

NOTICE
SUR LES
TITRES ET TRAVAUX
DE
Claude AMIOT

Janvier 1994 (dernière version)
Réactualisée en août 1999 pour les publications et communications

SOMMAIRE

CURRICULUM VITÆ	page 2
EXPOSE GENERAL DES TRAVAUX:	3
ANALYSE DETAILLEE DES RESULTATS LES PLUS SIGNIFICATIFS:.....	6
DIFFUSION DES RESULTATS: PUBLICATIONS, THESES, CONFERENCES, COMMUNICATIONS	19
DIRECTIONS DE RECHERCHES, ACTIVITES D'ENSEIGNEMENT, JURY DE THESES:	31
RECHERCHES EN COURS:	33
PERSPECTIVES:.....	34

CURRICULUM VITÆ

AMIOT Claude
Né le 31 mai 1942
Célibataire

- 1959- Baccalauréat Mathématiques Élémentaires (Lycée Marcellin Berthelot à Saint Maur).
- 1965- Licence de Doctorat en Sciences Physiques (8 certificats)
- 1965- Admission sur titres en seconde année de l'Ecole Supérieure d'Electricité
- 1966- D.E.A. de Spectronomie
- 1967- Assistant titulaire en Maîtrise de Physique (Professeur Lucienne Couture)
- 1969- Thèse de Doctorat de Troisième Cycle (Université Paris VI).
- 1970- Service National. Affectation D.R.M.E. au Laboratoire Aimé Cotton (Orsay).
- 1971- Attaché de recherche C.N.R.S.
- 1976- Thèse de Doctorat d'Etat. Laboratoire Aimé Cotton (Orsay).
- 1978- Chargé de recherche C.N.R.S.
- 1982- Responsable d'un projet de l'A.T.P. " Physico-Chimie des Molécules Interstellaires"
- 1994- