux à g positifs forment donc de loin le cas le plus fréquent. Et dans les quelques raies où la structure Zeeman introduit des g opposés, la valeur d'un des facteurs de Landé est caractéristique et permet généralement de classer la raie.

λ (Å)	4700	5200	5700	6200	6700	7200	7700	8200	8700
Ordre	II	II	II	II	I	I	I	I	I
Dispersion Å/mm	0,430	0,407	0,375	0,330	0,911	0,909	0,904	0,896	0,883
Dispersion U.L./mm	1,738	1,343	1,029	0,766	1,811	1,565	1,360	1,188	1,041

Tableau II

Sur les spectrogrammes, deux raies sont séparées si leur distance est supérieure à 0,10 mm ; il existe donc un Δg (variant de 0,18 à 0,07 U. L.) en dessous duquel les figures Zeeman ne sont pas résolues. Dans ce cas, il est impossible de déterminer J . Mais les formules inscrites dans le tableau I permettent de connaître \bar{g} moyen et J_e si $\Delta J = 0$ ou g_{J+1} si $\Delta J = 1$ (à condition que la transition soit assez intense pour que toutes les composantes π soient visibles et J_e correctement évalué).

Lorsque les raies non résolues sont faibles, il est difficile d'évaluer l'étendue J_e des composantes π si $\Delta J = 1$ et la distance des groupes de composantes σ si $\Delta J = 0$. L'erreur sur les mesures peut alors être de 0,05 U. L. dans les cas les moins favorables.

Un autre cas assez fréquent est celui où, la raie étant faible, bien que l'on puisse mesurer f et e , on ne peut compter les composantes Π donc déterminer J ; pour un couple $(J, J+1)$ donné, on peut calculer les g et il arrive souvent que l'on retrouve des valeurs connues, ce qui permet de classer la raie.

Dans le spectre que nous avons étudié, une des principales causes d'indétermination était la grande densité de raies entraînant très fréquemment la superposition des figures Zeeman.

II - Résultats expérimentaux

Mesure des longueurs d'onde :

Elle a été effectuée au Zeeman Laboratorium d'Amsterdam par R. Hoekstra à l'aide d'un comparateur qu'il a construit (19). La région spectrale étudiée s'étend de 4661 \AA à 8712 \AA . Les intensités des raies vont de 1000 à 1,3. L'écart entre le nombre d'onde mesuré et le nombre d'onde calculé à partir de la classification est en moyenne de 10 mK, mais les mesures sont moins précises lorsque les raies sont intenses et larges, ou lorsque des raies sont très voisines et ne sont plus complètement résolues.

Mesure des effets Zeeman.

J'ai mesuré des effets Zeeman entre 3500 et 11200 \AA ; je disposais d'autre part des effets Zeeman de 30 raies mesurés par J. L. Vergès avec le grand SISAM. Mes mesures ont été systématiques dans le domaine $4661 - 8712 \text{ \AA}$ où je disposais des longueurs d'onde de R. HOEKSTRA, ainsi que dans le proche Infra-Rouge jusqu'à $1,12 \mu$.

C'est pour cette raison que le tableau XII a été limité à la région des longueurs d'onde supérieures à 4661 \AA . De plus, il ne contient que les raies dont la structure Zeeman a été complètement interprétée et celles dont au moins un des g a pu être déterminé. Mais j'ai sur beaucoup d'autres raies des informations partielles qui

seront utilisables pour vérifier leur classification ultérieurement.

Les résultats des mesures de R. HOEKSTRA étaient disponibles sur une bande magnétique qui contenait, outre les mesures de longueurs d'onde, la classification éventuelle des raies à partir des niveaux déterminés depuis le début de ce travail (7 premières colonnes du tableau). Cette bande a été transcrite sur des cartes perforées où j'ai ajouté les données de l'effet Zeeman (colonnes 8 à 12).

Tableau XII

Ce tableau a 12 colonnes contenant :

- 1) L'intensité I de la raie
- 2) La longueur d'onde λ en milliångström
- 3) Le nombre d'onde σ en millikaysers si $\sigma > 11474 K$
- 4) Le spectre auquel appartient la transition lorsqu'elle a été classée
- 5) Le niveau supérieur et le J de ce niveau
- 6) Le niveau inférieur et son J
- 7) L'écart $\Delta\sigma$ entre les nombres d'onde mesurés et calculés si $\lambda < 8712 \text{Å}$
- 8) g mesuré si la raie est classée ou résolue ;
sinon f = demi-distance des composantes σ d'intensité maximale.
- 9) J correspondant au g précédent (ou E = si J seul est indéterminé)
- 10) g' mesuré si la raie est classée ou résolue ;
sinon Je = demi-étendue des composantes π
(ou e = Δg s'il y a E = en colonne 9)
- 11) J' correspondant à g'
- 12) Si la raie n'est pas résolue et non classée :
T signifie triplet (Je trop petit pour être mesuré)
S signifie $\Delta J = 0$
SO signifie Shade Out
SI signifie Shade In
PB signifie que l'effet Zeeman est entaché d'effet Paschen-Back
E signifie enfin que la raie a été attribuée au spectre II par King.

B - Déplacement isotopique

Si l'effet Zeeman constitue une excellente méthode dans la recherche des niveaux d'énergie, il ne permet pas, en général, de connaître les configurations auxquelles appartiennent ces niveaux. (Une exception à celà est donnée page 18 par la mise en évidence de la configuration $f^4 d^2$ au seul moyen de l'effet Zeeman). Une étude du déplacement isotopique est nécessaire pour reconnaître les configurations en présence.

Les travaux auxquels nous nous sommes référés au cours de cette étude sont principalement dus à :

- P. F. A. Klinkenberg qui étudia le déplacement isotopique de 56 raies de NdI entre 4439 et 6619 Å, le signe du déplacement n'étant connu que pour 44 d'entre elles.
- J. Blaise a mesuré (10) les déplacements isotopiques de raies qu'il a divisées en 4 groupes :
 - A) 16 raies à grand déplacement négatif $-113 \text{ mK} < \Delta(142-144) < 69 \text{ mK}$
 - B) 17 raies à déplacement négatif $-32 < \Delta(142-144) < -\epsilon$
 - C) 10 raies à déplacement positif $+\epsilon < \Delta(142-144) < 27 \text{ mK}$
 - D) 14 raies à déplacement pratiquement nul
- Dontsov, Morosov, Striganov ont étudié le déplacement de 16 raies de 4688 Å à 6485 Å .
- P. R. Rao et G. Glück ont publié en 1963 de nouvelles mesures sur 59 raies entre 5204 et 5921 Å .
- Les résultats de S. Gerstenkorn, J. M. Helbert, R. Chabbal sur 6 raies ont aussi été considérés.

D'après les mesures de Nöldeke (9) sur le déplacement isotopique des transitions $f^4 s - f^4 p$ de NdII, et la théorie des effets d'écran, J. Blaise puis Hassan et Klinkenberg ont évalué les déplacements dans différentes configurations de NdI. Nous donnons ici leurs valeurs :

$$\begin{aligned}
 4f^4 6s^2 \quad \Delta &\sim 110 \text{ mK} \\
 4f^3 5d6s^2 \quad \Delta &\sim 140 \text{ mK} \\
 4f^4 6s6p \quad \Delta &\sim 65 \text{ mK} \\
 4f^4 5d6s \quad \Delta &\sim 55 \text{ mK}
 \end{aligned}$$

$$4f^4 5d6p \quad \Delta \sim 0$$

Actuellement, la majorité des raies à déplacement isotopique connu est classée et l'on constate que les valeurs expérimentales n'atteignent jamais les valeurs calculées à partir des déplacements isotopiques attribués aux configurations, en raison des interactions.

$$\begin{array}{ll} \text{Transitions } f^4 s^2 - f^3 ds^2 & 0 < \Delta < 21.7 \text{ (isotopes 142 et 144) en mK} \\ f^4 s^2 - f^4 sp & - 32.4 < \Delta < 0 \\ f^4 ds - f^4 dp & - 47 < \Delta < - 32 \\ f^3 ds^2 - f^3 d^2 p & -110 < \Delta < - 70 \end{array}$$

La différence entre les déplacements isotopiques de $f^3 ds^2$ et $f^3 d^2 s$ a pu être déterminée à partir de deux couples de raies faisant chacun intervenir le même niveau élevé comme le montre le tableau suivant :

Profond élevé	$f^3 ds^2 \ 5 \ L_6^\circ$	$f^3 ds^2 \ 5 \ L_7^\circ$	$f^3 d^2 s \ 7 \ M_6^\circ$	$f^3 d^2 s \ 7 \ M_7^\circ$	$\Delta T(f^3 ds^2 - f^3 d^2 s)$
26333.035		- 96,1		- 38,8	+ 57,3
26835,29	- 82,5		- 24		+ 58,5

On peut donc admettre la relation :

$$\Delta T (f^3 ds^2) - \Delta T (f^3 d^2 s) \geq 58,5 \text{ mK}$$

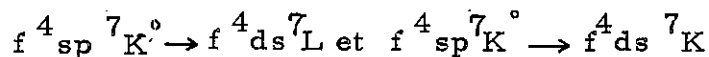
C - CLASSIFICATION DE Nd I ET Nd II

C - 1 - Classification de Nd I A

Niveaux pairs profonds.

Le multiplet fondamental 5_1 de $f^4 s^2$ était seul connu au début de cette étude. Mais rapidement, la mesure des effets Zeeman de nombreuses raies intenses, ont fait apparaître des facteurs de Landé g_j tels que $g_5 = 0,505$, $g_4 = 0,41$, $g_3 = 0,27$, $g_6 = 0,78$ ce qui a conduit J. Blaise à trouver les premiers niveaux de $f^4 ds$ et un certain nombre de niveaux élevés de $f^4 dp$.

Lorsque j'ai poursuivi ce travail à partir d'octobre 1966, les niveaux 7L_7 , 7L_8 , 7L_9 , 7K_5 , 7K_6 , 7K_7 , 7K_8 , 7I_4 , 7I_5 ont été découverts, assez régulièrement alignés selon la loi de Landé et avec des facteurs g_j très proches des valeurs du couplage LS. La détermination des derniers niveaux $^7L_{10,11}$ et $^7K_{9,10}$ a eu lieu plus tard en recherchant les transitions



dans l'infrarouge où J. L. Vergès avait pu mesurer certains de leurs effets Zeeman, ainsi que les transitions avec les multiplets $^7M^\circ$, $^7L^\circ$ de $f^4 dp$.

Le spectre de Nd contenait de nombreuses raies pour lesquelles $J = 6$, $g = 0,725$, qui n'étaient pas classées par $f^3 ds^2 \ ^5L_6^\circ$, et qui ont permis de trouver le premier niveau de $f^4 ds \ ^5L$.

Tout le multiplet a été ensuite déterminé. Sont aussi connus :

- 3 niveaux de $f^4 ds \ ^5K$
- 1 niveau $J = 3$ 12736.915 $g=0.695$ non encore identifié

Les 27 niveaux de $f^4 ds$ trouvés classent 770 raies entre 4660 Å et 8800 Å.

Sans que de nouveaux niveaux de $f^4 s^2$ aient été déterminés, plusieurs raies à facteurs de Landé caractéristiques ont été observées :

$$(g_1 = 0, g_2 = 0,99, g_3 = 1,25, g_4 = 1,33)$$

vers 8000 Å et entre 4700 et 4900 Å. Leurs niveaux profonds doivent être attribués à $f^4 s^2 \ ^5F$ qu'un calcul prévoit à 11000 K du fondamental 5I .

Les niveaux élevés correspondants sont donc situés vers 22000 K (ce sont des niveaux $J = 1$ ou 2 qui ne peuvent donc se combiner avec $f^4 s^2 {}^5I$) ou au-dessus de 30000 K, mais peu de niveaux à J petit sont déjà connus dans cette région.

Bien que la hauteur de 5F au-dessus de 5I soit inconnue, l'écart 350,50 K entre les deux niveaux 5F_1 ($g_1 = 0$) et 5F_2 ($g_2 = 0,99$) a pu être déterminé grâce à 4 couples de raies.

Si X est l'énergie de 5F_1 , les niveaux impairs correspondants sont :

$$X + 12015,50 \text{ J} = 1 \text{ g} = 1,395$$

$$X + 12418,02 \text{ J} = 2 \text{ g} = 1,39$$

$$X + 20675,395 \text{ J} = 2 \text{ g} = 0,795$$

$$X + 21131,36 \text{ J} = 2 \text{ g} = 0,875$$

Niveaux impairs élevés

Notre connaissance de ces niveaux a beaucoup progressé : les configurations $f^4 sp$, $f^4 dp$ ont été reconnues. Dans les spectres I des terres rares, l'écart $f^n s^2 - f^n sp$ varie peu et régulièrement, et la configuration $4 f^4 6 s 6 p$ était attendue vers 14000 K. Le terme de plus haute multiplicité ${}^7K^\circ$ a été entièrement déterminé, le niveau fondamental ${}^7K_4^\circ$ étant situé à 13672 cm^{-1} .

Parmi les niveaux impairs assez nombreux dans ce domaine d'énergie, nous avons mis en évidence ${}^7I_{3,4,7}^\circ$ et ${}^7H_{2,3,4}^\circ$; d'autres niveaux situés entre 15000 K et 17000 K donnent des transitions fortes avec $f^4 s^2$ et $f^4 ds$ et appartiennent probablement à $f^4 sp$, mais seul le calcul théorique permettrait de les identifier, leurs facteurs de Landé n'ayant pas de valeurs caractéristiques.

A 20300 K débute un multiplet ${}^5K^\circ$ dont les transitions avec $f^4 s^2 {}^5I$ comptent parmi les raies ultimes du spectre. Leurs déplacements isotopiques, tous compris entre -18 et -32 mK (isotopes 142 et 144) confirment que ce sont des transitions $f^4 s^2 - f^4 sp$.

Configuration $f^4 dp$

Les transitions de $f^4 ds {}^7L$ avec des niveaux d'énergie profonds sont faibles (sauf les transitions avec $f^4 sp {}^7K^\circ$). Au-dessus de 23553,86 K, de nombreux niveaux ont été trouvés groupés en multiplets dont les transitions sont fortes avec $f^4 ds$. Malgré son g_j perturbé, $g_6 = 0,73$ (au lieu de $g({}^7M_6) = 0,575$), il est hors de doute que le niveau 23553,86 J = 6 est ${}^7M_6^\circ$, fondamental de $f^4 dp$. J'ai mis en évidence quatre multiplets entiers : ${}^7M^\circ$, deux ${}^7L^\circ$, ${}^5M^\circ$. Mais d'autres niveaux situés entre 25000 et 32000 cm^{-1} donnent des transitions intenses avec $f^4 ds$ et appartiennent à $f^4 dp$.

Les déplacements isotopiques mesurés (8,11) pour certaines de ces transitions sont compris entre - 32 et 47 mK

Dans le tableau III ont été rassemblées différentes informations sur les transitions $f^4 dp \ ^7M_{j+1}^{\circ} \rightarrow f^4 ds \ ^7L_j$ qui comptent parmi les plus intenses du spectre.

J	$^7M_{j+1}^{\circ} - ^7L_j(\text{\AA})$	classe de temps (King)	intensité	$\Delta(142-144)$ mK
5	6630.131	II	311.5	
6	6485.679	I	1000	-39.8 (± 2.0) (11)
7	6385.053	I	1000	
8	6310.479	I	343.5	-36.9 (± 5.8) (11)
9	6244.073	II	411.5	
10	6223.390	III	589	-41 (8)
11	6178.578	III	646	-47 (8), -47.6 (11)

Tableau III

Dans le spectre I du Samarium, la situation est analogue : les transitions $f^6 ds \ ^9H_{j+1} \rightarrow f^6 dp \ ^9I_j^{\circ}$ sont très fortes et certaines d'entre elles sont également de classe I.

Signalons enfin que le niveau 30484 $^7M_{12}^{\circ}$ et les quatre niveaux $J = 11$ de $f^4 ds$ et $f^4 dp$ ont les nombres quantiques J les plus élevés actuellement connus.

C - 2 Classification de Nd I B

Niveaux impairs profonds

Avant que le spectre Nd I A et Nd I B aient été reliés, les plus bas niveaux des configurations $f^3 ds^2 (^5L_{6,7}^{\circ}, ^5K_5^{\circ}, ^5I_4^{\circ})$ et $f^3 d^2 s (^7M_{6,7}^{\circ}, ^7L_5^{\circ}, ^7K_4^{\circ})$ avaient été déterminés par J. Blaise qui avait également trouvé près de 50 niveaux pairs élevés.

- Liaison des systèmes A et B : Dans le système A deux niveaux : $5I_4^{\circ}$ 9083,75 $g_4 = 0,615$ et $7K_4^{\circ}$ 11360,725 $g = 0,415$ avaient été trouvés grâce à leur transition avec $f^4 s^2 5I_4^{\circ}$. Dans le système B, le niveau $f^3 d^2 7K_4^{\circ}$ était déjà connu à 4596,58 K du fondamental impair $f^3 ds^2 5L_6^{\circ}$, lorsque le niveau $f^3 ds^2 5I_4^{\circ}$ a été déterminé à 2319,605 K. Ayant remarqué que l'écart $11360,725 - 9083,75$ était identique à $4596,58 - 2319,605$, et que les facteurs de Landé de ces 4 niveaux étaient égaux deux à deux, nous avons identifié 2319,605 du système B à 9083,75 et 4596,58 du système B à 11360,725.

La liaison des deux systèmes a été immédiatement vérifiée par d'intenses transitions Infra-Rouge.

Les effets Zeeman des transitions $f^4 s^2 5I_4^{\circ} - f^3 ds^2 5K_5^{\circ}$ et

$f^4 s^2 5I_5^{\circ} - f^3 ds^2 5K_6^{\circ}$ ont été mesurés par

J. L. Vergès à l'aide d'un S I S A M et confirment cette connexion.

Les nombres d'onde mesurés et les intensités des transitions $f^4 s^2 5I - f^3 ds^2 5K^{\circ}$ ont été rassemblés dans le tableau IV:

$f^4 s^2$ / $f^3 ds^2$	$5K_5^{\circ}$ 6853,93	$5K_6^{\circ}$ 8411,825	$5K_7^{\circ}$ 10017,70	$5K_8^{\circ}$ 11709,60	$5K_9^{\circ}$ inconnu
$5I_4$	6853,93	6			
$5I_5$ 1128,055 (K)	5725,928	3	7283,63	7	
$5I_6$ 2366,595	---	6045,29	5	7651,108	6
$5I_7$ 3681,69		---	6336,01	3	8022,944
$5I_8$ 5048,605			---	6655,976	3

Tableau IV

Signalons enfin l'existence de la transition $6764,145 \text{ } ^5L_6^{\circ} \rightarrow 1128,055 \text{ } ^5I_5$ (d'intensité faible $I = 1$) interdite en couplage LS pur, mais due au 0,4 % de composante $^5K_6^{\circ}$ que contient le niveau $6764,145 \text{ K}$, d'après le calcul de la configuration $f^3 d^2$.

Le tableau V contient quelques niveaux impairs dont les structures Zeeman ont été mesurées à la fois avec $f^4 s^2 \text{ } ^5I$ et avec des niveaux pairs élevés, ce qui confirme aussi la liaison des deux systèmes.

Niveau impair	J	$f^4 s^2$	Niveaux pairs élevés (J)
9083,75	4	5I_4	20486 (5), 21257 (4), 21924 (5),...
9927,37	3	5I_4	24559 (2), 27852 (4)
10004,525	5	$^5I_{4,5}$	21388 (6), 21924 (5)
11360,725	4	5I_4	21257 (4), 23248 (3) 23275 (4), 23281 (5)
12009,21	5	$^5I_{4,5}$	21388 (6), 21924 (5) 23808 (4), 23964 (5)

Tableau V

Après la connexion des deux systèmes, notre connaissance des deux configurations $f^3 d^2$ et $f^3 d^2$ a fait de rapides progrès : nous avons identifié 35 niveaux de $f^3 d^2$ après un calcul théorique et d'autre part les niveaux $^7M_{6,7,8,9}^{\circ}$; $^7L_{5,6,7}^{\circ}$; $^7K_{4,5,6,7,8}^{\circ}$; $^7I_{3,4}^{\circ}$; $^7H_{2,3,4,5,6,7}^{\circ}$ de $f^3 d^2$. Certains de ces niveaux sont perturbés car des transitions comme $f^4 6s7s \text{ } ^7I_3 - f^3 d^2 \text{ } ^7H_2^{\circ}$; $f^4 s^2 \text{ } ^5I_3 - f^3 d^2 \text{ } ^7K_4^{\circ}$; $f^4 s^2 \text{ } ^5I_4 - f^3 d^2 \text{ } ^7K_5^{\circ}$ etc... ayant des probabilités très faibles en raison

de doubles sauts d'électrons ont été confirmées par la mesure de leurs facteurs de Landé.

Niveaux pairs élevés:

Nous connaissons actuellement 130 niveaux pairs élevés appartenant à 4 configurations. A part quelques niveaux dont les facteurs de Landé sont proches de leurs valeurs g_{LS} , l'interprétation est plus difficile ; il semble que la loi de Landé ne soit pas bien suivie et nous n'avons pu déterminer entièrement aucun multiplet. Les débuts de multiplets que nous avons trouvés dans $f^3 dsp$ et $f^3 d^2 p$ présentent en général une pente plus forte que dans les configurations $f^3 d^2 s$, $f^4 ds$, $f^4 dp$ et $f^4 sp$.

Configuration $f^3 dsp$:

Les premiers niveaux de cette configuration ${}^7M_{6,7}$ et ${}^7L_{5,6,7}$ avaient été trouvés par J. Blaise. D'autres ont été identifiés : ${}^7M_{8,9}$, 7L_8 , ${}^7L_{5,6,7}$, ${}^7K_{4,5,6}$; le fondamental est 7M_6 20271,605 $g = 0,595$.

Les autres niveaux sont consignés dans la Table XI. Les déplacements isotopiques n'ont pas été mesurés pour les premiers niveaux de $f^3 dsp$, les transitions fortes avec $f^3 ds^2$ et $f^3 d^2 s$ étant situées entre 7000 Å et 9000 Å. Ils ne sont connus que pour des niveaux susceptibles d'être perturbés par $f^3 d^2 p$.

Configuration $f^3 d^2 p$:

Il semble que le premier niveau de cette configuration soit :

$$24856,26 \quad g_7 = 0,85 \quad (g_{LS} ({}^7N_7) = 0,625)$$

mais il est entouré de nombreux niveaux que l'on peut attribuer à $f^3 dsp$ et probablement perturbé. Grâce à leurs grands déplacements isotopiques négatifs, on peut reconnaître plusieurs transitions $f^3 d^2 p \rightarrow f^3 ds^2$; nous avons ainsi trouvé des niveaux ${}^7N_{8,9}$ et 7M_8 possibles, mais leurs facteurs de Landé sont perturbés et une identification valable ne pourrait avoir lieu qu'après un calcul théorique.

Configuration $f^4 d^2$:

Plusieurs niveaux situés entre $f^3 dsp \ ^7M_6$ et $f^3 d^2 p \ ^7N_7$ ne pouvaient pas être expliqués comme appartenant à $f^3 dsp$; par exemple :

les trois niveaux	20486,74	$g_5 = 0,545$	
	21361,34	$g_5 = 0,57$	
	23821,025	$g_5 = 0,54$	sont certainement des niveaux

7L_5 ; or, dans la configuration $f^3 dsp$, on n'en prévoit que deux :

$$\left\{ \left[f^3 \left(^4I \right) d \right] ^5L \left(sp \right) ^3P \right\} ^7L \quad \text{et} \quad \left\{ \left[f^3 \left(^4I \right) d \right] ^5K \left(sp \right) ^3P \right\} ^7L$$

De plus le niveau 22705,49 $g_7 = 0,81$ restait inexpliqué. J'ai récemment trouvé un niveau $J = 6$: 21889,595 $g = 0,58$ dont le nom LS ne peut être que 7M_6 . La configuration $f^3 dsp$ ne contient qu'un 7M déjà identifié. De plus, les transitions entre $f^3 d^2 s \ ^7M^\circ$ et les multiplets $f^3 dsp \ ^7M$ et $f^3 d^2 p \ ^7M$ sont intenses alors que les niveaux 21889,595 et 22705,490 ne donnent lieu qu'à des transitions faibles. Dans ces conditions ces deux niveaux 7M_6 et 7M_7 ne peuvent appartenir qu'à la configuration $f^4 d^2$ dont ils sont les niveaux les plus profonds et le niveau 23291 K $J = 5$ est sans doute le premier niveau de $f^4 d^2 \ ^7L$.

Remarquons que l'écart $f^4 d^2 - f^4 ds$ est de 13414 K donc nettement plus élevé que l'écart $f^4 ds - f^4 s^2$ (8475 K); on constate de même dans le spectre II du Thulium (20) que l'écart $f^{12} d^2 - f^{12} ds$ est plus grand que l'écart $f^{12} ds - f^{12} s^2$.

Configuration $f^4 6s7s$:

Les trois premiers niveaux de cette configuration ont été trouvés :

7I_3	28027,37	$g = 0,345$	
7I_4	28229,19	$g = 0,71$	
7I_5	28578,985	$g = 0,945$	grâce à leurs transitions

avec $f^4 sp \ ^7K^\circ$, $^7I^\circ$, $^7H^\circ$. Les raies correspondantes sont diffuses, comme cela a déjà été observé dans d'autres spectres (Sm, Tm, Pu). Nous ne connaissons pas assez de niveaux de cette configuration pour calculer avec précision le potentiel d'ionisation de Nd I. Il faudrait pour cela connaître le couplage dans la

sous-configuration et il est bien isolé des autres niveaux de la configuration $f^4 6s7s$; en l'absence de perturbation extérieure, son facteur de Landé serait $g_{LS} = 0,250$; la valeur $g = 0,345$ prouve que ce niveau est perturbé par d'autres configurations et rendrait encore plus imprécis le potentiel d'ionisation calculé.

C-3 Classification du spectre Nd II A

La classification proposée par Albertson et al. (4) a été confirmée; seuls les deux niveaux 31451,24 J = 9/2 et 29298,60 J = 9/2 n'ont pas encore pu être vérifiés car ils n'ont aucune transition dans le domaine spectral étudié.

Niveaux pairs

Configuration $4f^4 6s$:

La mesure de plusieurs effets Zeeman entre 3800 et 4500 Å et la répétition de certains facteurs de Landé nous ont amenés à trouver des écarts d'énergie constants entre plusieurs transitions; un système Nd II C a été construit provisoirement comprenant 8 niveaux profonds et 65 niveaux élevés possibles dont 19 sont justifiés par au moins 2 effets Zeeman. Les positions relatives et les valeurs des facteurs de Landé des 8 niveaux profonds sont caractéristiques des multiplets 6F , 4F , 6S qui sont les termes de f^4s immédiatement supérieurs à 6I et à 4I . Nous donnons dans le tableau VI la liste de ces niveaux.

Le calcul

de la configuration $f^4 s^2$ prévoit que l'écart ${}^5I - {}^5F$ est de l'ordre de $11\ 000\text{ cm}^{-1}$, ce qui donne l'ordre de grandeur de l'écart ${}^6I - {}^6F$ de la configuration $4f^4 6s$.

Deux méthodes sont possibles pour relier les niveaux au système Nd II A :

- Trouver des transitions dans le visible entre des niveaux élevés connus et les niveaux profonds 6F_J , ${}^4F_{3/2}$, ${}^6S_{5/2}$; mais des essais dans ce sens n'ont pas abouti.

- Trouver des transitions dans l'Ultraviolet ($\sigma > 32000\text{ cm}^{-1}$) entre $f^4 s^6 I$ et les niveaux élevés du système C, mais nous ne disposons pas encore de spectrogrammes Zeeman dans cette région du Spectre. La valeur absolue des nouveaux niveaux de $4f^4 6s$ reste donc inconnue.

Tableau VI Nd II C

Niveaux profonds					Niveaux élevés		
Niveau	J	g_{exp}	g_{LS}	Nom LS	Niveau	J	g_j
0	1/2	-0.65	-.667	${}^6F_{1/2}$	21938.07	5/2	.99
183.15	3/2	1.05	1.067	${}^6F_{3/2}$	21955.555	5/2	1.135
530.68	5/2	1.30	1.314	${}^6F_{5/2}$	23208.52	3/2	.755
1121.50	7/2	1.39	1.397	${}^6F_{7/2}$	23605.18	5/2	1.17
1184.67	3/2	.43	.40	${}^4F_{3/2}$	23684.54	3/2	.855 PB
1492.75	5/2	1.98	2.00	${}^6S_{5/2}$	23877.35	3/2	1.29
1831.12	9/2	1.43	1.434	${}^6F_{9/2}$	23985.78	5/2	1.075
2792.54	11/2	1.45	1.455	${}^6F_{11/2}$	24259.76	3/2	1.097
					24376.13	5/2	1.14
					24439.38	5/2	1.44
					24800.03	7/2	.99
					24844.01	5/2	1.135
					24868.22	3/2	.87
					25023.84	7/2	1.07
					25190.99	3/2	1.146
					25706.81	5/2	1.36
					25779.42	9/2	1.15
					26451.31	9/2	1.205
					26529.78	5/2	1.14

Configuration $4f^4 5d$

Albertson et al. avaient découvert 20 niveaux de cette configuration 13 nouveaux niveaux ont été trouvés entre $8796.39 \text{ g}_{5/2} = 0,75$ et $13246.15 \text{ g}_{9/2} = 0,815$ (Voir Table XI).

Dans leurs transitions avec les niveaux impairs, ces 13 niveaux classent 410 raies entre 4661 et 8712 \AA .

Niveaux impairs

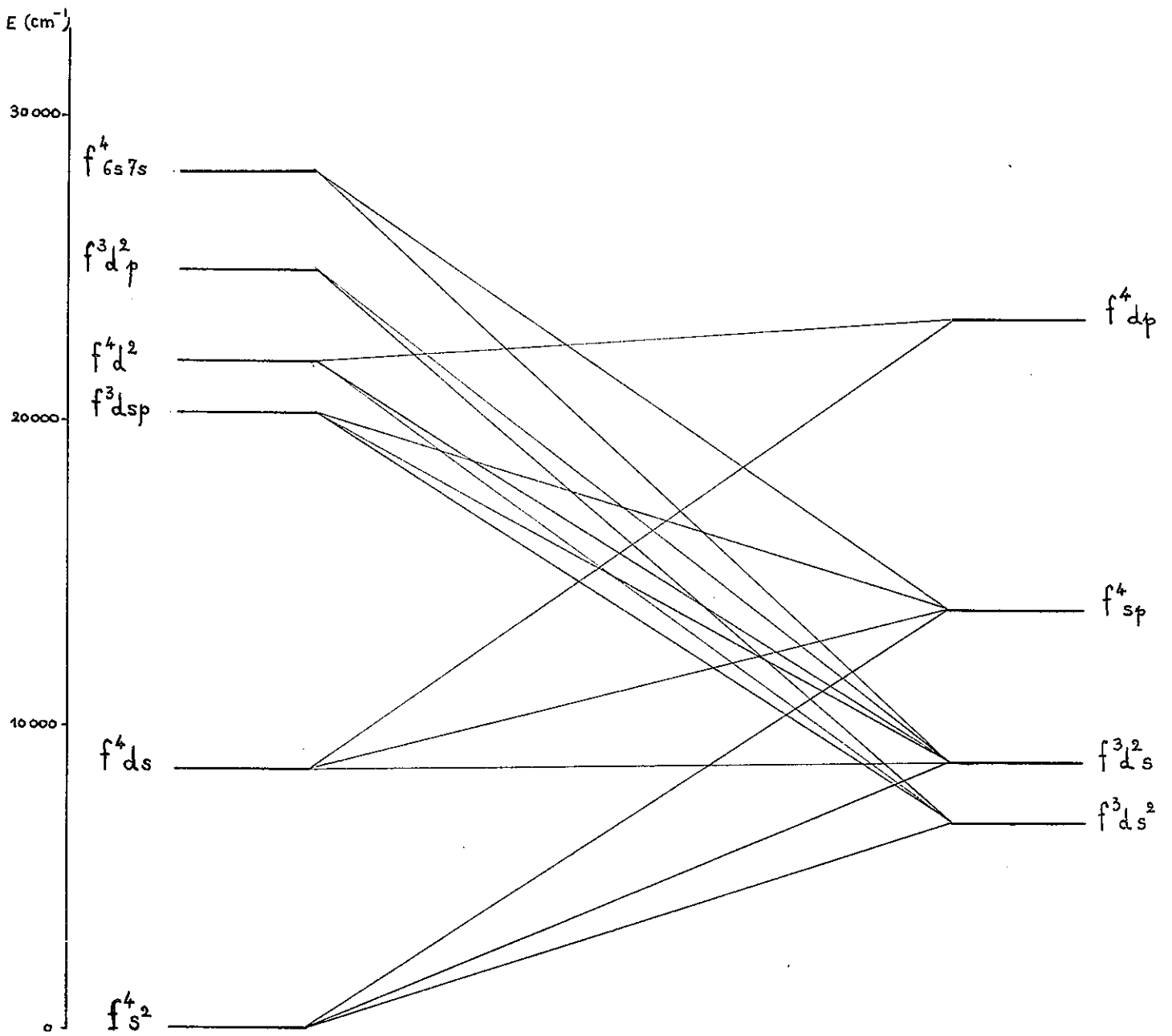
Le niveau le plus profond trouvé par Albertson et al. était $20672,600 \text{ K } J = 9/2$. 47 niveaux ont été déterminés entre 11310 et 20672 K . Les plus profonds, dont les transitions sont intenses avec f^4 s appartiennent à f^3 ds et sont groupés en multiplets. Mais le multiplet fondamental $6L^\circ$ de f^3 ds n'a pas pu être trouvé; en effet, ses transitions avec F^4 s $6I$ sont interdites en couplage LS et celles avec f^4 d $6L$, $6K$ ont une faible probabilité. La situation est analogue à celle de Nd I, et f^3 ds $6L^\circ$ ne pourra être déterminé que par ses transitions avec f^3 sp et f^3 dp dans un système Nd II B, l'étude systématique des effets Zeeman dans l'U.V. devrait donner la solution de ce problème.

Un multiplet $6K^\circ$ débute à $16374.10 \text{ K } (g_{9/2} = 0,622)$ et s'étend jusqu'à $23292,475 (g_{19/2} = 1,24)$; ses transitions avec f^4 d sont assez fortes, mais faibles avec f^4 s et ce multiplet appartient certainement à la configuration $f^3 d^2$.

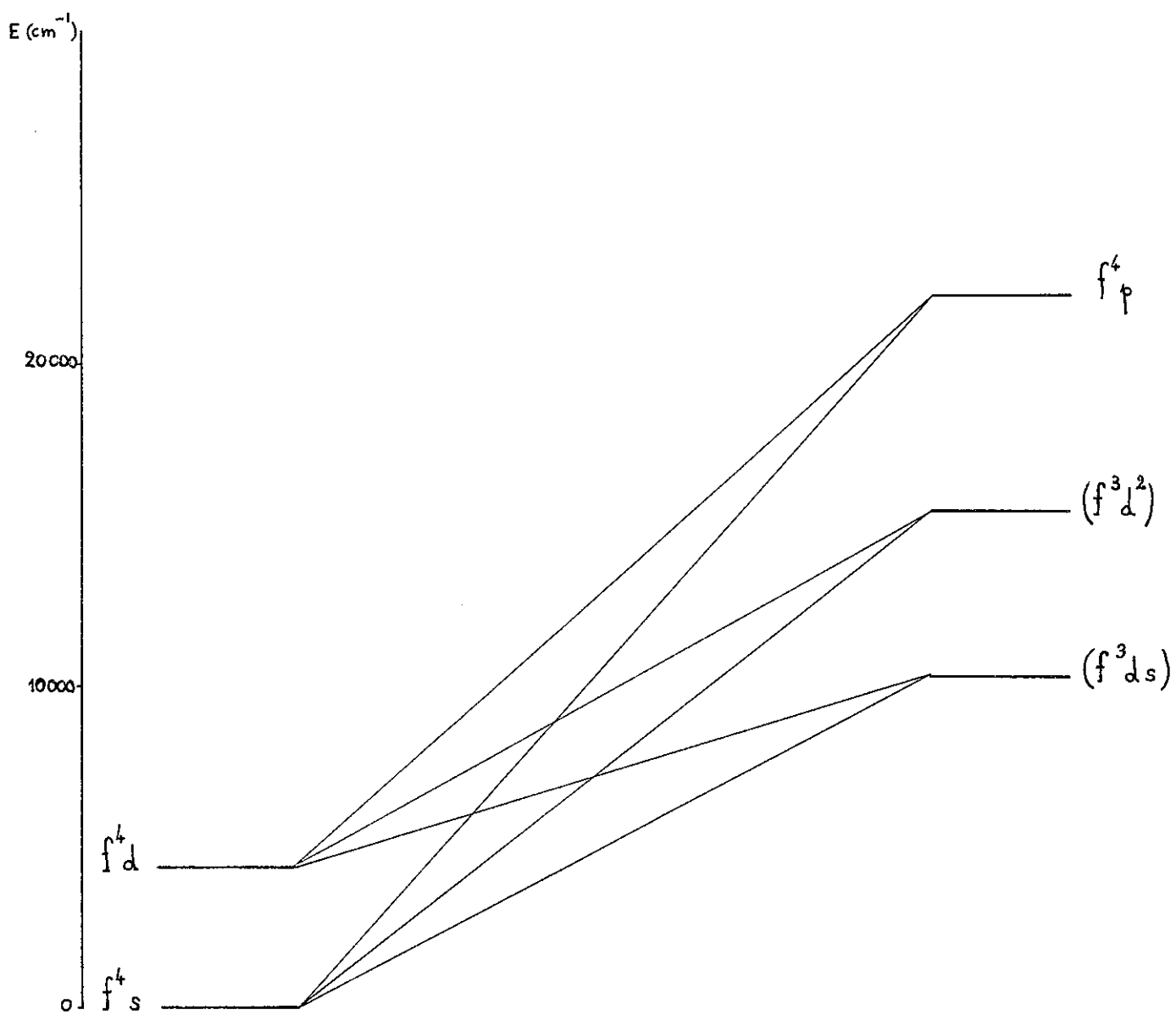
La configuration f^4 p avait été reconnue par Albertson et al. et débute à $23229,975 \text{ K}$ par le multiplet $6K^\circ$ qui s'étend jusqu'à $30002,32 \text{ K } (g_{19/2} = 1,26)$.

Entre 20672 et 31362 K , 106 niveaux ont été ajoutés à la liste d'Albertson, classant 510 raies. Il serait nécessaire pour interpréter ces niveaux, de calculer les configurations en présence.

Types de transitions observées dans NdI



Types de transitions observées dans NdII



D

INTERPRETATION THEORIQUE DE CONFIGURATIONS ELECTRONIQUES

D - I Généralités

En admettant certaines hypothèses simplificatrices

- Noyau sans structure, infiniment lourd, de charge Ze
- Electrons de masse m , de charge $-e$ et de spin $1/2$, animés de vitesses non relativistes, les états

stationnaires d'un atome sont donnés par l'équation de Schrödinger suivante :

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

Comme $Q = \sum_{i>j} \frac{e^2}{r_{ij}}$ est trop grand pour pouvoir appliquer directement la théorie des perturbations, on suppose que l'électron se déplace dans un potentiel électrique central $-\frac{U(r)}{e}$.

L'Hamiltonien devient $\left[\sum_{i=1}^N \left(\frac{p_i^2}{2m} + U(r_i) \right) \right] + \left[\sum_{i=1}^N -\frac{Ze^2}{r_i} - U(r_i) + \sum_{i>j=1}^N \frac{e^2}{r_{ij}} + \sum_{\lambda=1}^N \xi(r_{\lambda}) \vec{s}_{\lambda} \cdot \vec{l}_{\lambda} \right]$

$$\text{soit } H = H_0 + H_1$$

où H_0 est l'hamiltonien d'ordre zéro et H_1 l'hamiltonien perturbateur.

Les valeurs propres de H_0 sont les énergies des configurations, sommes d'énergies mono-électroniques $E_0 = \sum_i E_i(n_i, l_i)$. les vecteurs propres correspondants peuvent être mis sous forme de déterminants $\Psi = \frac{1}{\sqrt{N!}} |\Psi_i(k_j)|$

donc antisymétriques pour tout échange d'indices, où $\Psi_j(k_j) = \Psi_j(n_i, l_i, m_{l_i}, m_{s_i})$

$= \frac{R_{n_i l_i}(r_i)}{r_i^{l_i}} \cdot Y_{l_i m_{l_i}}(\theta_i, \phi_i) \cdot \delta_{m_{l_i}, m_{s_i}}$ est une fonction d'onde monoélectronique. $(Y_{l_i m_{l_i}})$ est une harmonique symétrique et $R_{n_i l_i}(r_i)$ est une fonction dépendant de $U(r)$

La dégénérescence d'une configuration est levée par l'introduction de H_1

La diagonalisation de la matrice de H_1 construite sur tous les états d'une configuration donne les niveaux d'énergie. Les états de base sont choisis parmi différents couplages limites possibles (couplage LS, couplage Jj, par exemple) et les états réels sont des combinaisons linéaires de ces états de base.

Considérons maintenant H 1 :

Les deux premiers termes $\sum_{i=1}^N -\frac{Ze^2}{r_i} - U(r_i)$ apportent une même contribution pour tous les états d'une configuration - et c'est $Q = \sum_{i>j=1}^N \frac{e^2}{r_{ij}}$ et $\Lambda = \sum_{i=1}^N \xi(r_i) \vec{s}_i \vec{l}_i$ qui séparent les niveaux d'une configuration.

C'est par la méthode des opérateurs tensoriels de Racah (21) que sont calculés les éléments matrice de Q et Λ . Cette méthode a été reprise et étendue par B. R. JUDD dans "Operator Techniques in Atomic Spectroscopy"

(22) sous forme tensorielle,

$$Q = e^2 \sum_{i,j} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{r_{ij}^k}{r_{ij}^{k+1}} (C_i^{(k)} C_j^{(k)}) \quad \Lambda = \sum \xi(r_i) \vec{s}_i \vec{l}_i$$

Ces deux opérateurs comportent une partie angulaire et une partie radiale.

Dans le calcul des éléments de matrice ces parties se séparent :

$$\langle \alpha SLJM_J | Q + \Lambda | \alpha' S' L' M'_J \rangle = \delta(J, J') \cdot \delta(M_J, M'_J) \sum_{\beta} \alpha_{\beta} P_{\beta}$$

Les intégrales radiales P_{β} dépendent du potentiel U (r) mal connu et sont choisies comme paramètre. Les facteurs α_{β} peuvent être calculés rigoureusement par les méthodes de Racah.

Les matrices angulaires sont construites par le programme AGENAC, assemblées en configurations par le programme ASSAC. La structure et les possibilités de ces programmes sont exposées dans la thèse de A. CARLIER (17). Un programme de diagonalisation calcule les niveaux d'énergies, leur composition sur la base choisie, leurs dérivés par rapport aux paramètres, les facteurs de Landé et leurs dérivés. Les paramètres sont ajustés par le programme GRMC 1 de moindres carrés après identification des niveaux calculés aux niveaux expérimentaux.

Calcul des éléments de matrice de Q

La partie radiale de Q conduit par intégration aux intégrales de Slater

$$R^k(a, b, c, d) = e^2 \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \frac{r_1^k}{r_1^{k+1}} R_a^*(1) R_b^*(2) R_c(1) R_d(2) dr_1 dr_2$$

où $R_i(j)$ est défini comme dans (3)

Dans une configuration, deux types d'intégrales interviennent :

$$F^k(a, b) = R^k(a, b, a, b) \quad \text{intégrale directe}$$

$$G^k(a, b) = R^k(a, b, b, a) \quad \text{intégrale d'échange}$$

Les éléments de matrice des parties angulaires peuvent être calculés par deux méthodes

a) Méthode directe

L'opérateur $C_{\omega(1)}^{(k_1)} C_{\omega(2)}^{(k_2)}$ est un cas particulier des opérateurs

$$X_Q^{(k)} = \sum_{q_1, q_2} T_{q_1}^{(k_1)} T_{q_2}^{(k_2)} (k_1, q_1, k_2, q_2 | k, k_2, K, Q) \quad \text{dont les propriétés}$$

sont données par JUDD (22)

$$C_{\omega_1}^{(k_1)} C_{\omega_2}^{(k_2)} = (-1)^k (2k+1)^{1/2} \{C_{\omega_1}^{(k_1)} C_{\omega_2}^{(k_2)}\}_0^{(0)} \quad . \text{L'application du}$$

théorème de Wigner-Eckart conduit à :

$$\langle \alpha S L J M, \{C_1^{(k_1)} C_2^{(k_2)}\}_0^{(0)} | \alpha' S' L' J' M' \rangle = \delta(\alpha, \alpha') \delta(M, M') (2J+1)^{-1/2} \langle \alpha S L J || \{C_1^{(k_1)} C_2^{(k_2)}\} || \alpha' S' L' J' \rangle$$

où X représente l'ensemble des nombres quantiques nécessaires pour caractériser un vecteur de base. L'élément de matrice réduit $\langle \alpha S L J || \{C_1^{(k_1)} C_2^{(k_2)}\} || \alpha' S' L' J' \rangle$ est ensuite amené par des découplages successifs à la forme $(e || C^{(k)} || e)(e' || C^{(k)} || e')$ pour des intégrales directes ou $(e || C^{(k)} || e')^2$ s'il s'agit d'intégrales d'échange; chaque découplage introduit des symboles n - j.

L'élément de matrice réduit $(e || C^{(k)} || e')$ s'exprime simplement

$$(e || C^{(k)} || e') = (-1)^l \sqrt{(2l+1)(2l'+1)} \begin{pmatrix} l & k & l' \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Deux conditions de non-nullité sur le symbole 3j limitent le nombre des paramètres de Slater à considérer $|l-l'| \leq k \leq l+l'$ et $l+l'+k$ pair

Il n'est pas possible d'en dire plus dans le cas le plus général.

b) Méthode graphique

Fano, Prats et Goldschmidt (23) ont exprimé les éléments de matrice d'interaction à 2 particules entre les états de configurations électroniques, sous forme du produit de deux éléments de matrice réduits monoélectroniques par un coefficient de recouplage. Pour un opérateur $S^{(k)}, T^{(k)}$ agissant sur les électrons s et t,

$$\begin{aligned} & (\lambda_{1j_1}, \dots, \lambda_{sj_s}, \dots, \lambda_{tj_t}, \dots; J, M_J | S^{(k)} \cdot T^{(k)} | \lambda_{1j_1}, \dots, \lambda'_{sj'_s}, \dots, \lambda'_{tj'_t}, \dots; J', M_{J'}) \\ & = \delta(J, J') \cdot \delta(M_J, M_{J'}) [(2j_s+1)(2j'_s+1)]^{-1/2} (\lambda_{sj_s} || S^{(k)} || \lambda'_{sj'_s}) (\lambda_{tj_t} || T^{(k)} || \lambda'_{tj'_t}) \\ & \quad \times (j_1, \dots, (j'_s, k) j_s, \dots, j_t, \dots | j_1, \dots, j'_s, \dots, (k, j_t) j_t, \dots)^{(J)} \end{aligned}$$

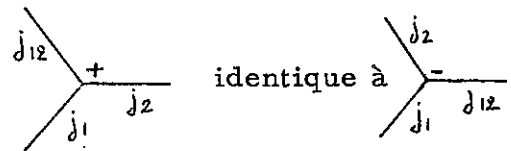
Une méthode graphique exposée par Yutsis, Levinson et Vanagas (23) permet d'exprimer le coefficient de recouplage de la formule (1) sous forme d'un diagramme à un facteur de phase $(-1)^{2(J + \sum b_i + S)} \prod_{i=1}^{n-2} (2a_{i+1})(2b_{i+1})^{1/2}$.

b_i représente un moment angulaire résultant d'un couplage dans le ket
 a_i " " " " " " " " " " " bra

S est la somme de tous les moments angulaires premiers dans un couplage
 n est le nombre de moments angulaires élémentaires. Le diagramme représente alors un symbole N-J avec $N = 3(n - 1)$

Dans le diagramme, tous les moments angulaires sont représentés par des segments orientés.

Le couplage de 2 moments angulaires noté $(j_1 j_2) j_{12}$ est représenté par



Nous ne pouvons faire ici état de toutes les règles permettant de réduire graphiquement le symbole N-j en produit symboles n-J ou $n < N$, mais nous donnons un exemple :

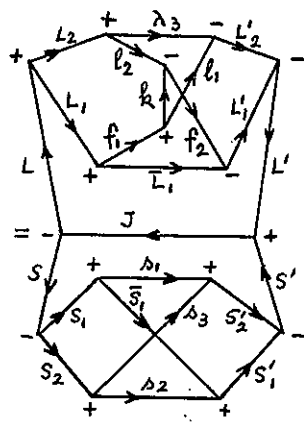
-Calcul du coefficient de G^k (fd) dans la configuration $f^n \ell \lambda$

Les états de base sont choisis dans le couplage SL : $\langle [f^n_{S_1 L_1} (\ell \lambda)_{S_2 L_2}]_{SLJM_J} | = \sum_{\bar{S}, \bar{L}} (f^n_{\bar{S}, \bar{L}} \{f^n_{S_1 L_1}\}) (f^{n-1}_{\bar{S}, \bar{L}} \{f^n_{S'_1 L'_1}\}) \langle [(\bar{S}, \lambda_1) S_1 (\lambda_2 \lambda_3) S_2] S [(\bar{L}, \lambda_1) L_1 (\ell_2 \lambda_3) L_2]_{LJM_J} | \quad (1)$

Les coefficients de parenté fractionnelle $(f^n_{\bar{S}, \bar{L}} \{f^n_{S_1 L_1}\})$ sont tabulés (26)
 Considérons l'interaction pour les deux électrons 1 et 2.

$$\begin{aligned} & \langle (\bar{S}, \lambda) S_1 (\lambda_2 \lambda_3) S_2] S [(\bar{L}, \lambda_1) L_1 (\ell_2 \lambda_3) L_2]_{LJM_J} | C_1 C_2 [(\bar{S}, \lambda_2) S'_1 (\lambda_1 \lambda_3) S'_2] S' [(\bar{L}, \lambda_2) L'_1 (\ell_1 \lambda_3) L'_2]_{L'J'M'_J} \rangle \\ &= \frac{1}{7} \langle f || C^{(k)} || f \rangle \langle \ell || C^{(k)} || \ell \rangle \langle [(\bar{S}, \lambda_1) S_1 (\lambda_2 \lambda_3) S_2] S [(\bar{L}, \lambda_1) L_1 (\ell_2 \lambda_3) L_2]_{LJM_J} | \\ & \quad | [(\bar{S}, \lambda_2) S'_1 (\lambda_1 \lambda_3) S'_2] S' [(\bar{L}, \lambda_2) L'_1 (\ell_1 \lambda_3) L'_2]_{L'J'M'_J} \rangle^{(J)} \\ & \langle \dots | \dots \rangle^{(J)} = (-1)^{2J} \sqrt{[S_1][S_2][S][S']][L_1][L_2][L][L']}[S_1][S_2][S][S']}[L_1][L_2][L][L']} \times \text{Diagramme} \quad (2) \end{aligned}$$

Ici et dans les équations suivantes : $[X] \equiv 2X+1$

Diagramme = 

= $\delta(s, s') \delta(L, L') [S]^{-1} [L]^{-1} (-1)^{3+k+l} \times \begin{Bmatrix} L_1 & 3 & l & L'_2 \\ \bar{L}_1 & k & \lambda & L \\ L'_1 & 3 & l & L_2 \end{Bmatrix} \times \begin{Bmatrix} \bar{S}_1 & 1/2 & S_1 \\ 1/2 & 1/2 & S_2 \\ S'_1 & S'_2 & S \end{Bmatrix} \quad (3)$

Nous pouvons reporter maintenant (3) dans (2) puis dans (1)
 En calculant $(\dots f_1 \dots l_2 \dots | C_1^{(k)} \cdot C_2^{(k)} | \dots f_2 \dots l_1 \dots)$, nous avons fait choix de deux numéros d'électrons particuliers; l'expression aurait été la même pour deux numéros quelconques choisis entre 1 et $n + 2$; on peut montrer que pour une configuration $a^{n_1}, b^{n_2}, c^{n_3}, d^{n_4}$, le coefficient de $R^k(ab, cd)$ est le produit d'un coefficient calculé pour 2 électrons particuliers par

Le coefficient de $G^{(k)}$ est donc après simplification : $\sum_{S_1, L_1} \dots \times \sqrt{m_1 \cdot m_2 \cdot n_3 \cdot n_4}$

$(-1)^{7n} \delta(s, s') \delta(L, L') (2l+1) \begin{pmatrix} 3 & k & l \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}^2 \frac{1}{\sqrt{[S_1][S'_1][L_1][L'_1][S_2][S'_2][L_2][L'_2]}} \begin{Bmatrix} \bar{S}_1 & 1/2 & S_1 \\ 1/2 & 1/2 & S_2 \\ S'_1 & S'_2 & S \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} L_1 & 3 & l & L'_2 \\ \bar{L}_1 & k & \lambda & L \\ L'_1 & 3 & l & L_2 \end{Bmatrix}$

Les paramètres de Slater étant en général très grands, on utilise des paramètres R_k tels que $R_k = \frac{R^k}{D_k}$. Les constantes D_k ont été tabulées par

Condon et Shortley (24) (ch. VI, table 1 et 2) Le tableau suivant contient les valeurs de D_k pour les couples d'électrons dont l'interaction a été étudiée.

	F2	F4	G ₁	G ₃	G ₅
f d	105	693	35	315	1524,6
	G ₃				
f s	7				
	G ₂				
d s	5				

Le programme AGENAC peut calculer des symboles 3-J, 6-J, 9 - J et dans l'application de (4) à des configurations particulières, le symbole 12 - J doit être exprimé sous forme de somme sur des produits de 6 - J.

Par cette méthode graphique, plus souple que le calcul direct, on obtient des formules littérales différentes selon la façon dont a été coupé le diagramme. On peut ainsi rechercher la forme la plus simple, celle dont le temps de calcul peut être estimé le plus court.

Calcul des éléments de matrice de Λ

L'opérateur Λ est un cas particulier d'opérateur tensoriel double agissant sur l'espace de spin et l'espace d'orbite; si $w^{(k,k)}$ est un tel opérateur défini par

$$(\delta l \parallel w^{(k,k)} \parallel \delta l') = ([k][k])^{1/2} \delta(s, s') \cdot \delta(l, l') \quad (5)$$

On peut montrer que :

$$\langle \alpha S L J M_J | \xi(\vec{r}_i) \vec{s}_i \vec{l}_i | \alpha' S' L' J' M_J' \rangle = \delta(J, J') \delta(M_J, M_J') (-1)^{S'+L+J} \left(\frac{l(l+1)(2l+1)}{6} \right)^{1/2} \begin{Bmatrix} S & S' & 1 \\ L' & L & J \end{Bmatrix} (\alpha S L \parallel w_i^{(11)} \parallel \alpha' S' L') \zeta_l$$

Le calcul se poursuit par des découplages dans l'élément de matrice réduit

Calcul du coefficient de ζ_l dans une configuration $f^n \lambda$

On utilise les mêmes états de base que précédemment : $\langle [f^{n_{s_1, l_1}}(l \lambda)_{s_2, l_2}] S L J M_J |$

$$\begin{aligned} & \langle [S_1 (\lambda_2 \lambda_3) S_2] S [L_1 (\lambda_2 \lambda_3) L_2] L J M_J | \xi(\vec{r}_3) \vec{s}_3 \vec{l}_3 | [S'_1 (\lambda_2 \lambda_3) S'_2] S' [L'_1 (\lambda_2 \lambda_3) L'_2] L' J' M_J' \rangle \\ &= (-1)^{S'+L+J} \delta(J, J') \delta(M_J, M_J') \left(\frac{l(l+1)(2l+1)}{6} \right)^{1/2} \begin{Bmatrix} S & S' & 1 \\ L' & L & J \end{Bmatrix} ([S_1 S_2] S [L_1 L_2] L \parallel w_3^{(11)} \parallel [S'_1 S'_2] S' [L'_1 L'_2] L') \\ (\dots S \dots L \parallel w_3^{(11)} \parallel \dots S' \dots L') &= \delta(s_1, s'_1) \delta(l_1, l'_1) (-1)^{s'_1+s'_2+l'_1+l'_2+l+s} \sqrt{[S][S'] [L][L']} \begin{Bmatrix} S_1 & S'_1 \\ S_2 & S_2 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} L_1 & L'_1 \\ L_2 & L_2 \end{Bmatrix} \\ & \times ((\lambda_2 \lambda_3) S_2 (\lambda_2 \lambda_3) L_2 \parallel w_3^{(11)} \parallel (\lambda_2 \lambda_3) S'_2 (\lambda_2 \lambda_3) L'_2) \\ (\dots S_2 \dots L_2 \parallel w_3^{(11)} \parallel \dots S'_2 \dots L'_2) &= (-1)^{l+\lambda+s'_2+l'_2+1} \sqrt{[S_2][S'_2] [L_2][L'_2]} \begin{Bmatrix} S_2 & 1 & S'_2 \\ 1/2 & 1/2 & 1/2 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} L_2 & 1 & L'_2 \\ l & \lambda & l \end{Bmatrix} (\lambda_3 l_3 \parallel w_3^{(11)} \parallel \lambda_3 l_3) \\ \text{et } (\lambda_3 l_3 \parallel w_3^{(11)} \parallel \lambda_3 l_3) &= 3 \quad \text{d'après (5)} \end{aligned}$$

Le coefficient de ζ_l est donc après simplification :

$$\delta(J, J') \cdot \delta(M_J, M_J') \cdot \delta(s, s') \cdot \delta(l, l') (-1)^{S+S'+J+s_1+l_1+l+\lambda+1} 3 \left(\frac{l(l+1)(2l+1)}{6} \right)^{1/2} \\ \times \sqrt{[S][S'] [L][L'] [S_2][S'_2] [L_2][L'_2]} \begin{Bmatrix} S & S' & 1 \\ L' & L & J \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} S_1 & S'_1 \\ S_2 & S_2 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} S_2 & 1 & S'_2 \\ 1/2 & 1/2 & 1/2 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} L_1 & L'_1 \\ L_2 & L_2 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} L_2 & 1 & L'_2 \\ l & \lambda & l \end{Bmatrix}$$

Le calcul des configurations f^4d , f^4ds , f^3ds^2 a été entrepris à un moment où, par leurs nombres de termes et de niveaux, elles étaient les mieux connues. A l'aide de ces calculs, je voulais :

- interpréter les premiers résultats
- orienter la recherche expérimentale des niveaux en prévoyant leur énergie.

Le Coeur f^4

Les configurations que nous avons rencontrées dans l'analyse du spectre sont basées sur le coeur $4f^3$ dans certains cas; de $4f^46s^2$ de Nd I, on ne connaît que le multiple 5I fondamental, ce qui est insuffisant pour mener à bien son étude théorique; cependant, en supposant que les paramètres de Slater F2, F4, F6 sont liés par les relations $\frac{F4}{F2} = 0.13805$

$\frac{F6}{F2} = 0.01511$, rapports calculés dans le cas de fonctions d'onde

hydrogénoïdes et d'électrons $4f$, B. G. Wybourne (25) a obtenu un bon accord entre la théorie et l'expérience avec $F2 = 292,26 \text{ (cm}^{-1}\text{)}$

$\zeta f = 777,41$ (Tableau VII)

Dans la suite des calculs, ces valeurs seront celles de nos paramètres initiaux; pour les premiers niveaux des termes de f^4s^2 immédiatement supérieurs à 5I , on prévoit les positions suivantes :

5F	10200 K
5S	11700 K
3K	13150 K
3H	14700 K
5G	14900 K

J	4	5	6	7	8
5I calc	0	1126,80	2367,21	3683,99	5049,33
5I exp	0	1128,055	2366,595	3681,69	5048,605

Tableau VII

La configuration s'étend théoriquement sur 105000 cm^{-1} et comprend 47 termes et 107 niveaux. Les configurations basées sur f^4 possèdent en général trop de niveaux pour être étudiées dans leur ensemble. Dans le tableau VIII figurent les nombres de termes et de niveaux des configurations observées.

configuration	$f^4 s$	$f^4 d$	$f^4 p$	$f^4 ds$	$f^4 sp$	$f^4 dp$	$f^4 d^2$
termes	74	342	214	684	428	2012	1513
niveaux	208	977	611	1954	1222	5754	4223

Tableau VIII

Dans la majorité des configurations reconnues, des termes basés sur $4f^4 5I$ et $4f^4 5F$ peuvent avoir le même nom LS; par exemple dans $4f^4 5d$:

$$[f^4 ({}^5 I) d]^6 H \quad \text{et} \quad [f^4 ({}^5 F) d]^6 H$$

et l'extension des sous-configurations basées sur $f^4 5I$ est de l'ordre de grandeur de l'écart ${}^5 I - {}^5 F$. Bien que le mélange de termes de même nom LS d'une configuration puisse être important, j'ai limité le coeur f^4 aux termes ${}^5 I, {}^5 F, {}^5 S$.

II Résultats

II₁ Etude de la configuration $f^4 d$

L'interprétation des premiers niveaux de la configuration $f^4 d$, avait été trouvé par Albertson et al. Leurs facteurs de Landé sont caractéristiques des multiplets 6L , 6K , 6I entièrement trouvés et des deux niveaux ${}^6G_{3/2}$ ${}^6H_{5/2}$. Les 11 niveaux que nous avons découverts avant d'entreprendre ce calcul entre 8800 et 13200 cm^{-1} n'étaient pas régulièrement disposés et les valeurs des facteurs de Landé indiquaient alors que la couplage SL n'était plus respecté. Il a donc été nécessaire de calculer la configuration $f^4 d$ pour interpréter les nouveaux niveaux et pour prévoir la position des niveaux non trouvés : Trois niveaux ont été ainsi déterminés.

L'étude de Melle A. CARLIER sur le spectre de Sm II montrait qu'il n'existe pas d'interaction notable entre les configurations $f^6 s$ et $f^6 d$; nous n'avons donc pas jugé utile d'introduire dans la base de calcul les états de la configuration $f^4 s$. La base choisie est :

$$\langle (f^4 s_1 s_2) S (f^4 L_1 d_2) L J M_J |$$

en couplage LS les termes de f^4 étant limités à 5I , 5F , 5S .

Calcul de l'interaction électrostatique dans $f^4 d$

$$Q = Q(f^4) + Q(f, d)$$

Les énergies des termes de f^n en fonction des paramètres. E_n sont tabulés (26), nous rappelons les énergies de f^4 5I ${}^6E_0 - 21 E_3$

$$f^4 \quad {}^5F \quad {}^6E_0$$

$$f^4 \quad {}^5S \quad {}^6E_0$$

$Q(f, d)$ introduit les paramètres F^4 , F^2 , G^1 , G^3 , G^5

Nous ne donnons pas le calcul complet des coefficients, le principe en a été exposé en page 27; on obtient comme facteur de F^k :

$$140 \delta(s, s') \cdot \delta(L, L') \cdot \delta(S, S') (-1)^{L+L'+L'} \begin{pmatrix} 2 & k & 2 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 3 & k & 3 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \sqrt{[L][L']} \begin{Bmatrix} k & 2 & 2 \\ L & L' & L' \end{Bmatrix} \sum_{\bar{L}, \bar{S}} (\dots) (-1)^{\bar{L}} \begin{Bmatrix} k & 3 & 3 \\ \bar{L} & L & L' \end{Bmatrix}$$

et comme facteur de G^k :

$$140 \delta(s, s') \delta(L, L') (-1)^{s+s'} \begin{pmatrix} 3 & k & 2 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}^2 \sqrt{[s][s'] [L][L']} \sum_{\bar{S}, \bar{L}} \begin{Bmatrix} 1/2 & \bar{S} & s \\ 1/2 & s & s' \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} L & 2 & L' \\ 2 & k & 3 \\ L & 3 & L' \end{Bmatrix}$$

Eléments de: matrice de l'interaction Spin-Orbite

$\Lambda(f^4)$: Les coefficients du paramètre ζf sont, après simplification :

$$12 \sqrt{14} (-1)^{L+L'+J+1} \sqrt{[s][s'] [S][S'] [L][L'] [L][L']} \begin{Bmatrix} s & s' & 1 \\ L' & L & J \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} s & s' & 1 \\ s' & s & 1/2 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} L & L' & 1 \\ L' & L & 2 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} 1/2 & 3/2 & s' \\ s & 1 & 1/2 \end{Bmatrix} \sum_{\bar{S}, \bar{L}} (-1)^{\bar{S}+\bar{L}} (\dots) (\dots) \times \begin{Bmatrix} 1 & L & L' \\ \bar{L} & 3 & 3 \end{Bmatrix}$$

$\Lambda(d)$: Le paramètre ζd a les coefficients suivants :

$$\delta(s, s') \delta(L, L') (-1)^{s+s'+J+s_1+L_1+1/2} 3 \sqrt{5} \sqrt{[s][s'] [L][L']} \begin{Bmatrix} s & s' & 1 \\ L' & L & J \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} s & 1 & s' \\ 1/2 & s & 1/2 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} L & 1 & L' \\ 2 & L & 2 \end{Bmatrix}$$

Les valeurs finales des paramètres figurent dans le tableau IX

Dans ce calcul, comme dans les suivants, je n'indique que les composantes sur la base LS supérieures à 10%

L'écart quadratique moyen final est de 137 cm^{-1} , tous les paramètres (sauf E_3) étant libres de varier.

J	Ecalc.	Obs.	O-C	Obs.g	Calcg	COMPOSITION LS en %		
J=1/2	17636				3.296	71 (⁵ S) ⁶ D	28 (⁵ F) ⁶ D	
	17970				-0.608	95 (⁵ F) ⁶ F		
	21086				3.281	66 (⁵ F) ⁶ D	28 (⁵ S) ⁶ D	
	21986				0.077	89 (⁵ F) ⁴ D		
	23908				0.447	82 (⁵ S) ⁴ D	16 (⁵ F) ⁴ P	
	24170				2.172	75 (⁵ F) ⁴ P	14 (⁵ S) ⁴ D	
3/2	8723	8716,45	-6	.01	0	96 (⁵ I) ⁶ G		
	17032				.016	93 (⁵ F) ⁶ G		
	17792				1.852	71 (⁵ S) ⁶ D	26 (⁵ F) ⁶ D	
	18224				1.077	94 (⁵ F) ⁶ F		
	19630				2.380	98 (⁵ F) ⁶ P		
	21332				1.760	65 (⁵ F) ⁶ D	25 (⁵ S) ⁶ D	
	21566				.807	55 (⁵ F) ⁴ F	31 (⁵ F) ⁴ D	
	22587				.930	50 (⁵ F) ⁴ D	37 (⁵ F) ⁴ F	
	23841				1.220	91 (⁵ S) ⁴ D		
	25080				1.692	87 (⁵ F) ⁴ P		
5/2	8716	8796,39	81.	.755	.723	58 (⁵ I) ⁶ G	32 (⁵ I) ⁴ G	
	9844	9674,84	191.	.455	.500	54 (⁵ I) ⁶ H	28 (⁵ I) ⁶ G	15 (⁵ I) ⁴ G
	10823	10887,25	64.	.520	.491	51 (⁵ I) ⁴ G	38 (⁵ I) ⁶ H	
	16693				.299	96 (⁵ F) ⁶ H		
	17401				.856	91 (⁵ F) ⁶ G		
	18051				1.649	73 (⁵ S) ⁶ D	25 (⁵ F) ⁶ D	
	18630				1.314	95 (⁵ F) ⁶ F		
	20069				1.855	93 (⁵ F) ⁶ P		
	21233				.867	51 (⁵ F) ⁴ G	32 (⁵ F) ⁴ F	
	21733				1.470	60 (⁵ F) ⁶ D	19 (⁵ S) ⁶ D	16 (⁵ F) ⁴ G

J	Ecalc.	Obs.	O-C	Obs. g	Calc g	COMPOSITION LS en %		
5/2	22150				1.091	28 (⁵ F) ⁴ D	28 (⁵ F) ⁴ G	26 (⁵ F) ⁴ F
	23223				1.252	32 (⁵ S) ⁴ D	32 (⁵ F) ⁴ F	28 (⁵ F) ⁴ D
	23810				1.357	61 (⁵ S) ⁴ D	26 (⁵ F) ⁴ D	
	26409				1.588	92 (⁵ F) ⁴ P		
7/2	7662	7524,74	-137	.48	.462	93 (⁵ I) ⁶ I		
	9255	9198,40	-57	.925	1.084	76 (⁵ I) ⁶ G	22 (⁵ I) ⁴ G	
	10116	9908,65	-208	.862	.812	79 (⁵ I) ⁶ H	13 (⁵ I) ⁴ H	
	10850	10666,78	-183	.845	.806	56 (⁵ I) ⁴ H	18 (⁵ I) ⁴ G	17 (⁵ I) ⁶ G
	12210				.900	54 (⁵ I) ⁴ G	20 (⁵ I) ⁴ H	17 (⁵ I) ⁶ H
	17158				.835	95 (⁵ F) ⁶ H		
	17913				1.139	90 (⁵ F) ⁶ G		
	18427				1.581	74 (⁵ S) ⁶ D	23 (⁵ F) ⁶ D	
	19161				1.393	95 (⁵ F) ⁶ F		
	20756				1.671	86 (⁵ F) ⁶ P		
	21501				1.136	54 (⁵ F) ⁴ G	28 (⁵ F) ⁴ F	
	22194				1.454	56 (⁵ F) ⁶ D	17 (⁵ F) ⁴ G	15 (⁵ S) ⁶ D
	22782				1.313	31 (⁵ S) ⁴ D	23 (⁵ F) ⁴ F	20 (⁵ F) ⁴ D
	23315				1.332	53 (⁵ S) ⁴ D	20 (⁵ S) ⁴ D	10 (⁵ F) ⁴ H
	23612				.757	82 (⁵ F) ⁴ H		
	24439				1.388	68 (⁵ F) ⁴ F	20 (⁵ F) ⁴ F	
9/2	6076	6005,28	-71	.55	.548	99 (⁵ I) ⁶ k		
	8414	8420,33	6	.84	.834	96 (⁵ I) ⁶ I		
	9994	9877,17	-117	1.095	1.215	70 (⁵ I) ⁶ G	13 (⁵ I) ⁴ G	10 (⁵ I) ⁴ H
	10816	10883,26	67	1.14	1.057	68 (⁵ I) ⁶ H	16 (⁵ I) ⁴ H	
	11850	11709,60	-141	1.05	1.000	39 (⁵ I) ⁶ H	19 (⁵ I) ⁶ H	18 (⁵ I) ⁴ I
	12970	13246,15	276	.815	.854	67 (⁵ I) ⁴ I	18 (⁵ I) ⁴ G	

J	Ecalc.	Obs.	O-C	Obs.g	Calcg	COMPOSITION LS en %		
9/2	13756				1.079	54 (⁵ I) ⁴ G	25 (⁵ I) ⁴ H	
	17764				1.078	95 (⁵ F) ⁶ H		
	18558				1.269	90 (⁵ F) ⁶ G		
	19782				1.427	93 (⁵ F) ⁶ F		
	22071				1.249	56 (⁵ F) ⁴ G	25 (⁵ F) ⁶ D	
	22754				1.435	52 (⁵ F) ⁶ D	21 (⁵ F) ⁴ G	16 (⁵ S) ⁶ D
	23918				1.200	46 (⁵ F) ⁴ H	38 (⁵ F) ⁴ F	14 (⁵ F) ⁶ D
	24266				1.154	45 (⁵ F) ⁴ H	29 (⁵ F) ⁴ F	18 (⁵ F) ⁴ G
11/2	4563	4437,57	-125	.62	.616	99 (⁵ F) ⁶ L		
	6897	6931,81	35	.84	.840	99 (⁵ I) ⁶ K		
	9280	9357,92	78	1.035	1.034	97 (⁵ I) ⁶ I		
	10973	10942,01	-31	1.230	1.281	63 (⁵ I) ⁶ G	13 (⁵ I) ⁴ H	13 (⁵ I) ⁶ H
	11785	12021,35	236	1.157	1.197	54 (⁵ I) ⁶ H	22 (⁵ I) ⁶ G	
	12421				.851	75 (⁵ I) ⁴ K	13 (⁵ I) ⁶ H	10 (⁵ I) ⁴ I
	13327				1.085	42 (⁵ I) ⁴ H	16 (⁵ I) ⁶ H	15 (⁵ I) ⁴ K
	14521				1.040	58 (⁵ I) ⁴ I	17 (⁵ I) ⁴ H	15 (⁵ I) ⁴ G
	15384				1.230	70 (⁵ I) ⁴ G	18 (⁵ I) ⁴ H	
	18511				1.207	96 (⁵ F) ⁶ H		
	19324				1.340	91 (⁵ F) ⁶ G		
	20478				1.444	93 (⁵ F) ⁶ F		
	23164				1.266	82 (⁵ F) ⁴ G	11 (⁵ F) ⁴ H	
	24684				1.151	88 (⁵ F) ⁴ H	11 (⁵ F) ⁴ G	
13/2	5488	5487,67	-1	.850	.852	99 (⁵ F) ⁶ L		
	7853	7950,09	97	1.015	1.015	99 (⁵ I) ⁶ K		
	10257	10337,10	80	1.150	1.156	96 (⁵ I) ⁶ I		

J	Ecalc.	Obs.	O-C	Obs.g	Calcg	COMPOSITION LS en %		
13/2	11760	11580,87	179	.805	.814	93	$(^5I)^4L$	
	12285	12334,23	49	1.325	1.327	57	$(^5I)^6G$	24 $(^5I)^6H$ 11 $(^5I)^4H$
	13008				1.294	50	$(^5I)^6H$	34 $(^5I)^6G$
	13641				1.009	72	$(^5I)^4K$	11 $(^5I)^6H$ 10 $(^5I)^4I$
	15021				1.172	44	$(^5I)^4H$	28 $(^5I)^4I$ 13 $(^5I)^6H$
	16134				1.156	50	$(^5I)^4I$	42 $(^5I)^4H$
	19393				1.284	97	$(^5F)^6H$	
	20198				1.382	92	$(^5F)^6G$	
	25177				1.232	99	$(^5F)^4H$	
15/2	6554	6637,42	84	1.005	1.005	99	$(^5I)^6L$	
	8941	9042,75	102	1.130	1.128	98	$(^5I)^6K$	
	11377	11373,49	--4	1.230	1.234	95	$(^5I)^6I$	
	12865	12906,57	42	.970	.976	92	$(^5I)^4L$	
	14156				1.316	88	$(^5I)^6H$	
	15080				1.104	80	$(^5I)^4K$	
	17139				1.196	84	$(^5I)^4I$	10 $(^5I)^4K$
	20407				1.333	99	$(^5F)^6H$	
17/2	7760	7868,91	110	1.11	1.108	100	$(^5I)^6L$	
	10165	10194,80	30	1.20	1.206	98	$(^5I)^6K$	
	12675	12460,00	-215	1.28	1.289	96	$(^5I)^6I$	
	14201				1.084	95	$(^5I)^4L$	
	16742				1.175	93	$(^5I)^4K$	
19/2	9103	9166,19	62	1.18	1.183	100	$(^5I)^6L$	
	11536	11392,10	-144	1.25	1.261	98	$(^5I)^6K$	
	15759				1.160	98	$(^5I)^4L$	
21/2	10590	10516,77	-73	1.24	1.238	100	$(^5I)^6L$	

DIII₂ Etude de la configuration $f^4 ({}^5\text{IFS}) ds$

La base choisie est $\langle f^4 S_1 L_1, (ds) S_2 L_2, S L J M \rangle$ en couplage LS

Calcul de l'interaction électrostatique $Q = Q(f^4) + Q(f^4 d) + Q(f^4 s) + Q(ds)$

Les éléments de matrice de $Q(f^4)$ sont tabulés (26) $E({}^5I) = 6 E_0 - 21 E_3$

$$E({}^5F) = E(5S) = 6 E_0$$

- $Q(f^4 d)$ introduit 5 paramètres F_2, F_4, G_1, G_3, G_5

Les coefficients de $F^k(fd)$ sont :

$$140 \delta(s, s') \delta(L, L') \delta(s, s') \delta(s_2, s'_2) (-1)^{L+L'+L'} \begin{pmatrix} 3 & k & 3 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2 & k & 2 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \sqrt{[L][L']} \begin{Bmatrix} L, k, L' \\ 2, L, 2 \end{Bmatrix} \sum_{S, L'} (\dots) (-1)^{\bar{L}_1} \begin{Bmatrix} L, k, L' \\ 3, \bar{L}_1, 3 \end{Bmatrix}$$

Coefficients de $G^k(fs)$:

$$-700 \delta(s, s') \delta(L, L') \begin{pmatrix} 3 & k & 2 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}^2 \sqrt{[L][L'] [S_2][S'_2]} \begin{Bmatrix} 3/2 & 1/2 & 2 \\ 1/2 & 1/2 & S_2 \\ 2 & S'_2 & S \end{Bmatrix} \sum_{S, L'} (\dots) \begin{Bmatrix} \bar{L}_1, 3, L_1 \\ 3, k, 2 \\ L', 2, L \end{Bmatrix}$$

- $Q(f^4 s)$ introduit $G^3(fs)$ dans le coefficient est :

$$\frac{1}{7} \delta(s, s') \delta(L, L') \delta(L, L') (-1)^{S_1+S'_2+1} \sqrt{[S_1][S'_1][S_2][S'_2]} \begin{Bmatrix} 3/2 & 1/2 & 2 \\ 1/2 & 1/2 & S_2 \\ 2 & S'_2 & S \end{Bmatrix}$$

- $Q(ds)$ introduit $G^2(ds)$ dont le coefficient est :

$$\frac{1}{5} \delta(s, s') \delta(L, L') \delta(s, s') \delta(L, L') \delta(s_2, s'_2) (-1)^{S_2}$$

Calcul de l'interaction Spin-Orbite $\Lambda = \Lambda(f^4) + \Lambda(d)$

$\Lambda(f^4)$ fait intervenir le paramètre ζ_f dont les coefficients sont :

$$\delta(s_2, s'_2) \cdot 6 \sqrt{70} (-1)^{S_2+L+L'+J} \sqrt{[S][S'] [L][L'] [L_1][L'_1]} \begin{Bmatrix} S, 1, S' \\ L', J, L \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} L, 1, L' \\ L', 2, L \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} S, S', 1 \\ 2, 2, S'_2 \end{Bmatrix} \sum_{S, L'} (\dots) (-1)^{\bar{L}_1} \begin{Bmatrix} L, 1, L' \\ 3, \bar{L}_1, 3 \end{Bmatrix}$$

$\Lambda(d)$ introduit le paramètre ζ_d dont les coefficients sont :

$$\delta(s, s') \delta(L, L') 3 \sqrt{5} (-1)^{S+S'+S_1+L_1+J} \sqrt{[S][S'] [L][L'] [S_2][S'_2]} \begin{Bmatrix} S, 1, S' \\ L', J, L \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} L, 1, L' \\ 2, L, 2 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} S_2, 1, S'_2 \\ 1/2, 1/2, 1/2 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} S, 1, S' \\ S'_2, S_1, S_2 \end{Bmatrix}$$

Résultats :

Les niveaux expérimentaux que nous possédons appartiennent à 5 multiplets différents désignés par 7L , 7K , 7I , 5L , 5K ; le niveau 12736, $J = 3$ n'a pas été identifié.

Les coefficients des paramètres de Slater ne dépendant pas de J , lorsque les multiplets sont purs, tous les niveaux d'un multiplet dépendent de la même façon de ces paramètres, et il est nécessaire pour les déterminer correctement que leur nombre soit inférieur à celui des multiplets expérimentaux, ce qui n'est pas le cas puisque pour 7 paramètres de Slater, il n'y a que 5 multiplets identifiés.

Les coefficients des paramètres ζ_f et ζ_d dépendent de J et ces paramètres sont mieux déterminés.

Au cours des itérations nous n'avons pas pu faire varier G^3 (fs), G^2 (ds), F^4 (fd) et le rapport $\frac{G^3(\text{fd})}{G^5(\text{fd})}$ a été fixé. Ces paramètres ont été fixés à des valeurs

raisonnables, compte tenu des résultats de Nd II et de ceux de A. Carlier sur f^6 ds dans SmI. Nous avons obtenu dans ces conditions un écart quadratique moyen de 73 cm^{-1} soit 0,9% de la hauteur interprétée. Les écarts-types sur les paramètres en variation sont satisfaisants.

Les calculs font apparaître que le mélange entre les termes basés sur f^4 , 5F et f^4 , 5I n'excède pas 1,4%. Pour cette raison, et parce que ces résultats sont susceptibles, plus que ceux concernant les autres configurations d'être améliorés lorsque d'autres multiplets auront été identifiés, je ne considérerai que les niveaux de la sous-figuration $4 f^4$ (5I) ds.

Les paramètres sont inscrits dans le tableau IX.

Dans le tableau suivant, les quintuplets résultats du couplage de f^4 , 5I et de $(ds)^1D$ sont suivis d'un astérisque.

J	Calc.	Obs	O-C	Obs. g	Calc. g	COMPOSITION LS en %		
1	11899				-.500	98	⁷ G	
2	11588				.508	47	⁷ G	31 ⁵ G 19 ⁷ H
	12284				.362	53	⁷ H	41 ⁷ G
	13628				.301	64	⁵ G	25 ⁷ H 10 ⁷ G
	15443				.327	95	⁵ G*	
3	11065	11001.35	-64	..270	.286	87	⁷ I	10 ⁵ H
	11790				.953	35	⁷ G	35 ⁵ G 17 ³ G
	12486				.868	41	⁷ G	27 ⁷ H 13 ⁵ H
	13016				.753	54	⁷ H	38 ³ G
	13805				.709	51	⁵ H	26 ⁵ G 17 ⁷ G
	15116				.770	38	⁵ G	28 ³ G 20 ⁵ H
	15947				.752	58	⁵ G*	37 ⁵ H*
	16635				.661	59	⁵ H*	37 ⁵ G*
4	9861	9814.68	-46	.405	.405	98	⁷ K	
	11516	11486.09	-30	.750	.770	80	⁷ I	
	12272				1.172	47	⁷ G	32 ⁵ G
	12905				1.003	62	⁷ H	22 ⁵ H
	12917				.788	35	⁵ I	34 ³ H 14 ⁷ G
	13933				.987	24	⁵ I	24 ⁷ G 23 ³ G
	14223				.943	38	⁵ H	30 ⁷ H 14 ³ G
	15262				.898	36	³ H	22 ⁵ G 13 ⁵ H
	16412				.906	30	⁵ H*	24 ⁵ I* 17 ³ G
	16720				.960	30	³ G	15 ⁵ H 14 ⁵ H*
	17097				.871	44	⁵ G*	40 ⁵ I*
	17803				.947	48	⁵ H*	34 ⁵ G* 12 ⁵ I*

J	Calc.	Obs	O-C	Obs. g	Calc. g	COMPOSITION LS en %		
5	8467	8475.35	8	.505	.502	99	⁷ L	
	10405	10376.84	-28	.770	.766	94	⁷ K	
	12098	12065.81	-32	.715	.839	38	⁷ I	37 ⁵ K
	12217	12718.63	-39	.963	.851	46	⁷ I	31 ⁵ K
	12967				1.277	57	⁷ G	21 ⁵ G
	13469				1.170	61	⁷ H	19 ⁵ H
	14088				.992	44	⁵ I	25 ³ H
	14528				1.061	22	⁵ I	16 ⁷ H
	15345				1.201	32	⁵ G	18 ³ G
	16008				.982	44	³ I	29 ⁵ H
	16430				.723	58	⁵ K*	20 ⁵ K
	16942				.987	35	³ H	25 ³ I
	17464				1.016	41	⁵ H*	19 ⁵ I*
	18267				1.169	47	³ G	12 ⁵ G*
	18301				1.089	30	⁵ G*	26 ⁵ I*
	19047				1.145	42	⁵ G*	39 ⁵ H*
6	9097	9115.09	18	.785	.784	95	⁷ L	
	10873	10774.92	-99	.728	.727	67	⁵ L	24 ⁵ L*
	11101	11109.17	8	.970	.966	91	⁷ K	
	12863	12917.43	54	1.105	1.109	77	⁷ I	10 ⁵ K
	13255	13195.16	-60	.935	.940	62	⁵ K	18 ⁵ K*
	13784				1.307	44	⁷ G	19 ⁵ H
	14355				1.291	39	⁷ H	33 ⁷ G
	14992				1.043	31	³ K	26 ⁵ I
	15589				1.141	25	⁵ I	21 ³ H
	15818				.732	68	⁵ L*	24 ⁵ L
	15946				1.033	46	³ K	14 ⁵ I
	16741				1.300	61	⁵ G	18 ⁵ H
	17243				.953	52	⁵ K*	13 ⁵ I*

J	Calc.	Obs	O-C	Obs. g	Calc. g	COMPOSITION		LS en %
6	17662				1.082	41 ³ I	23 ⁵ H	10 ³ H
	18425				1.107	31 ⁵ I*	20 ⁵ H*	19 ³ H
	18815				1.140	39 ³ H	21 ⁵ H*	15 ³ I
	19630				1.189	30 ⁵ G*	27 ⁵ I*	27 ⁵ H*
	20401				1.274	57 ⁵ G*	27 ⁵ H*	
7	9879	9939.70	62	.965	.962	94 ⁷ L		
	11880	11918.35	39	1.061	1.045	70 ⁷ K	19 ⁵ L	
	12077	12056.82	-20	.985	.961	53 ⁵ L	23 ⁷ K	18 ⁵ L*
	13682				1.193	72 ⁷ I	12 ⁵ K	
	14309	14327.63	19	1.070	1.036	39 ⁵ K	26 ³ L	17 ⁷ I
	14894				1.000	49 ³ L	21 ⁵ K	
	14930				1.282	31 ⁷ H	30 ⁷ G	15 ⁵ H
	15517				1.370	60 ⁷ G	26 ⁷ H	
	16088				1.169	34 ⁵ I	23 ⁷ H	21 ³ K
	16631				.924	64 ⁵ L*	21 ⁵ L	
	17276				1.133	32 ³ K	30 ⁵ I	14 ⁵ H
	17434				1.220	55 ⁵ H	22 ³ K	10 ⁷ H
	18331				1.066	51 ⁵ K*	12 ⁵ K	12 ⁵ I*
	19507				1.158	73 ³ I	12 ⁵ H	
	19876				1.188	47 ⁵ I*	28 ⁵ H*	11 ⁵ K*
	21172				1.247	67 ⁵ H*	20 ⁵ I*	
8	10802	10898.00	96	1.085	1.081	94 ⁷ L		
	12831	12902.42	72	1.180	1.177	84 ⁷ K		
	13341	13333.49	-8	1.055	1.058	67 ⁵ L	19 ⁵ L*	
	14637				1.260	72 ⁷ I	14 ⁵ K	
	15437				1.136	37 ⁵ K	28 ³ L	18 ⁷ I
	16340				1.077	49 ³ L	27 ⁵ K	10 ⁵ K*

J	Calc.	Obs	O-C	Obs. g	Calc. g	COMPOSITION LS en %		
8	16388				1.344	79 ⁷ H	13 ⁵ I	
	17423				1.206	42 ⁵ I	18 ³ K	14 ⁵ L*
	17604				1.081	47 ⁵ L*	15 ³ L	14 ⁵ I
	18994				1.159	45 ³ K	26 ⁵ K*	16 ⁵ I
	19615				1.152	41 ⁵ K*	28 ³ K	10 ⁵ K
	21386				1.240	79 ⁵ I*		
9	11865	11959.77	95	1.170	1.166	96 ⁷ L		
	13900	13953.58	-53	1.245	1.244	87 ⁷ K		
	14725	14687.94	-37	1.140	1.144	72 ⁵ L	16 ⁵ L*	
	15794				1.311	81 ⁷ I	15 ⁵ K	
	16774				1.209	46 ⁵ K	25 ³ L	15 ⁷ I
	17958				1.149	43 ³ L	26 ⁵ L*	19 ⁵ K
	18782				1.135	50 ⁵ L*	29 ³ L	12 ⁵ L
	20740				1.219	81 ⁵ K*		
10	13064	13101.41	-36	1.225	1.227	98 ⁷ L		
	15112	15073.19	-39	1.270	1.290	90 ⁷ K		
	16226	16092.07	-134	1.200	1.209	76 ⁵ L	14 ⁵ L*	
	19739				1.201	85 ⁵ L*	13 ⁵ L	
11	14401	14304.10	-97	1.27	1.273	100 ⁷ L		

D-II₃ Etude de la configuration $f^3 d s^2$

Lorsque j'ai entrepris cette étude, la configuration $f^3 d$ existait déjà dans la bibliothèque de configuration du laboratoire.

- 33 Niveaux appartenant à $f^3 d s^2$ ont été identifiés, parmi ces niveaux 9 ont été trouvés à moins de 150 cm^{-1} de la proposition prévue.

Seuls étaient connus les déplacements isotopiques de transitions $(4 f^3 ({}^4F) 5 d 6 s^2)^5 H_j \rightarrow (4 f^4 6 s^2)^5 \bar{I}_{j+1}$

($J = 3, 4, 5, 6$), les autres transitions fortes $f^3 ({}^4I) d s^2 \rightarrow f^4 s^2 {}^5I$ étant situées dans le rouge et l'infrarouge.

Dans le dernier "moindres carrés", tous les paramètres ont varié librement sauf E_1 et E_2 , dont ne dépendent pas les niveaux connus. L'écart quadratique moyen est $65,8 \text{ cm}^{-1}$ et l'écart type de chaque paramètre est inférieur au dixième de sa valeur (tableau IX).

La configuration $f^3 d s^2$ comprend 386 niveaux et s'étend théoriquement sur $80\,000 \text{ cm}^{-1}$.

Nous avons limité ici la liste énergies calculées aux valeurs inférieures à $25\,000 \text{ cm}^{-1}$ car si nous avons identifié sans difficulté des niveaux jusqu'à $21\,000 \text{ cm}^{-1}$, il nous a été impossible de le faire au-delà. Plusieurs causes possibles :

- influence des configurations voisines $f^3 d^2 s$, $f^4 sp$, $f^4 dp$,
- mauvais choix des paramètres E_1 et E_2 déterminant les énergies des termes de f^3 ,

font que l'accord théorie-expérience ne sera amélioré que lorsque les configurations proches $f^3 d^2 s$ et $f^4 sp$, autont été étudiées.

Les valeurs des paramètres figurent dans le tableau IX .

J	Calc.	Obs.	O-C	Obs. g	Calc. g	COMPOSITION LS en %		
0	16800				0/0	35 (4F) 3P	28 (4F) 5D	15 (4S) 5D
	19632				0/0	40 (4F) 3P	34 (4S) 5D	16 (4F) 5B
	21486				0/0	43 (4S) 5D	41 (4F) 5D	
1	17890				1.49	44 (4F) 5D	29 (4S) 5D	14 (4F) 3P
	19520				1.39	30 (4F) 3P	27 (4F) 5P	16 (4F) 3D
	20198				1.23	44 (4F) 5P	38 (4F) 5F	
	20632				1.14	28 (4F) 5F	24 (4F) 3P	19 (4F) 5P
	21420				1.23	41 (4S) 5D	22 (4F) 5D	12 (4F) 3D
	22236				.92	22 (4S) 3D	19 (4F) 3D	19 (4F) 3P
	23145				.57	30 (4S) 3D	26 (4F) 3D	14 ($^2G_{20}$) 3D
2	11291				.35	93 (4I) 5G		
	18302				.84	40 (4F) 5G	17 (4F) 5D	12 (4F) 3F
	18386				1.02	33 (4F) 5G	24 (4F) 5D	22 (4S) 5D
	19898				1.18	19 (4F) 3D	19 (4F) 5P	14 (4F) 3P
	20655				1.34	51 (4F) 5P	10 (4F) 3F	
	20861				.94	54 (4F) 5F	16 (4F) 3F	10 (4G) 3F
	21171				1.01	25 ($^2H_{21}$) 3F	14 (4F) 5F	
	21389				1.06	21 (4S) 3D	12 (4F) 3D	12 ($^2H_{21}$) 3F
	21727				1.40	44 (4S) 5D	29 (4F) 5D	
	22749				1.27	28 (4F) 3P	16 (4S) 3D	14 (4F) 5P
	23938				.67	49 (4G) 5G	14 (4F) 3D	
	24004				.82	32 (4G) 5G	19 (4F) 3D	11 ($^2H_{21}$) 3F
3	9954	9927.37	-27	.56	.56	78 (4I) 5H	14 (4I) 3G	
	11313	11375.81	62	.815	.84	60 (4I) 5G	24 (4I) 3G	10 (4I) 5H
	13753	13630.34	-123	.773	.80	54 (4I) 3G	35 (4I) 5G	
	17678	17786.97	109	.60	.53	87 (4F) 5H		
	18908				1.31	25 (4F) 5D	19 (4S) 5D	

Calc.	Obs.	O-C	Obs. g	Calc. g	COMPOSITION LS en %		
19780				.95	82 (⁴ F) ⁵ G		
20536				1.28	17 (⁴ F) ⁵ P	15 (⁴ S) ⁵ D	13 (² H21) ³ F
20984				.97	33 (² H) ³ G	11 (⁴ F) ³ F	
21595				1.36	34 (⁴ F) ⁵ P	27 (⁴ F) ⁵ F	12 (⁴ F) ³ D
21811				1.31	42 (⁴ F) ⁵ F	30 (⁴ S) ⁵ D	
22204				1.34	39 (⁴ F) ⁵ D	19 (⁴ S) ³ D	
22358				1.25	24 (⁴ F) ⁵ P	14 (⁴ F) ³ F	
23415				1.14	23 (² H21) ³ F	17 (⁴ S) ³ D	14 (⁴ F) ³ F
24094				.83	24 (² G20) ³ G	19 (⁴ F) ³ G	15 (² G21) ³ G
24553				.76	34 (⁴ G) ⁵ H	29 (⁴ F) ³ G	
24888				.77	43 (⁴ G) ⁵ H	17 (⁴ G) ⁵ G	
9092	9083.75	-8	.615	.62	90 (⁴ I) ⁵ I		
10665	10672.47	8	.87	.87	60 (⁴ I) ⁵ H	28 (⁴ I) ³ H	
12040	11992.30	-48	.955	.97	25 (⁴ I) ⁵ G	24 (⁴ I) ⁵ H	22 (⁴ I) ³ H
13086	13116.88	31	.99	1.00	51 (⁴ I) ⁵ G	29 (⁴ I) ³ H	
16076	16209.84	134	1.055	1.05	70 (⁴ I) ³ G	19 (⁴ I) ⁵ G	
18683	18741.33	59	.93	.91	90 (⁴ F) ⁵ H		
20041				1.19	20 (⁴ F) ⁵ D	18 (⁴ S) ⁵ D	13 (³ H21) ³ H
20507				1.07	37 (⁴ F) ⁵ G	37 (⁴ F) ⁵ G	17 (² H21)
20546				1.16	28 (⁴ F) ⁵ G	17 (⁴ S) ⁵ D	15 (⁴ F) ³ H
21428				1.03	20 (² H21) ³ G	13 (⁴ F) ³ H	11 (⁴ F) ⁵ G
22061				.95	17 (⁴ F) ³ H	12 (⁴ F) ⁵ G	11 (² H21) ³ G
22561				1.27	58 (⁴ F) ⁵ F	10 (⁴ S) ⁵ D	
22834				1.35	35 (⁴ S) ⁵ D	14 (⁴ F) ⁵ D	11 (⁴ F) ⁵ F
22990				.63	90 (⁴ G) ⁵ I		
23266				1.25	30 (⁴ F) ³ F	21 (⁴ F) ⁵ D	13 (⁴ G) ³ F
23758				1.23	58 (² H21) ³ F	11 (² H21) ³ F	

	Calc.	Obs.	O-C	Obs. g	Calc. g	COMPOSITION LS en %		
5	6863	6853.93	-10	.68	.69	88 (⁴ I) ⁵ K		
	9979	10004.52	26	.88	1.89	60 (⁴ I) ⁵ I	29 (⁴ I) ³ I	
	10986	10918.70	-68	.90	.91	34 (⁴ I) ⁵ I	31 (⁴ I) ³ I	16 (⁴ I) ³ H
	10389	12394.31	6	1.038	1.04	65 (⁴ I) ⁵ H	19 (⁴ I) ³ I	
	13919	13896.36	-22	1.17	1.18	52 (⁴ I) ⁵ G	14 (⁴ I) ³ H	14 (⁴ I) ⁵ H
	15157	15113.95	-42	1.11	1.11	47 (⁴ I) ³ H	33 (⁴ I) ⁵ G	
	18404	18133.49	270	1.19	1.19	80 (⁴ I) ³ G		
	19406				.97	31 (⁴ F) ⁵ H	24 (² H21) ³ I	
	19870	19815.98	-54	1.11	1.06	58 (⁴ F) ⁵ H	13 (² H21) ³ I	
	21430				1.09	21 (² H21) ³ H	13 (² H21) ¹ H	12 (⁴ F) ³ H
	21559				1.14	59 (⁴ F) ⁵ G	17 (² H21) ³ I	
	22788				1.07	17 (⁴ F) ³ H	15 (² H21) ¹ H	13 (⁴ F) ⁵ G
	23377				.97	19 (² G20) ³ I	18 (⁴ G) ⁵ I	14 (² G21) ³ I
	23595				1.27	62 (⁴ F) ⁵ F		
	24080				1.04	30 (⁴ G) ⁵ I	23 (⁴ F) ³ H	14 (² H21) ³ G
	24511				1.10	28 (² H21)	18 (² H21) ¹ H	10 (² H21) ³ H
	24617				.92	44 (⁴ G) ⁵ I	20 (² G20) ³ I	13 (² G21) ³ I
	6781	6764.14	-17	.715	.73	92 (⁴ I) ⁵ L		
	8397	8411.82	15	.905	.91	94 (⁴ I) ⁵ K		
	11155	11178.97	24	1.03	1.03	51 (⁴ I) ⁵ I	25 (⁴ I) ⁵ I	12 (⁴ I) ³ K
	12511	12505.64	-5	1.02	1.01	14 (⁴ I) ³ K	24 (⁴ I) ³ K	13 (⁴ I) ³ I
	13234				1.01	39 (⁴ I) ³ K	27 (⁴ I) ⁵ H	12 (⁴ I) ³ I
	14303	14308.09	5	1.106	1.12	51 (⁴ I) ⁵ H	33 (⁴ I) ³ I	
	15741	15739.68	-1	1.27	1.28	67 (⁴ I) ⁵ G	16 (⁴ I) ³ H	
	17102	17085.07	-17	1.215	1.20	47 (⁴ I) ³ H	28 (⁴ I) ⁵ G	
	18593				.94	42 (² H21) ³ K	10 (⁴ I) ³ K	
	20691				1.07	23 (² H21) ³ K	20 (⁴ F) ⁵ H	11 (² H21) ³ I

J	Calc	Obs	O-C	Obs. g	Calc. g	COMPOSITION LS en %		
6	20823	20673.00	-150	1.185	1.17	61	$(^4F)^5H$	
	22442				1.03	43	$(^2H_{21})^3I$	13 $(^2H_{21})^1I$
	22788				1.21	61	$(^4F)^5G$	15 $(^2H_{21})^1I$
	24102				1.10	19	$(^4F)^3H$	17 $(^2H_{21})^3H$ 12 $(^2K)^3K$
	24748				1.05	36	$(^2H_{21})^3H$	29 $(^2K)^3K$
7	8422	8402.40	-20	.905	.92	95	$(^4I)^5L$	
	9983	10017.70	34	1.045	1.05	-94	$(^4I)^5K$	
	12913	12927.15	14	1.11	1.15	71	$(^4I)^5I$	12 $(^4I)^3I$
	13777				89	86	$(^4I)^3L$	
	14690	14722.11	33	1.16	1.13	30	$(^4I)^3I$	25 $(^4I)^5I$ 23 $(^4I)^3K$
	15331				1.14	44	$(^4I)^5H$	41 $(^4I)^3K$
	16337				1.18	42	$(^4I)^3I$	36 $(^4I)^5H$ 11 $(^4I)^3K$
	20614				1.10	38	$(^2H_{21})^3K$	20 $(^4F)^5H$ 10 $(^2G_{20})^3K$
	22033				1.18	56	$(^4F)^5H$	25 $(^2H_{21})^3K$
	23587				1.07	27	$(^2H_{21})^1K$	11 $(^2K)^1K$
	24095				1.10	45	$(^2H_{21})^3I$	12 $(^2K)^1K$
8	10182	10160.51	-21	1.035	1.04	96	$(^4I)^5L$	
	11653	11704.60	52	1.16	1.15	94	$(^4I)^5K$	
	14753	14732.11	-21	1.24	1.23	86	$(^4I)^5I$	
	16059				1.02	88	$(^4I)^3L$	
	17292				1.13	77	$(^4I)^3K$	
	23185				1.13	67	$(^2H_{21})^3K$	
9	12031				1.13	98	$(^4I)^5L$	
	13386				1.21	93	$(^4I)^5K$	
	18326				1.11	89	$(^4I)^3L$	
10	13944				1.20	99	$(^4I)^5L$	

Quelques conclusions se dégagent de cette partie théorique :

- Pour interpréter et pour prévoir les premiers niveaux d'une configuration, une étude de la sous-configuration basée sur le multiplet fondamental est suffisante : Dans les configurations construites sur le coeur $4f^4$, le mélange de termes construits sur 5I et 5F est inférieur à 2% et d'autres troncatures de $4f^4$, devront être éventuellement envisagées.
- Malgré la présence de $f^3 d^2 s$ dès 8800 k et de $f^4 sp$ dès 13672 K, le calcul a permis d'interpréter des niveaux de $f^3 ds^2$ de 6764 K à 20672 K et les interactions que l'on pouvait attendre semblent faibles.

Ces calculs, enfin, sont toujours susceptibles d'améliorations, la découverte de nouveaux niveaux conduisant à des valeurs plus précises des paramètres.

Paramètres	$4f^4(^5I, ^5F, ^5S)5d$		$4f^4(^5I, ^5F, ^5S)5d6s$		$4f^3 5d 6s^2$	
$F_2 (4f,5d)$	124,6	7.	117.6	4.6	135.1	3.4
$F_4 (4f,5d)$	5,7	1.2	6.5	Fixé	13.1	1.1
$G_1 (4f,5d)$	173,	5,	114.5	3.1	163.	3.4
$G_3 (4f,5d)$	15,7	1,8	12,6	1.0	21.5	1.2
$G_5 (4f,5d)$	1,61	0.2	1.14		2.97	.26
$G_2 (5d,6s)$			1671.	Fixé		
$G_3 (4f,5d)$			138.	Fixé		
$\zeta 4f$	774.	14.	730.	12.	881.2	7.
$\zeta 5d$	492.	47.	576.	42.	528.1	18.

Tableau IX

(les paramètres sont suivis de leur écart type)

Conclusion

Grâce à l'étude systématique des spectrogrammes Zeeman notre connaissance des spectres I et II du Néodyme a accompli de sensibles progrès, comme le montre le tableau X :

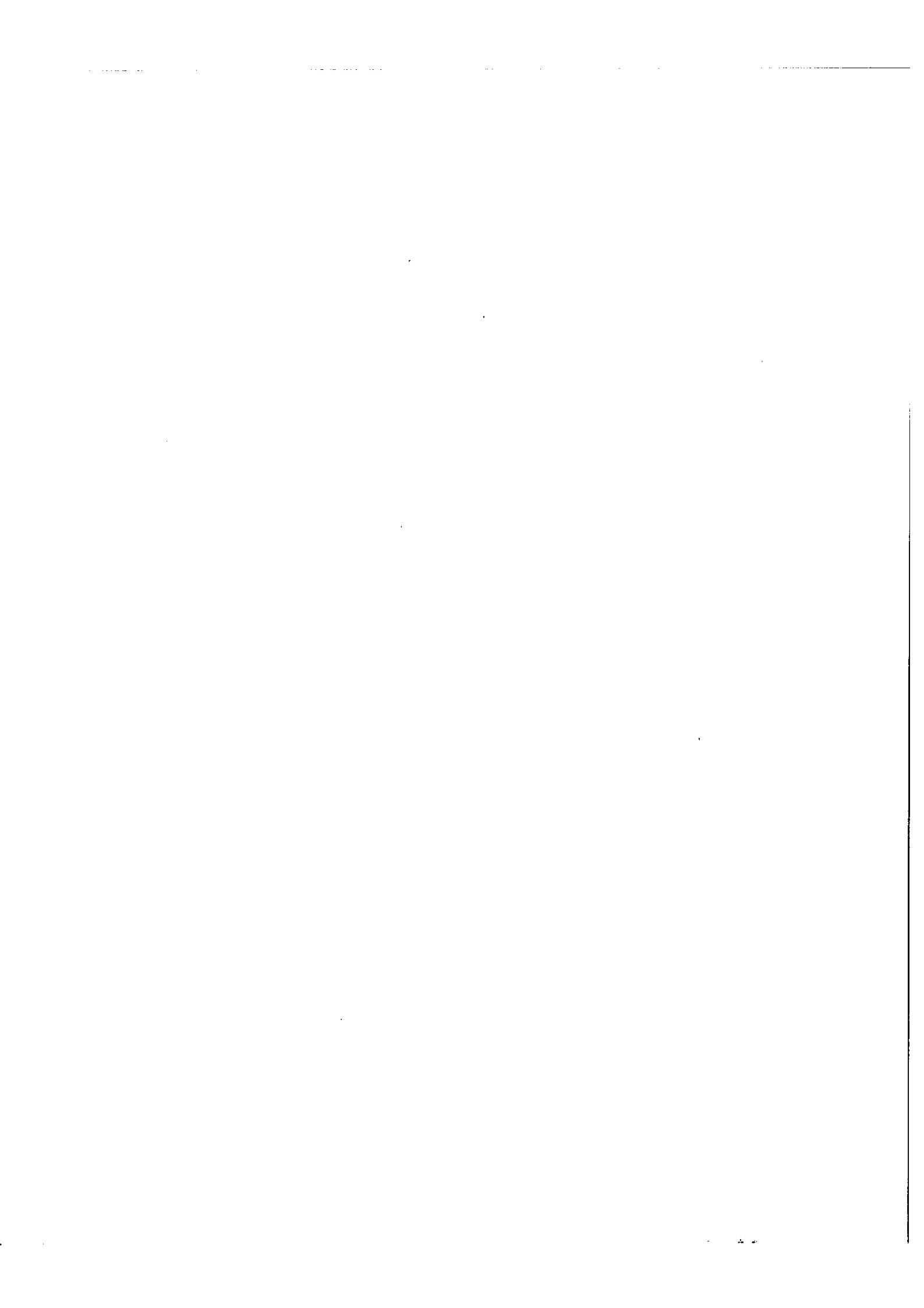
	NdI		NdII	
	Niv. pairs	Niv. impairs	Niv. pairs	Niv. impairs
Avril 1966	5	76	30	59
Janvier 1968	167	410	44	210

Entre 4661 Å et 2,5 μ , 2850 raies classées constituent 27% des transitions mesurées par R. Hoekstra et J. L. VERGES mais 69% de celles mesurées par King entre 4661 et 7001 Å, et nous pouvons dire que la majeure partie de l'énergie émise est maintenant expliquée.

Depuis 1966, où quatre configurations seulement $f^4 s^2$, $f^4 s$, $f^4 d$, $f^4 p$ étaient localisées, onze configurations nouvelles ont été trouvées et les niveaux les plus profonds sont connus pour neuf d'entre elles.

Les raies non classées à effet Zeeman bien résolu ne sont plus qu'un petit nombre dans la région 4661 Å - 1,15 μ et la recherche de niveaux pour étude de l'effet Zeeman devient de moins en moins productive dans cette région. Cependant, l'étude des structures Zeeman dans l'Ultra Violet, conduira certainement à la découverte du système Nd II B et à la liaison des systèmes Nd II A et Nd II C.

Nous avons constaté que si les niveaux des 2 ou 3 multiplets les plus profonds d'une configuration suivent approximativement la règle de Landé, il n'en va pas de même des niveaux plus élevés dont la position ne peut être prévue que par le calcul. L'étude de $f^4 d$ et de $f^3 ds^2$ a montré qu'il était d'un grand intérêt de pouvoir limiter la recherche d'un niveau à un petit domaine d'énergie. Aussi des calculs des configurations trouvées devraient ils constituer la suite rentable de ce travail. Au delà de la classification du Spectre, nous pouvons attendre de cette étude, une meilleure connaissance des couches électroniques externes de l'atome de Néodyme.



Je voudrais exprimer ma profonde gratitude à Monsieur le Professeur JACQUINOT et à Monsieur le Professeur CHABBAL qui m'ont permis de trouver au Laboratoire Aimé Cotton d'excellentes conditions de travail.

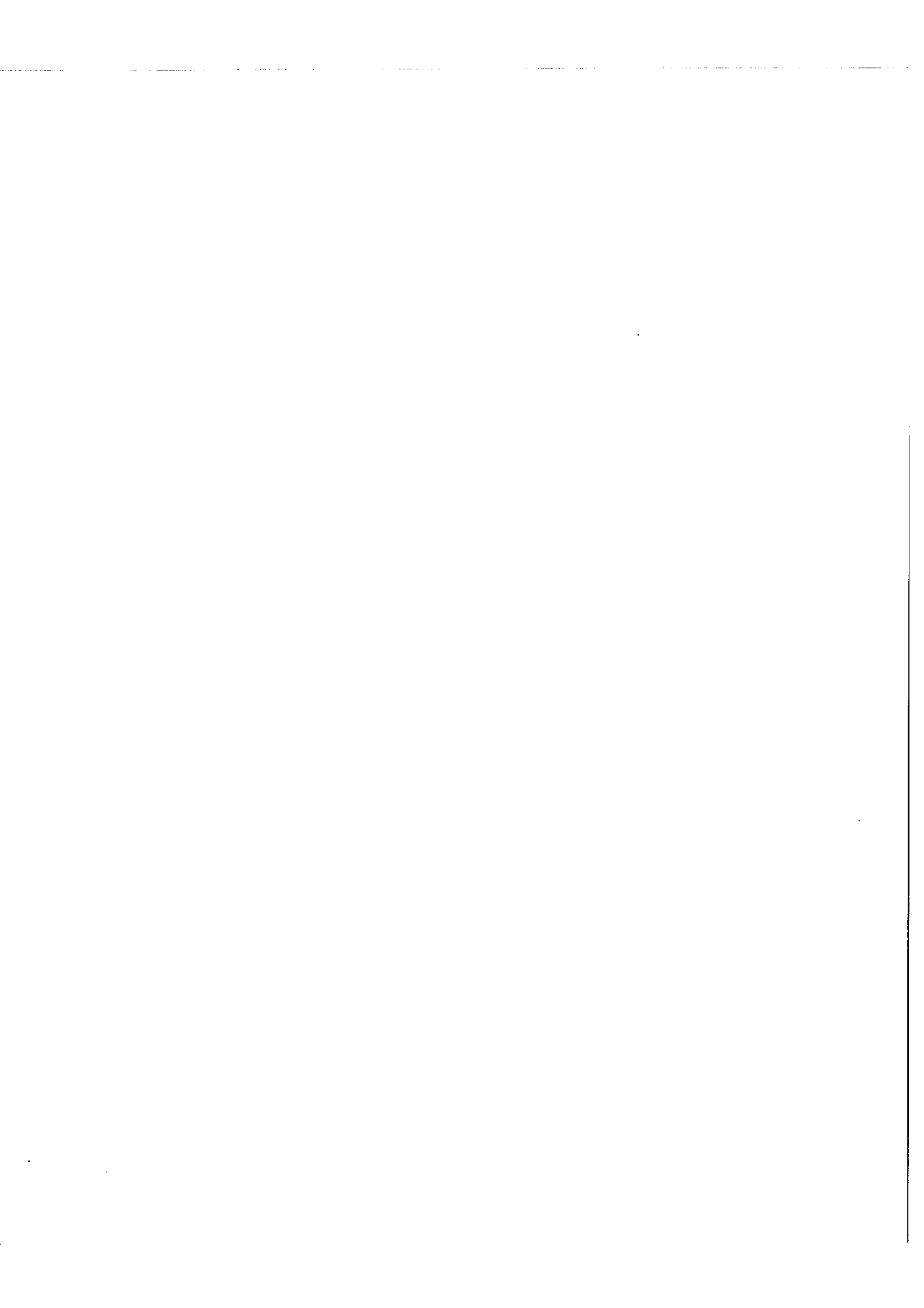
Que Monsieur J. BLAISE, Directeur de Recherche au C.N.R.S., qui a dirigé toutes les étapes de ce travail, trouve ici l'expression de toute ma reconnaissance.

Qu'il me soit permis de témoigner ma gratitude à Monsieur le Professeur COJAN, mon parrain au C.N.R.S.

Je tiens à remercier tout particulièrement le Dr M. FRED d'Argonne National Laboratory qui nous a fourni tous les spectrogrammes Zeeman utilisés au cours de ce travail ; sans les structures Zeeman observées dans le proche infrarouge, il nous aurait certainement été impossible de trouver la connexion entre les systèmes A et B du spectre d'arc du Néodyme.

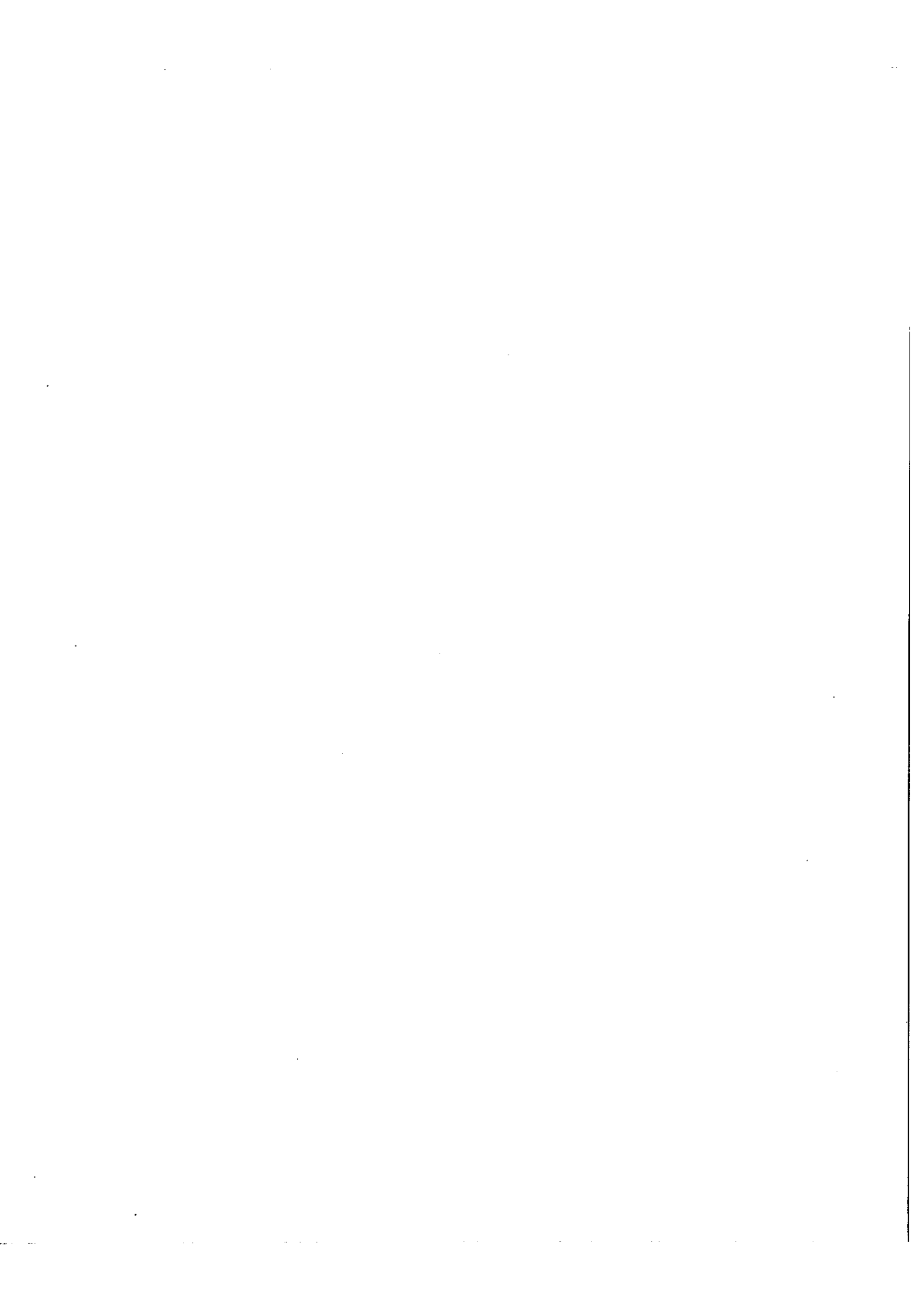
C'est dans le cadre d'une étroite collaboration avec le Zeeman Laboratorium d'Amsterdam que ce travail s'est poursuivi. Que Monsieur R. HOEKSTRA, qui a facilité notre tâche en mettant à notre disposition les résultats de ses mesures précises des longueurs d'onde du Néodyme reçoive ici le témoignage de mon amicale reconnaissance.

Mes remerciements s'adressent aussi à Y. BORDARIER dont les conseils ont été précieux dans la partie théorique, à J. L. VERGES et C. MORILLON qui, par leur description du spectre d'émission du Néodyme dans l'Infrarouge, ont facilité la progression de la classification, à Monsieur BARONNET qui a préparé d'excellents tubes sans électrodes à iodure de Néodyme, enfin à tout le personnel du laboratoire Aimé Cotton.



Bibliographie

- (1) A.S. KING, *Astrophysical Journal*, 78 (1933) 9 - 45
- (2) F.W. PAUL, *Phys. Rev.* 49 (1936) 159 -162
- (3) VAN de VLIET, Thèse Amsterdam 1939
- (4) ALBERTSON, HARRISSON and Mc NALLY, *Phys. Rev.* 61 167-174 (1942)
- (5) SCHUURMANS, *Physica* 11 (1946) 419 - 425
- (6) P. F. A. KLINKENBERG, Thèse Amsterdam (1955)
- (7) G. A. L. HASSAN, Thèse Amsterdam (1962)
- (8) P. F. A. KLINKENBERG, *Physica* XI 4 (1945) 327 - 338
- (9) G. NOLDEKE, A. STEÜDEL Z, *Phys.* 137, 632 (1954)
- (10) J. BLAISE, Thèse Paris (1957)
- (11) DONTSOV, MOROSOV, STRIGANOV, *Optique et Spectroscopie* VIII 6 (1960)
- (12) P. R. RAO et G. GLUCK, *Proc. Roy. Soc. A*, 277 pp. 540 - 548 (1964)
- (13) S. GERSTENKORN, J. M. HELBERT et R. CHABBAL, *CR* 261, 1232 - 1235 (1964)
- (14) M. DIRINGER, Thèse Paris (1964)
- (15) G. GUELACHVILI, Thèse 3e cycle Paris (1965)
- (16) Z. BEN OSMAN, Thèse 3e cycle Paris (1966)
- (17) A. CARLIER, Thèse 3e cycle Paris (1967)
- (18) ELYASHEVICH, *Spectre des terres rares (en russe)*, Ed. d'Etat Moscou, (1958)
- (19) R. HOEKSTRA, *Applied Optics* 6, 807, (1967)
- (20) P. CAMUS, Communication
- (21) G. RACAH, *Phys. Rev.* 61, 186 (1942); 62, 438 (1942); 63, 367 (1943);
76, 1352 (1949)
- (22) B. R. JUDD, "Operator Techniques in Atomic Spectroscopy" Mc Graw
Hill Book Co (1963)
- (23) FANO, PRATS, Z. GOLDSCHMIDT, *Phys. Rev.* 129 2643 (1963)
- (24) A. P. YUTSIS, I. B. LEVINSON, V. V. VANAGAS, "Mathematical Apparatus
of the Theory of Angular Momentum" Israel Program for
Scientific Translations
- (25) B. G. WYBOURNE, *Spectroscopic Properties of Rare Earths* Interscience
Publishers (J. Wiley & S.)
- (26) C. W. NIELSON et G. F. KOSTER, *Spectroscopic Coefficients for the p⁴
d⁴ and f⁴ Configuration* (M. I. T. press)



NIVEAUX PAIRS DE ND I

F4S2	SI	4	0	.600
F4S2	SI	5	1128.055	.900
F4S2	SI	6	2366.595	1.070
F4S2	SI	7	3681.690	1.180
F4S2	SI	8	5048.605	1.250
F4DS	7L	5	8475.360	.505
F4DS	7L	6	9115.095	.785
F4DS	7K	4	9814.675	.405
F4DS	7L	7	9939.700	.965
F4DS	7K	5	10376.840	.770
F4DS	5L	6	10774.925	.728
F4DS	7L	8	10898.000	1.085
F4DS	7I	3	11001.355	.270
F4DS	7K	6	11109.170	.970
F4DS	7I	4	11486.090	.750
F4DS	7K	7	11918.355	1.045
F4DS	7L	9	11959.770	1.170
F4DS	5L	7	12056.825	.985
F4DS	5K	5	12065.810	.715
F4DS	7I	5	12178.635	.963
F4DS		3	12736.935	.695
F4DS	7K	8	12902.420	1.180
F4DS	7I	6	12917.435	1.105
F4DS	7L	10	13101.415	1.225
F4DS	5K	6	13195.165	.935
F4DS	5L	8	13333.495	1.055
F4DS	7K	9	13953.580	1.245
F4DS	7L	11	14304.105	1.270
F4DS	5K	7	14327.635	1.070
F4DS	5L	9	14687.945	1.140
F4DS	7K	10	15073.195	1.270
F4DS	5L	10	16092.075	1.200
F3DSP	7M	6	20271.605	.595
F3DSP	7L	5	20486.740	.545
F3DSP	7M	7	21240.275	.830
F3DSP	7K	4	21257.300	.465
F3DSP	7L	5	21361.340	.570
F3DSP	7L	6	21388.100	.820
F4D2	7M	6	21889.595	.580
F3DSP	7K	5	21924.130	.780
F3DSP	7L	6	22121.580	.765
F3DSP	7L	7	22615.115	.845
F3DSP	7M	8	22680.890	.975
F4D2	7M	7	22705.490	.810
		6	22874.605	.900
F3DSP	7I	3	22909.965	.395
		5	23065.435	.835
		6	23108.885	.895
		5	23175.180	.785
		6	23221.900	.965
		6	23242.360	1.115
	7I	3	23248.325	.290
F3DSP	7L	7	23269.420	.905
		4	23275.335	.580
F4D2	7L	5	23281.025	.540
F3DSP	7I	4	23346.660	.740

PB
PB
PB

		5	23565.145	.760
	5I	4	23808.460	.610
		3	23866.010	.450
F4D2	7L	6	23964.055	.815
		6	24146.550	.890
F3DSP	5M	7	24217.770	.870
		4	24225.585	.875
F3DSP	7L	8	24231.185	1.065
		7	24260.020	1.010
F3DSP	7M	9	24264.880	1.065
		2	24559.615	.245
		5	24577.920	.870
F4D2	7L	7	24793.280	.965
		7	24821.140	1.060
F3D2P	7N	7	24856.260	.850
		6	24926.705	.955
		7	25026.340	1.020
		8	25046.710	1.025
		8	25189.850	1.110
		6	25207.010	.905
F3DSP	5M	8	25529.320	.990
F3DSP	5L	7	25534.240	.905
		5	25619.595	.965
		7	25623.590	1.050
		6	25674.165	.915
F4D2	7L	8	25740.120	1.090
F3D2P	7L	6	25746.355	.860
		3	25822.560	.660
		6	26014.100	1.090
		6	26027.795	1.080
		2	26288.475	.465
		6	26303.795	.990
		5	26331.290	.835
F3D2P	7N	8	26333.035	.890
		8	26425.250	1.135
		7	26515.640	1.085
		6	26668.405	1.020
	7I	4	26694.620	.805
		6	26761.860	1.200
F3D2P		7	26835.290	.860
		6	26892.475	.910
		7	26898.345	1.040
		7	27000.040	1.055
		6	27056.015	.990
		4	27222.110	.860
		7	27223.555	1.095
	5M	9	27265.470	1.040
		8	27324.315	1.040
F3D2P	7L	7	27381.715	1.005
		6	27423.545	1.025
		7	27502.515	1.087
		7	27567.900	1.000
		4	27588.370	.790
		6	27589.350	1.080
		6	27633.660	.975
		6	27679.480	1.130
		6	27711.920	.945
		6	27755.060	1.045

P8

	9	27777,440	1,085
	7	27805,305	1,020
	8	27815,295	1,015
	4	27852,680	,845
	9	27881,160	1,140
	8	27922,000	1,125
	5	27926,165	,880
F3D2P 7N	9	27961,155	,975
	5	27988,715	1,000
F4S7S 7I	3	28027,370	,345
	6	28040,660	,840
	5	28086,765	,860
	7	28105,725	1,045
	5	28160,185	,895
	5	28220,245	,895
F4S7S 7I	4	28229,190	,710
	7	28354,460	1,060
	6	28356,835	,980
	7	28412,215	,995
	4	28438,655	,880
	8	28440,180	,935
F4S7S 7I	5	28578,985	,945
	4	28695,385	1,085
	5	28731,130	,870
	6	28758,685	1,020
	8	28839,255	1,070
	5	28885,710	,825
	7	28933,965	,945
	6	28950,750	,735
F3D2P 7M	8	29059,980	,950
	6	29280,610	,720
	5	29310,090	,870
	9	29364,985	1,055
F3D2P 7L	8	29391,635	1,130
	5	29493,830	,830
	9	29494,745	1,100
	7	30011,560	1,055
	5	30147,990	,950
	8	30319,585	1,165
	6	30405,210	1,035
	3	30475,130	,685
	5	31129,635	1,00
7K	4	31183,010	,520
	7	31381,805	1,055
	7	31524,115	,980
	5	31555,650	,735
	7	31801,080	,955
	7	32983,770	1,00
	6	33634,075	,925

PB

NIVEAUX IMPAIRS DE ND I			
F3DS2 5L	6	6764,145	,715
F3DS2 5K	5	6853,930	,675
F3DS2 5L	7	8402,400	,905
F3DS2 5K	6	8411,825	,905
F3D2S 7M	6	8800,325	,580
F3DS2 5I	4	9083,750	,615
F3D2S 7M	7	9692,205	,805
F3DS2 5H	3	9927,370	,570

F3DS2	5I	5	10004,525	.880
F3DS2	5K	7	10017,700	1,045
F3DS2	5L	8	10160,510	1,035
F3DS2	5H	4	10672,510	.855
F3D2S	7M	8	10784,845	.960
F3DS2	5I	5	10918,680	.900
F3D2S	7L	5	11108,725	.510
F3DS2	3I	6	11178,975	1,035
F3D2S	7K	4	11360,725	.410
F3DS2	5G	3	11375,710	.820
F3DS2	5K	8	11704,600	1,160
F3D2S	7L	6	11812,715	.790
F3D2S	7M	9	11887,640	1,085
F3DS2		4	11992,390	.960
F3D2S	7K	5	12009,210	.775
F3D2S	7I	3	12369,485	.300
F3DS2	5H	5	12394,215	1,038
F3DS2	5I	6	12505,640	1,020
F3D2S	7L	7	12731,725	.920
F3D2S	7K	6	12836,935	.985
F3D2S	7I	4	12878,495	.775
F3DS2	5I	7	12927,150	1,110
F3DS2	5G	4	13116,870	.990
F3D2S	7H	2	13621,785	.030
F3DS2	3G	3	13630,360	.775
F3D2S	7I	5	13641,835	1,000
F4SP	7K	4	13672,850	.440
F3D2S	7H	3	13733,505	.670
F3D2S	7K	7	13799,710	1,090
F3DS2	5G	5	13896,360	1,170
		4	13982,690	.930
F3DS2	5H	6	14308,090	1,106
F4SP	7K	5	14312,010	.780
F4SP	7I	3	14438,830	.390
		5	14677,870	1,090
F3DS2	3I	7	14722,115	1,160
F3DS2	5I	8	14732,260	1,240
		5	14797,100	.760
F4SP	7I	4	14801,930	.825
F3D2S	7K	8	14931,230	1,180
F3DS2	3H	5	15113,950	1,110
F4SP	7K	6	15220,805	.985
F4SP	7H	2	15382,285	.03
F3DS2		7	15396,590	1,165
F4SP	7H	3	15484,690	.640
F4SP		5	15522,915	.855
F3D2S	7H	6	15598,125	1,210
F4SP	5I	4	15599,980	.630
F4SP	5K	5	15625,975	.850
F4SP		4	15718,730	.755
F3DS2	5G	6	15739,680	1,270
		6	15780,355	.945
F4SP	7H	4	15863,060	1,020
		3,4	15898,900	.600
		5	16028,055	.915
		4	16059,185	.713
		6	16128,340	.950
		5	16163,800	.925

PB

F3DS2	3G	4	16209.840	1.055
F4SP	7K	7	16282.830	1.110
F3DS2	5H	7	16387.520	1.175
F3DS2	7H	7	16746.945	1.265
		5	16757.035	1.035
F4SP	5K	6	16796.760	.955
		5	16844.835	1.015
		7	16845.385	1.120
		3	16979.350	.520
		4	17032.145	1.020
F3DS2	3H	6	17085.070	1.215
		6	17237.450	1.070
		7	17289.640	1.070
		4	17319.750	.865
		5	17387.530	.735
F4SP	7K	8	17440.300	1.190
		4	17652.845	.755
F3DS2	5H	3	17786.970	.600
		4	17790.020	.920
		5	17790.615	1.005
F4SP	7I	7	17837.470	1.150
		8	17973.275	1.200
		3	17976.885	.900
		5	18029.775	.970
		5	18067.940	.920
F3DS2	3G	5	18133.495	1.190
		6	18171.800	1.080
		6	18249.265	.945
		5	18249.780	1.010
		7	18256.800	.955
		5	18304.425	.845
		4	18435.985	1.075
		3	18589.895	.660
		5	18627.290	.945
F4SP	7K	9	18709.820	1.230
		5	18732.535	.940
F3DS2	5H	4	18741.330	.930
		6	19152.085	.930
		4	19209.260	.990
		9	19218.140	1.270
		5	19226.445	.925
		6	19281.070	1.055
		6	19428.540	1.040
		4	19590.230	.785
		5	19648.005	1.070
		7	19746.175	1.090
		4	19769.505	.920
F3DS2	5H	5	19815.980	1.110
F4SP	7K	10	19934.485	1.285
		4	19956.810	.910
		6	19994.720	.920
		4	20046.650	.900
		6	20118.990	1.015
		5	20176.890	.960
		3	20281.930	.895
F4SP	5K	5	20300.870	.775
F4SP	52	4	20360.645	.735
		6	20432.380	1.040

PB

PB

	4	20478.935	.895	
	5	20541.825	.990	
	7	20583.870	1.070	
F3DS2	5H	3	20594.915	.910
	6	20673.005	1.185	
	6	20703.095	1.035	
	5	20827.655	.985	
	6	20839.140	.940	
	4	20859.535	1.080	
	6	20918.040	.840	
F4SP	5I	5	20963.070	1.000
	5	21005.415	.960	
	4	21009.110	1.280	
	7	21025.495	1.235	
	4	21184.855	.920	
	3	21227.530	1.032	
	5	21271.495	1.040	
	7	21285.940	1.050	
	6	21314.220	1.050	
	4	21314.425	.985	
	6	21345.555	.975	
	4	21345.820	.880	
	7	21411.490	1.067	
F4SP	5K	4	21488.300	.910
	6	21543.315	.900	
	5	21558.760	.835	
F4SP	5H	3	21572.570	.650
	7	21640.010	.980	
	6	21718.310	.960	
	5	21726.740	1.000	
	4	21758.260	.735	
	6	21797.870	.990	
	4	21926.885	.860	
	3	21951.860	1.070	
	4	22010.320	.815	
	7	22041.530	1.020	
	6	22049.705	1.030	
	4	22076.625	1.035	
	6	22123.890	1.170	
	5	22128.595	1.060	
	5	22192.290	1.090	
	3	22222.190	1.245	
	3	22228.940	.705	
	5	22241.910	.770	
	5	22255.835	1.030	
	6	22303.020	1.080	
	7	22320.265	1.128	
	5	22367.250	1.085	
	4	22471.200	.995	
	7	22482.725	1.120	
	3	22490.980	.830	
	5	22530.350	.850	
	6	22560.030	1.135	
	5	22605.635	1.000	
	3	22631.460	1.130	
	4	22677.770	.885	
	5	22736.650	1.070	
	6	22738.815	.985	

F4SP	5K	7	22761.440	1.035
		4	22814.570	.975
		5	22814.860	.755
		6	22870.67	1.164
		3	22929.940	.765
		7	22938.730	1.065
		3	22956.485	.990
		4	23016.510	.810
		6	23040.535	1.075
		5	23049.740	1.060
		4	23088.680	1.250
		5	23198.130	1.085
		3	23217.925	1.060
		5	23241.875	.775
		6	23283.645	1.040
		6	23324.230	1.070
		6	23350.750	.875
		5	23433.840	.965
		4	23438.425	.885
		8	23474.010	1.123
		3	23487.065	.685
		6	23496.000	.930
		7	23517.745	1.052

F4DP	7M	6	23553.860	.730
		4	23562.750	.940
		5	23573.040	1.080
		6	23578.360	.985
		8	23652.685	1.128
		7	23744.785	1.040
		5	23801.440	1.065
		5	23829.490	1.165
		4	23845.810	1.175
		7	23876.910	1.075
		4	23953.365	.830
		6	23985.770	1.095
		7	23991.045	1.225
		6	23996.490	1.045
		4	24001.050	1.115
		4	24070.190	.825
		8	24077.720	1.070

F4SP	5K	8	24121.435	1.135
		8	24168.645	1.100
		7	24212.895	1.060
		4	24247.395	.680
		7	24270.725	.990
		7	24291.850	1.070
		5	24364.420	1.090
		4	24479.470	.835

F4DP	7M	7	24529.415	.820
		5	24582.145	.820
		5	24586.240	.860
		6	24589.965	1.010
		4	24606.110	.840
		4	24674.555	1.060
		8	24688.275	1.155
		6	24702.570	1.135
		7	24729.565	1.150
		5	24745.785	1.185

PB
PB

		6	24751.040	.925	
		8	24773.380	1.145	
		5	24868.790	.960	
F4DP	7L	5	24934.490	.625	
		9	24935.080	1.150	
		7	24968.490	1.145	
		6	24984.175	1.210	
		7	25063.720	1.100	
		5	25074.780	1.020	
		6	25114.795	1.255	
		9	25141.545	1.120	
		3	25164.385	1.050	
		8	25190.770	1.195	
		6	25196.450	1.120	
		8	25280.940	1.115	
		3	25282.310	1.360	
		7	25349.530	1.210	
		6	25354.525	.940	PB
		8	25382.900	1.140	
		6	25422.195	.910	
		4	25448.075	1.175	
		4	25476.535	.915	PB
		6	25478.130	1.085	
		3	25499.930	.825	
		7	25503.970	1.115	
		8	25513.730	1.140	
F4SP	5K	9	25518.705	1.220	
		3	25545.040	.710	
		5	25555.230	.985	
		7	25596.540	1.095	
F4DP	7M	8	25596.950	.975	
		6	25609.370	.895	PB
		4	25621.120	1.175	PB
		4	25640.880	1.120	PB
		3	25642.400	.900	
		6	25662.060	1.190	
		6	25750.885	1.200	
		3	25787.680	.900	
		4	25791.095	.920	
		7	25849.325	1.085	
F4DP	7L	5	25864.310	.750	
		7	25885.715	.965	
F4DP	7L	6	25918.240	.825	
		5	25924.460	1.050	
		5	26029.080	1.035	PB
		3	26060.720	1.360	
		5	26072.310	.855	PB
		3	26096.120	1.000	
		7	26154.960	.950	
		3	26162.810	1.180	
		4	26232.250	1.025	
		7	26326.960	1.250	
		5	26345.230	1.100	
		3	26345.505	1.025	
		7	26394.665	1.080	
		3	26394.960	1.060	
		4	26449.255	.870	
		3	26462.910	.865	

		5	26484,160	1,035	
		9	26510,920	1,165	
		6	26511,015	1,040	
		4	26603,510	.935	
F4DP	7L	7	26611,605	.960	PB
		3	26612,385	1,120	
		7	26634,850	1,125	PB
		4	26662,415	1,000	
		4	26683,790	1,130	
		6	26695,655	1,040	
F4DP	7M	9	26740,280	1,080	
		8	26763,645	1,210	
		4	26770,540	1,200	
		8	26782,925	1,118	
F4DP	7L	6	26842,130	.815	
F4DP	5M	7	26878,110	.805	
		6	26907,980	1,125	
F4DP	7K	4	26962,970	.545	
		7	27023,300	.995	
		8	27044,345	1,015	
		7	27085,405	1,175	
		4	27144,085	.965	
		4	27230,450	1,125	
		3	27258,320	.720	
F4DP	7L	8	27328,390	.945	
		4	27328,790	.570	
		3	27329,690	.995	
		6	27391,160	.905	
		2	27435,695	.910	
		5	27474,555	1,080	
		4	27489,800	1,085	
		7	27504,045	1,125	
		5	27523,700	.970	
		3	27582,265	.945	
		3	27620,935	.810	
F4DP	7K	5	27691,315	.890	
		3	27694,570	1,060	
		7	27714,485	1,110	
		4	27716,710	.890	PB
		4	27780,425	1,030	
F4DP	7L	7	27785,805	.980	
		6	27831,090	1,035	
		10	27835,820	1,200	
		4	27860,485	1,125	
F4DP	7K	4	27880,745	.505	
		5	27902,560	1,040	
		6	27913,670	.910	
F4DP	5M	8	27961,340	.995	
F4DP	7M	10	27970,520	1,170	
		4	27989,990	.930	
		3	27998,195	.915	
		5	28000,140	.915	
		4	28058,160	.795	
		4	28062,500	.590	
F4DP	5L	8	28160,685	1,032	
		4	28210,665	1,010	
		4	28241,160	1,020	
		5	28280,570	1,070	

		6	28309.195	1.000
		3	28311.260	.800
F4DP	7L	9	28344.035	1.075
		8	28426.740	.945
F4DP	7K	5	28514.215	.858
		7	28527.730	1.065
		5	28531.430	1.115
		8	28589.850	1.175
		6	28602.750	1.100
		5	28661.685	.960
		6	28680.370	1.040
		5	28722.840	.895
		3	28759.995	.935
		9	28781.120	1.215
		8	28787.125	1.175
F4DP	7L	8	28821.585	1.100
		3	28825.465	1.090
		5	28843.980	1.100
		6	28946.035	1.208
		7	28947.445	1.090
		9	29060.970	1.015
F4DP	7M	11	29165.320	1.205
F4DP	7K	6	29177.590	.960
F4DP	5M	9	29309.910	1.025
		4	29319.955	.910
		10	29340.570	1.217
F4DP	5L	9	29383.145	1.115
		6	29387.655	1.005
F4DP	7L	10	29581.920	1.190
F4DP	7K	7	29606.680	1.073
		8	29754.915	1.135
		9	29764.810	1.185
		10	29826.315	1.020
F4DP	7L	9	29886.560	1.160
		9	29956.145	1.138
		5	30169.670	1.025
		4	30202.410	1.020
		10	30295.030	1.243
F4DP	5M	10	30476.675	1.170
F4DP	7M	12	30484.580	1.250
		4	30494.265	1.030
F4DP	5L	10	30608.655	1.183
F4DP	7L	11	30874.200	1.230
F4DP	7L	10	30993.185	1.225
		10	31260.190	1.245
		8	31412.130	1.065
F4DP	5M	11	31637.090	1.205
		11	31666.660	1.107
F4DP	7L	11	32107.520	1.270

NIVEAUX PAIRS DE ND II

F4S	6I	7/2	0	.445
F4S	6I	9/2	513.330	.805
F4S	6I	11/2	1470.100	1.025
F4S	4I	9/2	1650.210	.755
F4S	6I	13/2	2585.460	1.150
F4S	4I	11/2	3066.760	.980
F4S	6I	15/2	3801.935	1.235
F4D	6L	11/2	4437.570	.620
F4S	4I	13/2	4512.500	1.120
F4S	6I	17/2	5085.650	1.295
F4D	6L	13/2	5487.670	.850
F4S	4I	15/2	5985.600	1.200
F4D	6K	9/2	6005.280	.550
F4D	6L	15/2	6637.420	1.005
F4D	6K	11/2	6931.810	.840
F4D	6I	7/2	7524.740	.480
F4D	6L	17/2	7868.910	1.110
F4D	6K	13/2	7950.090	1.015
F4D	6I	9/2	8420.335	.840
F4D	6G	3/2	8716.455	.01
F4D	6G	5/2	8796.390	.755
F4D	6K	15/2	9042.750	1.130
F4D	6L	19/2	9166.195	1.180
F4D	6G	7/2	9198.400	.925
F4D	6I	11/2	9357.925	1.035
F4D	6H	5/2	9674.840	.455
F4D	6G	9/2	9877.175	1.095
F4D	6H	7/2	9908.650	.850
F4D	6K	17/2	10194.800	1.200
F4D	6I	13/2	10337.105	1.150
F4D	6L	21/2	10516.775	1.240
F4D	4H	7/2	10666.780	.845
F4D	6H	9/2	10883.265	1.140
F4D	4G	5/2	10887.250	.520
F4D	6G	11/2	10942.010	1.230
F4D	6I	15/2	11373.490	1.230
F4D	6K	19/2	11392.100	1.250
F4D	4L	13/2	11580.875	.805
F4D	4H	9/2	11709.600	1.050
F4D	6H	11/2	12021.350	1.157
F4D	6G	13/2	12334.230	1.325
F4D	6I	17/2	12459.995	1.280
F4D	4L	15/2	12906.575	.970
F4D	4I	9/2	13246.155	.815

NIVEAUX IMPAIRS DE ND II

F3DS	6K	9/2	11310.32	.585
		7/2	12232.71	.520
F3DS	6K	11/2	12491.30	.840
		7/2	12861.40	.470
		9/2	13063.67	.805
F3DS	6K	13/2	13615.185	1.010
		9/2	13886.99	.775
		11/2	14097.69	1.015
		5/2	13804.23	.36
		7/2	14328.28	.810
		5/2	14487.855	.320

		9/2	14843.56	.863
F3DS	6K	15/2	14894.20	1.110
		9/2	15013.22	.95
		11/2	15139.63	1.00
		13/2	15299.685	1.095
		7/2	15345.880	.823
		9/2	15492.765	.975
		7/2	15777.405	1.010
		7/2	16144.63	.855
		9/2	16192.785	1.090
		11/2	16237.075	.925
F3DS	6K	17/2	16325.60	1.19
F3D2	6K	9/2	16374.10	.622
		11/2	16490.95	1.105
		9/2	16565.545	.885
		13/2	16570.79	1.15
		15/2	16700.025	1.21
		11/2	16817.260	.868
		7/2	17201.305	.825
		9/2	17356.855	1.045
		13/2	17465.34	1.045
F3D2	6K	11/2	17606.01	.855
		11/2	17848.005	1.23
F3DS	6K	19/2	17888.700	1.23
		13/2	18007.93	1.205
		7/2	18120.915	1.075
		17/2	18171.375	1.260
		11/2	18362.255	1.175
F3D2	6K	13/2	18757.13	1.030
		7/2	19026.06	.975
		13/2	19113.635	1.085
		15/2	19232.240	1.230
		9/2	19698.635	1.145
		11/2	19703.040	.965
F3D2	6K	15/2	20297.77	1.152
	4I	9/2	20672.600	.780
	4H	7/2	20830.045	.690
	4K	11/2	20907.365	.890
		9/2	21050.620	1.070
	6H	5/2	21241.095	.310
		7/2	21291.770	.825
		7/2	21411.255	.895
		11/2	21506.56	1.080
F3D2	6K	17/2	21729.555	1.195
		13/2	21870.570	1.095
		7/2	21871.525	.630
		9/2	21918.060	.940
		9/2	22187.64	.980
		11/2	22212.755	1.195
		9/2	22358.080	1.08
		7/2	22389.860	.755
		9/2	22455.615	1.00
	4K	13/2	22578.19	.995
		9/2	22663.730	.870
		11/2	22696.880	.965
		7/2	22850.560	.755
		11/2	23159.955	1.065
		9/2	23171.115	1.08

		7/2	23197.775	1.015
F4P	6K	9/2	23229.975	.780
F3D2	6K	19/2	23292.475	1.240
		11/2	23378.315	1.035
		7/2	23397.375	.845
		9/2	23409.520	1.010
		11/2	23458.920	1.030
		9/2	23537.385	.945
		7/2	23636.770	1.130
		15/2	23737.485	1.060
		9/2	23771.090	1.010
		13/2	23802.220	1.075
		11/2	23857.265	1.010
		13/2	23991.415	1.070
		9/2	24053.365	.965
		11/2	24134.070	1.020
		13/2	24243.245	1.165
		13/2	24255.325	1.123
		7/2	24315.990	1.140
		9/2	24321.240	.900
F4P		13/2	24418.720	1.130
	6K	11/2	24445.380	.915
		7/2	24468.025	.945
	4K	15/2	24547.465	1.120
		9/2	24569.795	1.185
		13/2	24721.060	1.050
		9/2	24797.400	.975
		11/2	24842.875	.975
		7/2	24913.855	.860
		11/2	25014.915	1.120
		7/2	25044.675	.820
		11/2	25080.865	.990
		15/2	25120.350	1.165
		7/2	25138.560	1.200
		9/2	25190.440	1.150
		11/2	25200.910	1.135
		15/2	25235.700	1.110
		17/2	25286.055	1.185
		7/2	25295.290	1.035
		11/2	25352.385	1.150
		15/2	25353.630	1.190
		9/2	25389.210	1.030
		11/2	25481.265	1.025
F4P	6K	13/2	25524.480	1.030
		11/2	25561.185	1.36
		7/2	25648.96	1.23
		17/2	25678.405	1.135
		5/2	25745.015	1.200
		9/2	25771.505	.985
		11/2	25873.270	1.175
		5/2	25876.520	.655
		9/2	25877.160	.950
		15/2	26031.480	1.140
		5/2	26041.195	.940
		15/2	26055.160	1.157
		9/2	26108.330	1.055
		5/2	26115.980	1.25
		11/2	26182.480	1.020

	7/2	26206.810	.925	
	13/2	26210.750	1.105	
	9/2	26227.095	1.050	
	11/2	26274.105	1.025	
	7/2	26292.515	1.215	
	13/2	26328.000	1.083	
	7/2	26369.065	1.285	
	9/2	26380.735	1.035	
	7/2	26422.560	1.230	
	11/2	26455.185	1.090	
	13/2	26489.150	1.150	
	9/2	26500.390	1.085	
	7/2	26640.060	.970	
	9/2	26670.590	1.155	
	7/2	26701.985	1.29	
	13/2	26738.795	1.09	
	9/2	26759.230	1.025	
	11/2	26761.120	1.130	
6I	11/2	26772.110	1.020	
	7/2	26793.315	1.095	
	7/2	26907.515	1.46	
F4P	6K	15/2	26912.775	1.130
		9/2	26926.990	.990
		11/2	26991.890	1.200
		9/2	27014.245	1.105
		9/2	27069.995	1.095
		13/2	27146.565	1.225
		9/2	27179.605	.915
		9/2	27233.480	1.130
		11/2	27245.445	.955
		13/2	27308.945	1.090
		11/2	27352.290	1.035
		9/2	27425.000	1.170
		7/2	27444.510	1.07
		15/2	27445.870	1.110
		13/2	27448.720	1.135
		11/2	27518.390	1.020
		9/2	27536.540	1.325
		9/2	27553.475	1.125
		15/2	27611.720	1.100
		5/2	27614.985	.730
		7/2	27638.640	1.150
		7/2	27694.565	.725
		13/2	27721.420	1.175
		13/2	27744.200	1.080
		11/2	27781.760	1.130
		11/2	27798.540	1.065
		7/2	27805.370	.970
		15/2	27816.830	1.160
		9/2	27921.320	1.035
		9/2	27934.525	1.070
		13/2	28089.475	1.025
		9/2	28170.410	1.025
		13/2	28196.160	1.070
		7/2	28213.830	.720
		11/2	28285.625	1.085
		9/2	28340.535	1.060
		13/2	28354.400	1.135

F4P	6K	17/2	28418.960	1.200	
		15/2	28540.960	1.145	
		11/2	28582.575	1.180	P8
		11/2	28597.500	1.140	P8
		15/2	28729.680	1.130	
		17/2	28748.535	1.120	
		15/2	28856.890	1.160	
		11/2	28860.140	1.110	
		13/2	28899.070	1.040	
		17/2	29027.550	1.200	
		13/2	29088.685	1.126	
		15/2	29260.730	1.223	
		11/2	29336.650	1.020	
		13/2	29434.260	1.220	
		13/2	29701.545	1.138	
		15/2	29955.450	1.120	
F4P	6K	19/2	30002.320	1.260	
		5/2	30037.075	.800	
		17/2	30246.770	1.220	
		15/2	30405.600	1.120	
		7/2	30453.240	.990	
		15/2	30707.230	1.205	
		13/2	31256.815	1.134	
		15/2	31362.140	1.020	

STRUCTURES ZEEMAN INFRAROUGES MESUREES PAR J.L. VERGES *

I			NIV.	SUP.	NIV.	INF.	EFFET ZEEMAN (VOIR P.9)		
5	2172572	4601851					665	452	SO
5	2124822	4704992					965	144	SO
5	2109102	4740049	ND1	16796	60	12056 70	955 60	985 70	
6	2105584	4747960	ND1	15522	50	10774 60	845 50	725 60	
6	2101910	4756279	ND1	18709	90	13953 90	1230 90	1245 90	
5	2100648	4759138					688	583	SO
6	2057600	4858705					803	078	SI
6	2056497	4861319	ND1	19934	100	15073 100	1290 100	1270 100	
5	2054765	4866566					1163	191	SI
6	2049272	4878464	ND1	16796	60	11918 70	955 60	1045 70	
5	2039742	4902608					1443	241	SI
5	2025773	4935059	ND1	17837	70	12902 80	1150 70	1180 80	
5	1923669	5196860	ND1	14312	50	9115 60	780 50	785 60	
5	1923488	5197483	ND1	13672	40	8475 50	445 40	505 50	
7	1893039	5281103	ND1	15220	60	9939 70	985 60	965 70	
7	1856572	5384845	ND1	16282	70	10898 80	1110 70	1085 80	
7	1824140	5480542	ND1	17440	80	11959 90	1190 80	1170 90	
7	1782543	5608459	ND1	18709	90	13101 100	1230 90	1225 100	
7	1775597	5630406	ND1	19934	100	14304 110	1285 100	1270 110	
5	1637375	6105685	ND1	15220	60	9115 60	985 60	785 60	
5	1630387	6131852	ND2	13063	45	6931 55	805 45	840 55	
5	1626212	6147591	ND2	14097	55	7950 65	1015 55	1015 65	
5	1605373	6227386	ND2	12232	35	6005 45	520 35	550 45	
5	1597802	6256899	ND2	15299	65	9042 75	1095 65	1130 75	
5	1580216	6326501	ND1	14801	40	8475 50	825 40	505 50	
5	1576093	6343094	ND1	16282	70	9939 70	1110 70	965 70	
5	1536826	6505161	ND2	16700	75	10194 85	1210 75	1200 85	
7	1535483	651081	ND1	15625	50	9115 60	840 50	780 60	
5	1528102	6542295	ND1	17440	80	10898 80	1185 80	1085 80	
5	1487980	6718680					506	552	SO
6	1466572	6816755					1001		T
6	1461734	6839319					876	122	S
6	1458610	6853944	ND1	6853	50	0 40	685 50	600 40	
5	1458155	6856108	ND2	12861	35	6005 45	490 35	560 45	
7	1372563	7283630	ND1	8411	60	1128 50	905 60	900 50	
6	1366513	7315898					1203		T
5	1334298	7492530					943	150	S

I				NIV. SUP.		NIV. INF.	EFFET ZEEMAN (VOIR P.9)					
7	1126265	8876475	ND1	10004	50	1128	50	880	50	900	50	
5	1105207	9045635	ND1	21924	50	12878	40	780	50	775	40	
7	1110565	908375	ND1	9083	40	0	40	612	40	600	40	
7	1081319	924543	ND1	12927	70	3681	70	1110	70	1180	70	
5	1066039	937795	ND1	20486	50	11108	50	545	50	510	50	
5	1065928	9378935	ND1	21388	60	12009	50	820	60	775	50	
5	1060433	942752	ND1	21240	70	11812	60	830	70	790	60	
7	1047438	954449	ND1	10672	40	1128	50	865	40	900	50	
5	1044067	9575303	ND1	21388	60	11812	60	820	60	790	60	
7	1032393	968357	ND1	14732	80	5048	80	1235	80	1250	80	
7	1021102	979066	ND1	10918	50	1128	50	895	50	900	50	
2	1010173	989658	ND1	21257	40	11360	40	465	40	410	40	
2	1008293	991503	ND1	21924	50	12009	50	780	50	775	50	
5	1007040	992737	ND1	9927	30	0	40	560	30	600	40	
2	999265	1000457	ND1	10004	50	0	40	880	50	600	40	
4	996965	1002769	ND1	12394	50	2366	60	1035	50	1070	60	
2	995979	1003762						750		410		S
3	994657	1005096	ND1	11178	60	1128	50	1030	60	900	50	
4	986014	1013906	ND1	12505	60	2366	60	1020	60	1070	60	
1	985650	1014281	ND1	22874	60	12731	70	900	60	920	70	
2	984856	1015099						1080		240		S
2	977648	1022583						980		210		S
3	975093	1025262	ND1	21361	50	11108	50	565	50	510	50	
3	969773	1030886	ND1	22121	60	11812	60	765	60	790	60	
3	964176	1036871	ND2	16374	45	6005	45	622	45	550	45	
2	960823	1040489						1190		150		S
3	954811	1047041	ND1	12836	60	2366	60	975	60	1070	60	
4	946656	1056060	ND1	12927	70	2366	60	1110	70	1070	60	
2	945800	1057016						1270		150		SI
5	940794	1062641	ND1	14308	60	3681	70	1106	60	1180	70	
2	936573	1067430						845		080		S
2	927316	1078085	ND1	21889	60	11108	50	580	60	510	50	
2	925069	1080704	ND2	18757	65	7950	65	1030	65	1010	65	
3	922165	1084107	ND2	12491	55	1650	45	840	55	750	45	
3	920194	1086429	ND1	11992	40	1128	50	955	40	900	50	
2	918962	1087886	ND1	23248	30	12369	30	290	30	300	30	
2	918780	1088115	ND1	12009	50	1128	50	775	50	900	50	
2	917791	1089274	ND1	22705	70	11812	60	810	70	790	60	
3	915605	1091875	ND1	10918	50	0	40	900	50	600	40	
3	905510	1104047	ND1	14722	70	3681	70	1160	70	1180	70	
2	896200	1115516	ND2	20380	75	9674	25	690	35	455	25	
2	893749	1118575	ND1	20300	50	9115	60	775	50	785	60	
2	893625	1118731						1210		150		SI
2	892878	1119666						1180				T
2	892237	1120471	ND2	21871	35	10666	35	630	35	845	35	
1	889440	1123994	ND2	16325	85	5085	85	1210	85	1295	85	
2	888681	1124954						1200				T
2	888519	1125160	ND1	21924	50	10672	40	780	50	870	40	
1	888396	1125315						1080				T
2	888249	1125502	ND2	20297	75	9042	75	1152	75	1130	75	
1	887370	1126616	ND1	12394	50	1128	50	1038	50	900	50	
2	885763	1128660						500		330		SO
2	884373	1130434						1000		150		SO
6	883910	1131027	ND2	11310	45	0	35	585	45	445	35	
2	882375	1132994	ND1	21257	40	9927	30	470	40	560	30	
2	882127	1133313						1040				T

2	881786	1133751							920	120	SI		
3	881678	1133889	ND1	16387	70	5048	80		1180	70	1250	80	
3	879978	1136080	ND1	11360	40		0	40	415	40	600	40	
2	879908	1136171							1230			T	
1	879852	1136243	ND1	23175	50	11812	60		785	50	790	60	
3	878823	1137573	ND1	11375	30		0	40	815	30	600	40	
3	878678	1137761	ND1	12505	60	1128	50		1015	60	900	50	
1	878386	1138139	ND1	21758	40	10376	50		735	40	775	50	
2	878219	1138356	ND1	21388	60	10004	50		820	60	880	50	
2	876722	1140299	ND1	20486	50	9083	40		545	50	615	40	
1	875832	1141458	ND2	21291	35	9877	45		835	35	1095	45	
2	874411	1143313	ND1	13799	70	2366	60		1090	70	1070	60	
1	874184	1143610	ND1	22615	70	11178	60		845	70	1035	60	
1	871755	1146797	ND2	23802	65	12334	65		1065	65	1325	65	
2	871729	1146831	ND1	32381	50	11812	60		545	50	790	60	
4	871503	1147128	ND1	20271	60	8800	60		600	60	585	60	
108	5	87128186	11474191	ND2	206726	45	91984	35	-4	795	45	920	35
31	0	87038278	11486043	ND1	242178	70	127317	70	14	870	70	920	70
14	1	87005376	11490387						0	20	1400	20	
15	0	86959148	11496495	ND1	238660	30	123695	30	26	460	30	300	30
91	5	86912909	11502611	ND2	223899	35	108872	25	-2	760	35	520	25
25	0	86778951	11520368						585	40	900	40	
42	2	86775060	11520884						1250		060	SI	
201	5	86708122	11529778	ND1	138964	50	23666	60	-2	1185	50	1070	60
143	5	86670672	11534760	ND2	21729	85	10194	85		1200	85	1195	85
274	5	86570959	11548046	ND1	212403	70	96922	70	-2	830	70	805	70
122	3	86434285	11566306	ND2	21241	25	9674	25		310	25	455	25
74	5	86230899	11593587	ND2	130637	45	14701	55	-13	805	45	1030	55
32	3	86224102	11594500						415	40	285	30	
21	0	86177794	11600731	ND2	176060	55	60053	45		855	55	550	45
18	3	86156367	11603616	ND1	215433	60	99397	70	6	900	60	965	70
20	0	86080533	11613838						890		330	S	
25	0	86057661	11616925	ND2	212918	35	96748	25	-7	825	35	460	25
217	5	85948712	11631650	ND2	208300	35	91984	35	3	695	35	915	35
71	5	85923026	11635128						880			T	
64	5	85915254	11636180	ND2	22578	65	10942	55		1010	65	1230	55
68	5	85820993	11648961						1370		200	SI	
18	0	85706296	11664550						1390	10	990	20	
296	5	85545746	11686441	ND1	204868	50	88003	60	-9	550	50	575	60
79	5	85476645	11695889	ND1	213881	60	96922	70	-12	820	60	805	70
143	5	85381084	11708979	ND1	128370	60	11281	50	0	985	60	900	50
52	0	85338021	11714888	ND1	153965	70	36817	70		1165	70	1180	70
207	5	85305330	11719377	ND2	122327	35	5133	45	7	522	35	807	45
80	5	85278358	11723084	ND2	223899	35	106668	35	-6	755	35	845	35
30	0	85141958	11741864						1040		110	SO	
21	0	85079704	11750456	ND1	128785	40	11281	50	-8	775	40	900	50
66	1	85047580	11754895	ND2	22696	55	10942	55					
18	0	84848855	11782426						045	20	485	30	
65	5	84799805	11789241						815		230	S	
17	0	84727216	11799341	ND1	23808	40	12009	50		610	40	775	50
19	0	84648892	11810259						430	15	585	15	
50	5	84593225	11818030						752			T	
138	5	84568676	11821461						377		725	SO	
91	5	84505784	11830259	ND1	226151	70	107849	80	-12	840	70	960	80
19	0	84353421	11851627						0		0		
46	5	84250269	11866138						930		295	S	
57	5	84098169	11887599	ND1	23248	30	11360	40		275	30	410	40
15	0	84062194	11892686	ND1	266946	40	148019	40	24	805	40	825	40

486	5	81824063	12217985	ND2	23159	55	10942	55		1070	55	1240	55	
523	5	81797877	12221896							1200				T
18	0	81756362	12228102	ND1	260278	60	137997	70	-15	1080	60	1090	70	
856	5	81725555	12232712	ND2	122327	35		0	-5	522	35	447	35	
192	5	81698301	12236792	ND2	138870	45	16502	45	-1	775	45	755	45	
37	0	81690666	12237936							515	50	740	40	
83	0	81648860	12244202							1030				T
40	0	81584982	12253789							1105		195		S
19	0	81571514	12255812	ND1	266946	40	144388	30	-0	800	40	385	30	
14	1	81525732	12262694	ND1	251899	80	129272	70	6	1110	80	1110	70	
27	0	81504000	12265964							430	15	785	25	
20	0	81453913	12273507							905		105		S
1344	5	81432671	12276708	ND2	231600	55	108833	45	11	1065	55	1140	45	
1468	5	81417509	12278994	ND2	22187	45	9908	35		970	45	850	35	
20	0	81317544	12294089							1050				T
1993	5	81220730	12308743	ND2	148942	75	25855	65	0	1110	75	1150	65	
850	5	81209309	12310474	ND2	221877	45	98772	45	11	975	45	1095	45	
209	5	81204005	12311278	ND1	146779	50	23666	60	21	1085	50	1070	60	
61	5	81187248	12313819							1170		125		S
53	8	81087326	12328994							1050		415		S
22	5	81044088	12335571	ND2	222127	55	98772	45	1	1195	55	1095	45	
1007	7	80991732	12343545	ND1	242312	80	118876	90	5	1070	80	1085	90	
85	3	80990632	12343713	ND2	24053	45	10883	45		965	45	1050	45	
24	0	80970827	12346732	ND2	232300	45	108833	45	-0	780	45	1140	45	
77	0	80961920	12348090	ND2	128614	35	5133	45	-4	475	35	805	45	
17	0	80933946	12352358	ND1	242707	70	119184	70	4	980	70	1045	70	
121	5	80912949	12355564	ND1	147222	70	23666	60	0	1160	70	1070	60	
29	0	80883507	12360061	ND1	255552	50	131952	60	3	985	50	935	60	
43	0	80858795	12363839	ND1	208392	60	84754	50	12	940	60	510	50	
375	5	80821894	12369484	ND1	123695	30		0	0	300	30	600	40	
48	0	80788847	12374543							1530		235		SI
170	5	80771231	12377242	ND1	242649	90	118876	90	3	1060	90	1085	90	
565	5	80715912	12385725							772				T
26	0	80694786	12388968							1000		165		S
18	0	80677062	12391689	ND1	174403	80	50486	80	7	1190	80	1250	80	
28	0	80669025	12392924	ND1	23065	50	10672	40		835	50	860	40	
125	5	80640078	12397372							99		130		SO
20	0	80592423	12404703							060	20	465	30	
84	5	80533993	12413703	ND1	244795	40	120658	50	16	840	40	715	50	
209	5	80513349	12416886	ND2	138870	45	14701	55	6	780	45	1025	55	
84	5	80446389	12427221	ND1	222419	50	98147	40	7	775	50	410	40	
5030	5	80432439	12429376	ND1	221216	60	96922	70	8	765	60	805	70	
28	0	80410511	12432766							610	40	870	30	
57	0	80346372	12442691	ND1	209181	60	84754	50	13	920	60	510	50	
47	0	80313924	12447718	ND1	238085	40	113607	40	9	600	40	410	40	
1103	5	80263535	12455532							1110				T
70	5	80200749	12465283	ND1	293101	50	168448	50	1	1150		050		S
45	0	80153885	12472571	ND1	245294	70	120568	70	16	820	70	985	70	
62	5	80106116	12480009							1375		140		SI
33	0	80100414	12480898	ND2	223581	45	98772	45	10	1080	45	1095	45	
1940	5	80076991	12484548	ND1	232694	70	107849	80	11	910	70	960	80	
105	6	80075472	12484785							1250		855		S
1773	5	80007557	12495383	ND2	212918	35	87964	25	0	820	35	760	25	
29	0	79993860	12497522							690		295		SO
67	0	79960889	12502676							785	50	865	40	
29	0	79944111	12505299	ND1	238660	30	113607	40	-17	410	30	450	40	
20	2	79922475	12508685	ND1	23283	60	10774	60		1040	60	725	60	
48	0	79889984	12513772	ND1	136418	50	11281	50	7	1000	50	900	50	

27	0	79873536	12516349	ND1	245822	50	120658	50	10	825	50	710	50	
63	5	79869728	12516946							1030	55	1230	55	
143	5	79848033	12520346	ND1	226809	80	101605	80	12	975	80	1035	80	
17	3	79846096	12520650	ND1	250263	70	125056	60	27	1020	70	1020	60	
573	5	79826836	12523671	ND2	163256	85	38019	75	0	1190	85	1235	75	
818	5	79820860	12524609	ND2	212411	25	87165	15	14	320	25	010	15	
28	0	79705669	12542709	ND1	280274	30	154847	30	5	340	30	840	30	
38	0	79678702	12546954	ND2	22455	45	9908	35		1000	45	855	35	
1322	5	79657254	12550333	ND2	130637	45	5133	45	15	805	45	805	45	
16	0	79627856	12554966	ND1	262885	20	137335	30	2	465	20	670	30	
5440	8	79589525	12561013	ND1	21361	50	8800	60		570	50	580	60	
36	0	79574876	12563325	ND2	21729	85	9166	95		1195	85	1180	95	
38	0	79553969	12566626							1010		550		S
152	5	79496753	12575671	ND2	234590	55	108833	45	23	1030	55	1140	45	
43	0	79479319	12578430	ND2	224556	45	98772	45	27	1000	45	1095	45	
28	0	79420496	12587746	ND1	213881	60	88003	60	20	825	60	585	60	
16	3	79322827	12603245	ND1	28229	40	15625	50		710	40	850	50	
192	2	79251069	12614656							1150				T
84	3	79249739	12614868	ND2	214113	35	87964	25	12	895	35	750	25	
40	0	79217307	12620033							540		410		SO
754	5	79169966	12627579	ND2	140977	55	14701	55	7	1000	55	1025	55	
23	0	79159691	12629218	ND1	282292	40	156000	40	8	710	40	630	40	
20	0	79152566	12630355							010	05	450	15	
40	5	79060359	12645085	ND1	28027	30	15382	20		345	30	030	20	
46	0	79003952	12654114	ND2	235374	45	108833	45	13	1110		120		S
39	0	78965053	12660347	ND2	25120	75	12459	85		1165	75	1280	85	
13	0	78925642	12666669	ND1	262885	20	136218	20	21	465	20	030	20	
78		78898352	12671050							1100		120		S
961	5	78865784	12676283							1050		140		SO
35	0	78776871	12690590	ND1	258857	70	131952	60	-11	970	70	935	60	
22	0	78745311	12695676	ND1	270233	70	143276	70	-24	995	70	1070	70	
451	5	78720196	12699727	ND1	238085	40	111087	50	-7	610	40	510	50	
22	0	78682346	12705836	ND1	163875	70	36817	70	0	1180	70	1180	70	
84	5	78671026	12707664							1305		145		SI
1070	5	78630404	12714229	ND2	152997	65	25855	65	-1	1095	65	1150	65	
169	5	78625543	12715015	ND2	223899	35	96748	25	-4	755	35	455	25	
112	5	78621377	12715689	ND1	225304	50	98147	40	0	850	50	410	40	
104	5	78588094	12721074	ND1	234960	60	107749	60	2	930	60	725	60	
38	0	78575779	12723068	ND1	259182	60	131952	60	-2	825	60	935	60	
85	5	78532047	12730153							1040		440		S
76	5	78454343	12742761	ND2	234095	45	106668	35	-0	1010	45	845	35	
49	5	78443450	12744531	ND1	282292	40	154847	30	-8	710	40	640	30	
124	5	78426016	12747364	ND1	151140	50	23666	60	-4	1110	50	1070	60	
319	5	78297289	12768321	ND1	138964	50	11281	50	-4	1170	50	900	50	
138	5	78252122	12775691	ND2	23292	95	10516	105		1240	95	1240	105	
194	5	78232291	12778930	ND1	235539	60	107749	60	-5	730	60	728	60	
280	5	78188271	12786124	ND2	25120	75	12334	65		1150	75	1325	65	
47	5	78172162	12788759							1070				T
57	2	78143798	12793401							1190		400		S
52	1	78142855	12793555	ND1	139216	60	11281	50	2	1100	60	900	50	
36	0	78111876	12798629	ND1	28578	50	15780	60		945	50	945	60	
585	5	78084676	12803087	ND2	178887	95	50856	85	-5	1250	95	1292	85	
149	5	77983175	12819751	ND2	22696	55	9877	45		965	55	1095	45	
390	7	77973305	12821374							1020		200		S
218	5	77963981	12822907	ND2	231600	55	103371	65	-24	1065	55	1150	65	
41	0	77930164	12828472	ND1	21240	70	8411	60		830	70	905	60	
271	5	77922187	12829785	ND2	22187	45	9357	55		980	45	1035	55	
462	5	77873598	12837790	ND1	21240	70	8402	70		830	70	905	70	

37	0	77858292	12840314	ND1	21924	50	9083	40		780	50	615	40	
27	0	77800334	12849879	ND1	24225	40	11375	30		875	40	875	30	
560	5	77771621	12854623	ND1	139827	40	11281	50	17	930	40	900	50	
65	5	77738053	12860174	ND2	23802	65	10942	55		1075	65	1230	55	
91	5	77733330	12860955							1210				T
990	5	77730632	12861402	ND2	128614	35		0 35	5	470	35	445	35	
31	0	77713007	12864319							1050		250		S
21	0	77691672	12867851							680	30	505	20	
82	5	77686755	12868666	ND1	249345	50	120658	50	25	625	50	715	50	
43	0	77627470	12878494	ND1	128785	40		0 40	9	775	40	600	40	
38	2	77590232	12884675							1800		540		SI
21	0	77575089	12887190							1230				T
38	5	77553117	12890841							1045		320		S
940	5	77509530	12898090	ND2	167000	75	38019	75	1	1210	75	1235	75	
91	5	77489295	12901458	ND2	252357	75	123342	65	-6	1110	75	1325	65	
33	0	77468322	12904951							1160				T
113	5	77438980	12909840							1125		160		S
26	0	77339154	12926504	ND1	300116	70	170851	60	-13	1020	70	785	60	
149	2	77181997	12952824	ND2	174653	65	45125	65	16	1045	65	1120	65	
50	3	77181166	12952964	ND1	285789	50	156260	50	-9	945	50	850	50	
22		77140860	12959732	ND1	26154	70	13195	60		960	70	935	60	
205	5	77056406	12973936	ND1	233508	60	103768	50	15	875	60	765	50	
52	0	77042609	12976259	ND1	213881	60	84118	60	0	820	60	905	60	
61	0	76986763	12985672	ND1	213881	60	84024	70	8	820	60	905	70	
733	5	76965572	12989247	ND2	221877	45	91984	35	16	980	45	925	35	
83	5	76900699	13000205	ND1	228149	50	98147	40	28	755	50	410	40	
41	5	76848817	13008982							1290		200		SI
74	5	76828209	13012471							1230		800		S
78	0	76823428	13013281	ND1	227055	70	96922	70	17	810	70	805	70	
43	0	76815661	13014597	ND1	257463	60	127317	70	22	860	60	920	70	
28	0	76773086	13021814	ND1	266946	40	136728	40	-12	810	40	440	40	
27	0	76749186	13025869							905		145		SO
30	0	76719743	13030868							1345		300		SI
125	5	76635234	13045237	ND2	244187	65	113735	75	-3	1130	65	1230	75	
31	0	76612835	13049051							805		090		S
18	0	76571905	13056027	ND1	285789	50	155229	50	-14	945	50	855	50	
34	0	76562282	13057668							1260		130		SI
32	0	76527110	13063669	ND2	130637	45		0 35	1	810	45	445	35	
114	5	76517894	13065242	ND1	167470	70	36817	70	16	1260	70	1180	70	
195	5	76460010	13075133	ND2	218715	35	87964	25	11	625	35	750	25	
20	0	76438004	13078897							250		191		SO E
301	5	76397916	13085760	ND2	181714	85	50856	85	-3	1260	85	1295	85	
38	0	76377449	13089267							585				T
39	0	76367521	13090968							1260				T
36	0	76328332	13097690							1000	45	1030	55	
37	0	76263212	13108873	ND1	23269	70	10161	80	-28	910	70	1040	80	
154	5	76216714	13116871	ND1	131169	40		0 40	16	990	40	600	40	
51	5	76147254	13128836							1040		180		SO
44	0	76059184	13144038							810		250		SO
98	5	76037283	13147824	ND2	206726	45	75247	35	17	780	45	480	35	
24	0	75998688	13154500							1155		175		S
51	0	75972387	13159054	ND1	250467	80	118876	90	19	1025	80	1085	90	
96	5	75958113	13161527	ND1	242707	70	111092	60	21	990	70	970	60	
94	0	75907529	13170298	ND2	162371	55	30668	55	17	950		210		S
39	5	75900816	13171463							860		350		SO
68	5	75876469	13175689	ND2	228506	35	96748	25	19	810	35	510	25	
25	0	75829080	13183923	ND1	143120	50	11281	50	15	780	50	900	50	
43	5	75791019	13190544							1060		080		SO

185	5	73231182	13651624	ND2	162371	55	25855	65	-11	925	55	1150	65	
23	0	73207212	13656094	ND1	283440	90	146879	90	-6	1075	90	1140	90	
22	0	73194166	13658528							1170				T
27	0	73179516	13661262	ND1	187099	90	50486	80	0	1250	90	1250	80	
607	5	73168074	13663399	ND2	174653	65	38019	75	5	1040	65	1230	75	
27	0	73160542	13664805							1190				T
140	5	73137795	13669055	ND1	147971	50	11281	50	-8	760	50	900	50	
122	5	73117491	13672851	ND1	136728	40	0	40	-12	445	40	600	40	
18	0	73049093	13685653	ND1	258643	50	121786	50	12	750	50	965	50	
23	0	73011761	13692651							310		550		SO
48	2	72987181	13697262	ND2	260315	75	123342	65	-5	1140	75	1325	65	
19	3	72986384	13697412							815				T
29	0	72914923	13710836	ND1	270443	80	133335	80	3	1015	80	1055	80	
241	5	72885637	13716345	ND2	212411	25	75247	35	0	305	25	480	35	
273	5	72852457	13722592	ND1	204868	50	67641	60	20	545	50	710	60	
762	5	72794555	13733507	ND1	137335	30	0	40	0	670	30	600	40	
163	5	72683505	13754490	ND1	245294	70	107749	60	-5	820	70	725	60	
139	5	72661752	13758608	ND1	174403	80	36817	70	-5	1190	80	1180	70	
58	0	72604067	13769539							1080		380		S
25	0	72548998	13779991							1310		095		SI
29	0	72451655	13798505	ND1	258643	50	120658	50	-3	750	50	715	50	
23	0	72432977	13802063	ND2	231600	55	93579	55	10	1065	55	1035	55	
176	5	72421603	13804231	ND2	13804	25	0	35		360	25	445	35	
1680	5	72365407	13814950	ND2	14328	35	513	45		810	35	805	45	
34	0	72352672	13817382							862		280		SO
96	5	72292336	13828914	ND1	258857	70	120568	70	9	970	70	985	70	
23	0	72270658	13833062	ND1	281607	80	143276	70	-14	1035	80	1070	70	
24	0	72245674	13837846	ND1	267403	90	129024	80	0	1080	90	1180	80	
20	0	72241089	13838724							885	30	1080	40	
22	0	72196135	13847341	ND1	250263	70	111790	60	-8	1020	70	1035	60	
21	0	72173393	13851704							755				T
21	0	72141542	13857820							550		220		SO
19	0	72137315	13858632	ND1	259245	50	120658	50	23	1050	50	725	50	
23	0	72101900	13865439							1210		555		S
29	0	72014649	13882238	ND1	278358	100	139536	90	-0	1200	100	1245	90	
64	0	72002418	13884596							565		345		SO
316	5	71989991	13886992	ND2	138870	45	0	35	-2	775	45	445	35	
47	0	71968291	13891180							1635		550		SI
17	0	71941446	13896363	ND1	138964	50	0	40	9	1175	50	600	40	
433	5	71920506	13900409	ND2	254813	55	115809	65	2	1025	55	805	65	
2617	5	71894228	13905490	ND2	16490	55	2585	65		1105	55	1150	65	
99	3	71890894	13906135	ND2	242432	65	103371	65	-3	1165	65	1150	65	
26	0	71851215	13913814							505		250		SO
34	0	71844525	13915110							1105				T
446	5	71838743	13916230	ND1	162828	70	23666	60	0	1110	70	1070	60	
129	5	71833724	13917202	ND1	282292	40	143120	50	15	710	40	775	50	
26	0	71824499	13918990	ND1	262885	20	123695	30	1	465	20	300	30	
36	0	71741455	13935101							1060				T
38	0	71727811	13937752	ND2	223581	45	84203	45	8	1080	45	840	45	
20	0	71705719	13942046							995		180		SO
24	0	71597666	13963087							1180		140		S
42	0	71575631	13967385	ND1	258857	70	119184	70	9	965	70	1045	70	
43	0	71555119	13971389							1290		095		SI
47	5	71545358	13973295							935				T
181	5	71530942	13976111	ND1	247510	60	107749	60	9	925	60	730	60	
780	5	71497178	13982712	ND1	13982	40	0	40		930	40	600	40	
39	0	71483997	13985290	ND2	165707	65	25855	65	4	1150	65	1150	65	
121	5	71480903	13985895	ND1	151140	50	11281	50	5	1110	50	900	50	

88	0	65909544	15168120	ND1	312602100	160921100	10	1150		530		S	
104	5	65896453	15171133					1185				T	
43	0	65890464	15172512					1115	65	860	55		
120	0	65880128	15174893					1215				T	
271	0	65856864	15180253	ND2	26761	55	11580	65		1130	55	805	65
67	0	65845299	15182919	ND2	280895	65	129066	75	-1	1025	65	970	75
549	5	65809277	15191230	ND2	267721	55	115809	65	0	1010	55	800	65
175	0	65806822	15191797					1520		220			SI
174	0	65796302	15194226	ND2	26772	55	11580	65		1015	55	805	65
122	0	65777311	15198612	ND1	298866	90	146879	90	1	1125	90	1150	90
167	5	65726281	15210413	ND2	258772	45	106668	35	-13	950	45	845	35
28	0	65718540	15212204					590		250			SO
53	0	65696141	15217391	ND2	26927	45	11709	45		990	45	1050	45
53	0	65684626	15220059					1190		410			S
27	0	65654226	15227106					670	50	935	60		
29	0	65642133	15229911	ND2	25138	35	9908	35		1200	35	850	35
41	0	65639127	15230608					1115					T
31	0	65602867	15239027	ND2	249139	35	96748	25	-7	860	35	455	25
24	0	65558465	15249348	ND1	243644	50	91151	60	0	1090	50	785	60
236	0	65530503	15255855	ND2	221877	45	69318	55	3	840	45	980	55
54	0	65525768	15256957	ND1	261550	70	108980	80	2	950	70	1085	80
34	0	65520137	15258268					1370		170			SI
19	1	65519442	15258430					1370		170			SI
24	0	65512303	15260093	ND1	250748	50	98147	40	3	1010	50	410	40
21	0	65507284	15261262	ND1	279982	30	127369	30	14	915	30	695	30
302	0	65501716	15262559	ND2	178480	55	25855	65	-6	1230	55	1150	65
1030	5	65495207	15264076	ND2	15777	35	513	45		1010	35	810	45
201	0	65477505	15268203	ND1	299561	90	146879	90	-2	1140	90	1140	90
44	0	65436312	15277814	ND1	295819	100	143041	110	-0	1190	100	1275	110
28	0	65431084	15279035	ND1	296067	70	143276	70	7	1080	70	1070	70
50	0	65416635	15282410					1060		070			SO
51	0	65410484	15283847					1053		050			SI
23	0	65403445	15285492	ND1	263947	70	111092	60	-0	1080	70	970	60
811	5	65399179	15286489	ND2	212918	35	60053	45	1	820	35	550	45
49	0	65373753	15292434					1440		305			SI
47	0	65366363	15294163					820					T
35	0	65360697	15295489	ND2	183622	55	30668	55	-1	1175	55	975	55
16	0	65358894	15295911	ND1	274746	50	121786	50	-1	1080	50	960	50
18	0	65312044	15306883					1020	50	900	40		
40	0	65304166	15308729					1170		215			S
26	0	65293780	15311164	ND1	274898	40	121786	50	10	1090	40	960	50
38	0	65254785	15320314					1135	50	720	60		
19	0	65233302	15325359	ND1	273912	60	120658	50	-5	905	60	715	50
464	5	65231358	15325816	ND2	228506	35	75247	35	-3	755	35	480	35
400	5	65202654	15332563					1065	70	930	60		
228	0	65198546	15333529					1120		125			S
68	0	65196094	15334106	ND1	250263	70	96922	70	-1	1020	70	805	70
96	0	65195130	15334332	ND1	273912	60	120568	70	4	910	60	990	70
66	0	65165794	15341235	ND1	252809	80	99397	70	-5	1110	80	960	70
2088	5	65149495	15345073					1320		290			SI
55	0	65146077	15345878	ND2	153459	35	0	35	-8	820	35	445	35
28	0	65096929	15357465	ND1	221216	60	67641	60	-9	765	60	715	60
51	0	65072859	15363145	ND2	247211	65	93579	55	8	1050	65	1035	55
32	0	65063663	15365316					1025	50	745	60		
509	0	65048874	15368810	ND1	255293	80	101605	80	1	990	80	1045	80
386	5	65044563	15369828	ND2	250447	35	96748	25	3	820	35	455	25
19	0	65037985	15371383	ND2	245698	45	91984	35	16	1185	45	925	35
18	0	65026928	15373997	ND1	281057	70	127317	70	14	1045	70	920	70

35	0	64251001	15559659	ND1	266684	60	111087	50	7	1020	60	510	50	
17	0	64231974	15564268	ND1	255040	70	99397	70	6	1115	70	965	70	
291	0	64207046	15570311	ND1	263452	50	107749	60	-1	1110	50	730	60	
99	0	64191810	15574007	ND1	255137	80	99397	70	10	1140	80	965	70	
74	0	64189423	15574586	ND1	316667	110	160921	100	14	1107	110	1200	100	
27	0	64168754	15579602	ND1	257401	80	101605	80	4	1090	80	1035	80	
192	0	64143648	15585700	ND1	275040	70	119184	70	-6	1125	70	1045	70	
662	5	64140213	15586535	ND1	266957	60	111092	60	1	1040	60	975	60	
418	0	64105866	15594886	ND1	240702	40	84754	50	0	825	40	505	50	
194	0	64084939	15599978	ND1	156000	40	0	40	7	630	40	600	40	
84	0	64075968	15602162	ND1	266035	40	110014	30	-8	930	40	270	30	
19	0	64060672	15605888	ND1	256236	70	100177	70	9	1055	70	1045	70	
22	0	64055702	15607099	ND1	302950	100	146879	90	-13	1243	100	1140	90	
34	0	64034644	15612231							1130		234		S
1323	5	64031835	15612916	ND1	265109	90	108980	80	-10	1165	90	1085	80	
88	0	64027420	15613992	ND1	285314	50	129174	60	14	1115	50	1105	60	
63	0	63988253	15623550							1060	70	930	60	
61	0	63981071	15625303							1065	70	1180	80	
1187	5	63978325	15625974	ND1	156260	50	0	40	1	850	50	600	40	
252	0	63968640	15628340	ND1	295819	100	139536	90	-1	1190	100	1245	90	
71	0	63959020	15630690	ND1	247458	50	91151	60	17	1190	50	790	60	
98	0	63947982	15633389	ND1	254481	40	98147	40	-7	1175	40	405	40	
37	0	63937502	15635951	ND1	247510	60	91151	60	4	925	60	780	60	
25	0	63919306	15640402	ND1	264253	80	107849	80	6	1150	80	960	80	
961	5	63899786	15645180							1040	45	885	55	PB
9999	8	63850534	15657248	ND1	255969	80	99397	70	-7	965	80	960	70	
36	0	63834996	15661059	ND1	266624	40	110014	30	-0	1000	40	270	30	
797	5	63831757	15661853	ND1	254765	40	98147	40	4	915	40	405	40	
1873	5	63820590	15664594	ND2	272455	55	115809	65	-3	950	55	805	65	
110	0	63803826	15668710	ND1	167968	60	11281	50	17	955	60	900	50	
31	0	63786176	15673045	ND2	231978	35	75247	35	-7	1015	35	480	35	
213	2	63760095	15679456	ND2	161928	45	5133	45	2	1090	45	805	45	
789	0	63759088	15679704	ND1	287811	90	131014	100	5	1218	90	1225	100	
383	0	63727686	15687430	ND1	285899	80	129024	80	3	1175	80	1180	80	
2	0	63699548	15694360							1250	90	1055	90	
46	0	63667386	15702288	ND2	263691	35	106668	35	6	1285	35	845	35	
907	5	63655346	15705258	ND2	232300	45	75247	35	-6	780	45	480	35	
283	0	63639242	15709232	ND1	264842	50	107749	60	2	1040	50	730	60	
641	6	63620815	15713782	ND2	241341	55	84203	45	-17	860	65	685	55	
432	5	63614156	15715427	ND2	27425	45	11709	45		1170	45	1050	45	
125	0	63608659	15716785	ND1	168448	50	11281	50	2	1010	50	900	50	
118	0	63600786	15718730	ND1	157187	40	0	40	-3	755	40	600	40	
485	0	63565475	15727462	ND1	290610	90	133335	80	-5	1015	90	1055	80	
27	1	63564518	15727699							720	60	1170	50	
863	5	63559391	15728968	ND1	277858	70	120568	70	12	980	70	985	70	
106	0	63547477	15731916	ND2	226637	45	69318	55	12	870	45	840	55	
42	0	63543160	15732985	ND1	268421	60	111092	60	-22	815	60	980	60	
116	0	63536121	15734728	ND1	241465	60	84118	60	-10	890	60	905	60	
85	0	63519397	15738871							885		105		SO
295	5	63487249	15746841	ND1	19428	60	3681	70		1045	60	1180	70	
165	0	63478196	15749086							720	50	1040	60	
410	0	63465341	15752276	ND1	289474	70	131952	60	-1	1090	70	935	60	
64	0	63430615	15760900							1050		675		S
481	0	63414906	15764804							400	E=	118		SO E
146	1	63412983	15765282	ND1	278311	60	120658	50	1	1035	60	715	50	

100	0	63385525	15772111	ND1	242475	40	84754	50	-5	680	40	505	50	
35	0	63366778	15776778	ND2	183622	55	25855	65	6	1175	55	1150	65	
27	0	63365559	15777081							1065				T
128	0	63338898	15783722	ND1	268925	60	111087	50	21	910	60	510	50	
25	0	63337580	15784050							800	40	970	40	
590	5	63318818	15788727	ND1	304767100		146879	90	-1	1170	100	1140	90	
55	0	63317343	15789095							1710		460		SI
256	0	63301529	15793040							910		155		SO
65	0	63283712	15797486							1105		100		SI
380	0	63269438	15801050	ND1	308743110		150732100		-0	1230	110	1270	100	
39	0	63268329	15801327	ND1	297549	80	139536	90	3	1130	80	1245	90	
73	0	63252756	15805217	ND1	181718	60	23666	60	5	1095	60	1070	60	
61	0	63249803	15805955	ND1	242178	70	84118	60	-2	870	70	905	60	
113	0	63247843	15806445	ND1	256211	40	98147	40	4	1175	40	410	40	PB
119	0	63228711	15811228	ND1	297648	90	139536	90	-2	1185	90	1245	90	
365	0	63212182	15815362	ND1	242178	70	84024	70	11	870	70	905	70	
24	0	63168876	15826204	ND1	256409	40	98147	40	9	1120	40	410	40	PB
21	0	63158593	15828781	ND1	242312	80	84024	70	4	1070	80	905	70	
17	0	63146088	15831916							985	70	850	70	
77	0	63127112	15836675	ND1	266116	70	107749	60	-3	965	70	725	60	
99	0	63125358	15837115	ND1	255293	80	96922	70	5	990	80	805	70	
3435	5	63104794	15842276	ND1	267403	90	108980	80	-5	1080	90	1085	80	
380	5	63082567	15847858	ND1	279137	60	120658	50	9	910	60	720	50	
300	0	63070187	15850968	ND1	226151	70	67641	60	-9	840	70	710	60	
26	0	63046863	15856832	ND1	279137	60	120568	70	18	910	60	985	70	
26	0	63043771	15857610	ND1	242600	70	84024	70	0	1005	70	905	70	
16	0	63022108	15863061	ND1	158631	40	0	40	0	1020	40	600	40	
193	0	63019565	15863701							830		285		SO
29	0	63009447	15866248	ND2	218715	35	60053	45	3	640	35	550	45	
107	0	63004379	15867524							1180	70	1105	60	
2030	5	62970513	15876058	ND1	278358100		119598	90	3	1200	100	1170	90	
23	0	62960053	15878696	ND1	287811	90	129024	80	2	1218	90	1180	80	
60	0	62944239	15882685	ND1	182493	60	23666	60	-6	945	60	1070	60	
60	0	62944239	15882685							1170		050		S
100	0	62935366	15884924	ND1	267829	80	108980	80	-0	1118	80	1085	80	
70	0	62928161	15886743	ND2	173568	45	14701	55	9	1040	45	1025	55	
21	0	62919904	15888828	ND2	267721	55	108833	45	5	1030	55	1140	45	
169	0	62880033	15898902	ND1	158989	30	0	40	0	600	30	600	40	
28	0	62871993	15900935	ND2	243213	45	84203	45	6	900	45	840	45	
1564	5	62857847	15904514	ND1	279613	80	120568	70	8	995	80	985	70	
37	0	62839019	15909279							1155		080		SO
1013	5	62819866	15914130	ND1	270233	70	111092	60	-7	955	70	975	60	
31	5	62796830	15919967	ND1	309932100		150732100		11	1225	100	1265	100	
63	0	62793912	15920707	ND1	306087100		146879	90	3	1183	100	1140	90	
30	0	62789397	15921852							1197	90	1080	90	
40	0	62772704	15926086							980		150		SO
21	0	62717293	15940157	ND2	251386	35	91984	35	4	1195	35	920	35	
19	0	62714967	15940748	ND2	225782	65	66374	75	16	995	65	1005	75	
24	0	62712486	15941379	ND1	227055	70	67641	60	-9	810	70	710	60	
44	5	62702737	15943857							1250		170		S
244	0	62694133	15946045	ND1	258857	70	99397	70	-1	965	70	965	70	
20	0	62670950	15951944							730		310		SO
15	0	62655622	15955846							1200				T
47	0	62632994	15961611	ND1	269630	40	110014	30	-4	540	40	270	30	
28	0	62631964	15961873							790		290		SO
14	0	62620889	15964696							840	40	580	40	
25	0	62606353	15968403	ND1	263452	50	103768	50	-8	1110	50	770	50	

38	0	58131658	17197563						1025		095		SI
424	0	58115719	17202279	ND2	241341	55	69318	55	6	1015	55	840	55
116	2	58092988	17209010	ND1	293877	60	121786	50	-2	1005	60	965	50
64	1	58092269	17209223	ND2	226969	55	54877	65	5	965	55	850	65
16	0	58046821	17222697							-475	10	800	10
6200	5	58039994	17224723	ND2	232300	45	60053	45	-2	775	45	550	45
43	0	58030756	17227465	ND1	260278	60	88003	60	8	1090	60	580	60
3805	5	58000789	17236365	ND1	209181	60	36817	70	-1	840	60	1180	70
171	0	57999443	17236765	ND1	287228	50	114861	40	-12	895	50	760	40
22	0	57989191	17239813	ND1	282412	40	110014	30	-14	1020	40	270	30
23	0	57965411	17246885							945			
56	0	57963199	17247543	ND1	263313	50	90838	40	-7	835	50	615	40
18	0	57961142	17248155							1080		100	
119	0	57951363	17251066	ND2	274459	75	101948	85	2	1110	75	1200	85
26	0	57942716	17253640							1300		255	
72	0	57924005	17259214	ND1	291776	60	119184	70	18	1100	60	950	70
52	0	57914334	17262096							905	70	1135	80
56	0	57900082	17266345							320	E=	138	
56	0	57889400	17269531	ND1	301480	50	128785	40	-21	955	50	775	40
7010	5	57882177	17271686	ND1	223203	70	50486	80	-5	1128	70	1250	80
7590	5	57849537	17281431	ND1	196480	50	23666	60	-5	1070	50	1070	60
72	0	57836710	17285263	ND2	263280	65	90427	75	-1	1083	65	1180	75
24	0	57830922	17286993	ND2	18757	65	1470	55		1030	65	1025	55
42	0	57812071	17292630	ND1	241465	60	68539	50	-10	880	60	675	50
45	0	57777835	17302877							690		345	
7120	5	57760919	17307944	ND1	184360	40	11281	50	7	1075	40	900	50
33	0	57739146	17314471	ND1	276913	50	103768	50	-0	890	50	770	50
34	0	57734918	17315739	ND1	257911	40	84754	50	-3	920	40	505	50
1853	5	57721509	17319761	ND1	173198	40	0	40	0	865	40	600	40
54	5	57714866	17321755	ND1	29387	60	12065	50		935	60	715	50
715	5	57704844	17324763	ND2	260412	25	87165	15	-12	940	25	0	15
188	0	57698563	17326649	ND2	282139	35	108872	25	-9	715	35	520	25
211	0	57673235	17334258							1600		390	
91	0	57654574	17339869	ND1	277167	40	103768	50	-0	880	40	760	50
69	2	57642068	17343631	ND2	28285	55	10942	55		1088	55	1234	55
37	3	57641452	17343816	ND1	210255	70	36817	70	5	1235	70	1180	70
99	0	57623629	17349180							1020		140	
496	5	57620416	17350148	ND1	293099	90	119598	90	1	1040	90	1170	90
704	5	57616887	17351211	ND2	257715	45	84203	45	-4	985	45	835	45
100	5	57599858	17356340	ND2	287485	85	113922	95	13	1130	45	1095	45
39	0	57594655	17357908	ND1	288440	50	114861	40	-12	1100	50	750	40
36	0	57579239	17362555	ND1	316667	110	143041	110	-4	1107	110	1265	110
23	0	57575548	17363668							1050			
20	0	57561392	17367939							700	30	830	20
18	0	57557652	17369067	ND1	264842	50	91151	60	2	1035	50	785	60
188	0	57537137	17375260	ND1	304767	100	131014	100	-0	1170	100	1225	100
569	5	57535133	17375865	ND2	19026	35	1650	45		985	35	765	45
93	0	57522734	17379611	ND1	197462	70	23666	60	-3	1090	70	1070	60
41	0	57500807	17386238							750		150	
37	0	57505333	17384869							1510		650	
3225	5	57496488	17387544	ND1	173875	50	0	40	-15	735	50	600	40
5680	6	57491821	17388955	ND1	258643	50	84754	50	-1	750	50	505	50
399	1	57481402	17392107	ND2	233974	35	60053	45	-1	845	35	550	45
216	0	57468784	17395926	ND1	265110	60	91151	60	4	1040	60	785	60
43	0	57456684	17399589	ND2	261161	25	87165	15	0				
858	5	57447568	17402350	ND2	282856	55	108833	45	9	1085	55	1140	45
246	0	57441276	17404257	ND2	234095	45	60053	45	9	1010	45	550	45
523	7	57431870	17407107	ND2	277442	65	103371	65	12	1080	65	1150	65

442	5	56812261	17596951	ND1	260723	50	84754	50	-0	860	50	505	50	
34	0	56794801	17602361	ND1	26014	60	8411	60		1090	60	905	60	
44	0	56779487	17607108	ND1	294948	90	118876	90	0	1100	90	1085	90	
113	0	56777948	17607586	ND2	181209	35	5133	45	1	1080	35	810	45	
26	0	56773622	17608927	ND1						730	30	610	40	
24	0	56767378	17610864	ND1	266946	40	90838	40	19	805	40	610	40	
4900	5	56763213	17612156							950		185		SO
9999	5	56759592	17613280	ND1	187413	40	11281	50	1	940	40	900	50	
385	1	56757883	17613810	ND2	251386	35	75247	35	6	1185	35	480	35	
126	0	56747881	17616915	ND1	277774	90	101605	80	5	1085	90	1045	80	
34	0	56731028	17622148	ND1	295819	100	119598	90	14	1190	100	1170	90	
45	0	56727313	17623302	ND1	280001	50	103768	50	-2	915	50	770	50	
25	0	56718054	17626179	ND2	264226	35	87964	25	13	1230	35	755	25	
6260	7	56697546	17632555	ND1	213143	60	36817	70	3	1050	60	1180	70	
2300	5	56688517	17635363	ND2	290275	85	113922	95	9	1200	85	1250	95	
36	0	56665659	17642477							1120		105		SI
123	5	56652537	17646563							1015				T
123	5	56652537	17646563							1050		200		SO
31	0	56638191	17651033							770	20	995	30	
87	0	56636138	17651672							1100		1080		S
52	0	56632371	17652847	ND1	176528	40	0	40	1	755	40	600	40	
21	0	56626195	17654772	ND1	278153	80	101605	80	8	1015	80	1035	80	
241	0	56624359	17655344	ND1	284402	80	107849	80	20	935	80	960	80	
56	0	56584181	17667881							1095		095		SO
257	5	56597770	17663639							995	60	775	50	
257	5	56597770	17663639							685		260		SO
257	5	56597770	17663639							685		260		SO
25	0	56554754	17677074							080	20	1040	30	
1097	5	56535688	17683035							825		230		SO
68	0	56519737	17688025	ND2	261084	45	84203	45	6	1060	45	840	45	
160	0	56514962	17689520	ND1	273817	70	96922	70	1	1005	70	805	70	
116	0	56512582	17690265							1000	45	765	35	
174	0	56479932	17700491							1060		520		S
16	0	56442028	17712378	ND2	202978	75	25855	65		1152	75	1150	65	
39	0	56432670	17715315	ND1	26515	70	8800	60		1095	70	580	60	
84	0	56405043	17723992	ND1	245779	50	68539	50	2	870	50	680	50	
1798	5	56395344	17727040	ND1	268421	60	91151	60	-2	815	60	785	60	
50	0	56390307	17728623	ND2	269270	45	91984	35	-20	1280		270		SI
33	0	56379710	17731955							1070		660		S
37	0	56378124	17732455							1070		680		S
49	0	56362531	17737360	ND1	277551	60	100177	70	-4	1045	60	1045	70	
1384	5	56357527	17738935							965		215		SO
24	0	56343094	17743479							1140				T
53	0	56314811	17752390	ND2	280895	65	103371	65	-4	1015	60	1070	60	
15	0	56299082	17757350	ND1	304943	40	127369	30	-4	1030	40	680	30	
21	0	56294995	17758639	ND1	28759	30	11001	30		930	30	270	30	
23	0	56275556	17764773							560	30	780	30	
39	0	56266624	17767593	ND1	275823	30	98147	40	-6	965	30	410	40	
384	5	56257230	17770560	ND2	252953	35	75247	35	-11	1035	35	480	35	
39	0	56253503	17771737							1070				T
51	0	56236888	17776988	ND1	288857	50	111087	50	15	820	50	505	50	
29	0	56222566	17781517							965		110		SO
17	0	56219688	17782427							1080		140		S
150	0	56205895	17786791	ND2	302468	85	124600	85	2	1220	85	1290	85	
9999	0	56205262	17786992	ND1	177870	30	0	40	0	600	30	600	40	
103	0	56189877	17791861							700		355		SO
35	0	56186620	17792892	ND1	269080	60	91151	60	-2	1130	60	790	60	E
458	5	56177043	17795926							1390		335		SI

1718	5	53022696	18854602	ND2	302468	85	113922	95	-1	1220	85	1250	95	
21	0	53008184	18859764							1260		240		S
194	0	53005748	18860631							945		170		SO
680	5	52988789	18866667	ND1	199947	60	11281	50	-6	980	60	900	50	
31	0	52973465	18872125							1320	25	675	25	
29	0	52955918	18878378	ND1	225601	60	36817	70	-2	1135	60	1180	70	
58	2	52953725	18879160	ND1	276795	60	88003	60	-8	1130	60	585	60	
28	0	52948019	18881194	ND1	288857	50	100045	50	-1	825	50	880	50	
56	0	52937211	18885049	ND1	280001	50	91151	60	0	915	50	775	60	
662	5	52933571	18886348							245	E=	105		SO
4860	5	52931547	18887070	ND2	255245	65	66374	75	-0	1030	65	1000	75	
2053	5	52916576	18892413	ND1	257463	60	68539	50	3	870	60	685	50	
17	0	52904961	18896561							610		150		SO
32	0	52892721	18900934							970		580		S
691	5	52881516	18904939	ND1	212715	50	23666	60	-11	1040	50	1070	60	
196	5	52871294	18908594	ND2	249139	35	60053	45	-1	870	35	550	45	
34	3	52867308	18910019	ND1	256742	60	67641	60	19	910	60	710	60	
122	1	52866662	18910250							1240		100		SO
92	0	52862924	18911588	ND1	277119	60	88003	60	12	945	60	575	60	
740	5	52843346	18918594	ND1	200467	40	11281	50	4	885	40	900	50	
94	0	52841151	18919380	ND1	212860	70	23666	60	-0	1050	70	1070	60	
64	0	52836399	18921081	ND2	215066	55	25855	65	16	1080	55	1150	65	
45	0	52817932	18927697							1060		070		SO
38	0	52774947	18943113	ND1	293199	40	103768	50	-5	935	40	770	50	
42	0	52773157	18943756							860		120		SO
3420	5	52768634	18945379	ND2	258772	45	69318	55	-2	950	45	840	55	
145	0	52762295	18947656	ND1	213143	60	23666	60	1	1060	60	1070	60	
34	0	52745098	18953833							1035		080		SO
5530	5	52734184	18957756	ND2	244454	55	54877	65	-23	905	55	850	65	
85	0	52720450	18962694	ND2	269128	75	79501	65	1	1130	75	1015	65	
481	5	52706803	18967604							1170	55	750	45	
710	6	52700365	18969921	ND1	273817	70	84118	60	-16	1005	70	910	60	
1348	5	52697781	18970851							1890	E=	105		SI E
378	5	52694619	18971990	ND2	234095	45	44376	55	-10	1010	45	620	55	
27	0	52679579	18977406							855		080		SO
83	0	52674246	18979327	ND1	273817	70	84024	70	-1	1005	70	910	70	
37	0	52668055	18981559							1000				T
218	0	52666245	18982211	ND1	257463	60	67641	60	-8	855	60	710	60	
70	0	52657568	18985339							940		275		SO
130	0	52642040	18990939	ND1	201190	60	11281	50	-0	1015	60	900	50	
93	0	52639696	18991785							1105	50	935	60	
40	0	52608578	19003018	ND1	280868	50	90838	40	5	855	50	610	40	
30	0	52587076	19010788	ND1	288255	30	98147	40	-2	1085	30	410	40	
23	0	52581347	19012859							1060		180		SO
27	3	52574022	19015508	ND2	282139	35	91984	35	-17	720	35	910	35	
23	0	52565077	19018744							-120	E=	235		SO
25	0	52561992	19019860							835		300		SO
5310	5	52554984	19022396	ND2	206726	45	16502	45	-13	780	45	755	45	
55	0	52523313	19033867							1175		105		SO
2810	7	52507992	19039420	ND2	250447	35	60053	45	-15	820	35	550	45	
4200	5	52495661	19043893	ND2	269128	75	78689	85	-23	1130	75	1100	85	
636	5	52492795	19044932	ND1	214115	70	23666	60	-5	1067	70	1070	60	
22	0	52489619	19046085							1010				T
27	0	52481955	19048866	ND1	201769	50	11281	50	-9	960	50	900	50	
28	0	52473150	19052062							1100				T
43	0	52459141	19057150	ND1	227389	60	36817	70	4	930	60	1180	70	
17	0	52449855	19060524	ND1	301697	50	111092	60	16	1025	50	985	60	
16	0	52425581	19069349	ND1	318011	70	127317	70	15	955	70	920	70	

691	5	49429516	20225182	ND2	262107	65	59856	75	-4	1105	65	1200	75	
38	3	49426770	20226306							1060				T
55	0	49412041	20232335	ND1	252809	80	50486	80	-3	1115	80	1250	80	
546	5	49307203	20275353	ND2	269128	75	66374	75	1	1130	75	1000	75	
126	0	49291147	20281957	ND1	202820	30	0	40	0	895	30	600	40	
454	5	49267066	20291871	ND1	270560	60	67641	60	2	990	60	710	60	
1360	5	49245152	20300900	ND1	20300	50	0	40		775	50	600	40	
60	2	49237321	20304129	ND1	239859	60	36817	70	28	1100	60	1180	70	
2165	5	49224533	20309404	ND1	239911	70	36817	70	-1	1225	70	1180	70	
2320	5	49211405	20314821	ND1	239965	60	36817	70	-28	1060	60	1180	70	
3540	5	49206791	20316726	ND2	208300	35	5133	45	0	690	35	805	45	
67	0	49200451	20319344	ND1	300116	70	96922	70	3	1055	70	805	70	
250	0	49173716	20330392	ND2	248429	55	45125	65	5	975	55	1120	65	
540	0	49164273	20334296	ND1	253829	80	50486	80	5	1140	80	1250	80	
4800	5	49143741	20342792	ND2	234095	45	30668	55	-4	1010	45	960	55	
251	1	49142567	20343278							1360		220		SI
3740	5	49134091	20346787							810		220		SO
24	0	49129195	20348815							1070				T
27	0	49119629	20352778							1230	30	930	30	
5150	7	49100576	20360675	ND1	203607	40	0	40	-1	735	40	600	40	
197	3	49099752	20361017							1865	E=	155		SI
34	0	49093297	20363694							1160				T
42	0	49082484	20368180	ND1	272221	40	68539	50	-10	860	40	675	50	
2900	5	49077849	20370103	ND1	227367	50	23666	60	-6	1070	50	1070	60	
1893	7	49072635	20372268	ND1	227389	60	23666	60	-14	985	60	1070	60	
21	5	49062657	20376411							1000				T
34	0	49056266	20379065							620	40	935	30	
47	0	49051590	20381008							1200		230		S
88	0	49046861	20382973							1180		260		S
4280	7	49020257	20394035	ND2	209073	55	5133	45	-24	890	55	805	45	
1720	5	49018385	20397814	ND1	227614	70	23666	60	-14	1035	70	1070	60	
1720	5	49018385	20397814	ND1	227614	70	23666	60	-14	1035	70	1070	60	
3550	5	49015333	20396084	ND1	24077	80	3681	70		1070	80	1180	70	
85	0	48977960	20411647							1140		075		S
3430	5	48969201	20415298	ND1	215433	60	11281	50	-27	905	60	900	50	
43	0	48938950	20427918							990		090		SO
4230	5	48932161	20430752	ND1	215588	50	11281	50	-11	835	50	900	50	
42	1	48921809	20435075							900				T
3310	5	48910536	20439785	ND1	241215	80	36817	70	-2	1135	80	1180	70	
3950	5	48906839	20441330	ND2	242432	65	38019	75	-18	1165	65	1235	75	
435	2	48903445	20442748							1100		095		S
125	0	48893442	20446931	ND1	31555	50	11108	50		730	50	510	50	
3910	8	48890916	20447987	ND2	219181	45	14701	55	-15	940	45	1025	55	
87	3	48890023	20448361	ND1	22814	50	2366	60		755	50	1070	60	
1114	5	48873202	20455398	ND1	255040	70	50486	80	-21	1120	70	1250	80	
51	0	48867422	20457818							1210		160		SI
4960	5	48849966	20465128	ND1	255137	80	50486	80	-8	1140	80	1250	80	
3430	7	48838098	20470101	ND1	255187	90	50486	80	-22	1220	90	1250	80	
244	1	48836822	20470636	ND2	23537	45	3066	55		945	45	980	55	
82	0	48833386	20472076							1550		350		SI
1010	5	48828725	20474030							870		360		SO
1228	5	48816947	20478970	ND1	204790	40	0	40	-7	895	40	600	40	
120	0	48813742	20480314	ND1	292806	60	88003	60	-9	710	60	575	60	
38	0	48812150	20480983							1110		210		S
257	0	48804698	20484110							1075				T
26	0	48801244	20485560							1080				T
6110	5	48797799	20487006	ND1	241687	80	36817	70	-6	1100	80	1180	70	
52	0	48770923	20498295							1410		240		SI

935	5	47170810	21193622	ND2	226637	45	14701	55	9	873	45	1025	55	
1947	6	47155850	21200345	ND2	228506	35	16502	45	8	755	35	750	45	
688	5	47142271	21206452	ND1	23573	50	2366	60		1080	50	1070	60	
799	5	47130455	21211768	ND1	235784	60	23666	60	7	985	60	1070	60	
110	0	47119417	21216737	ND2	238022	65	25855	65	0	1075	65	1150	65	
115	0	47109250	21221316	ND1	313818	70	101605	80	-1	1055	70	1035	80	
1777	5	47097107	21226788	ND2	226969	55	14701	55	0	965	55	1025	55	
172	0	47095415	21227550	ND1	212276	30	0	40	0	1040	30	605	40	
305	2	47083689	21232836	ND1	280868	50	68539	50	15	860	50	680	50	
1663	5	47069544	21239217	ND1	223673	50	11281	50	-4	1085	50	900	50	
1447	8	47065379	21241097	ND2	212411	25	0	35	-11	310	25	445	35	
21	0	47055710	21245461							670	30	030	20	
853	0	47038662	21253161							1495		250		SI
1325	7	47035672	21254512	ND2	243213	45	30668	55	0	900	45	980	55	
86	2	47031162	21256550							1050				T
29	0	47008490	21266802							810	30	415	40	
63	0	46998082	21271512	ND1	212715	50	0	40	12	1040	50	600	40	
59	0	46984497	21277662							830	30	610	40	
983	5	46982967	21278355	ND1	263270	70	50486	80	1	1250	70	1250	80	
39	5	46969863	21284291							1360	40	1135	30	
2243	5	46964326	21286801	ND1	249685	70	36817	70	-6	1145	70	1180	70	
412	0	46929751	21302483	ND1	249842	60	36817	70	4	1210	60	1180	70	
33	0	46922916	21305586							1135				T
26	0	46912467	21310331							1120	30	605	40	
2117	5	46903426	21314439	ND1	213144	40	0	40	0	985	40	600	40	
45	0	46894733	21318390	ND2	25120	75	3801	75		1165	75	1235	75	
1040	5	46885434	21322618	ND1	280868	50	67641	60	19	850	50	710	60	
39	0	46878545	21325752							1485		315		SI
40	0	46870301	21329503							1300		190		SI
103	0	46843779	21341579	ND1	281057	70	67641	60	15	1045	70	710	60	
1558	5	46840322	21343154	ND1	224712	40	11281	50	0	995	40	900	50	
1527	5	46834433	21345837	ND1	213458	40	0	40	0	880	40	600	40	
1555	5	46807336	21358195	ND2	218715	35	5133	45	5	630	35	800	45	
55	0	46802171	21360551							1065	50	910	40	
276	2	46789509	21366332	ND1	282203	50	68539	50	14	890	50	680	50	
78	0	46782034	21369746							1900		715		SI
49	0	46770783	21374886							860	30	600	40	
1253	5	46755205	21382008	ND1	25063	70	3681	70		1100	70	1180	70	
43	0	46745062	21386647							980				T
192	0	46741808	21388137							1775		790		SI
1238	5	46739600	21389147	ND1	23755	60	2366	60		1075	60	1070	60	
48	0	46730873	21393141							690		280		SO
1808	5	46710850	21402311	ND1	225304	50	11281	50	5	850	50	900	50	
1778	5	46705560	21404735	ND2	219181	45	5133	45	11	940	45	805	45	
41	0	46696821	21408741	ND2	283405	45	69318	55	8	1060	45	840	55	
378	0	46691339	21411254	ND2	214113	35	0	35	4	895	35	450	35	
56	0	46655405	21427745							1500		335		SI
68	0	46652189	21429222							530	30	750	40	
57	0	46646130	21432006	ND1	225601	60	11281	50	9	1135	60	900	50	
542	3	46644418	21432792							1130	75	945	65	
210	3	46643739	21433104	ND1	251148	60	36817	70	0	1255	60	1180	70	
330	0	46639941	21434850	ND1	238014	50	23666	60	-23	1065	50	1070	60	
42	0	46630867	21439021							955	40	510	50	
100	0	46629605	21439601	ND2	258772	45	44376	55	17	950	45	620	55	
FIN DE LA LISTE DES EFFETS ZEEMAN														

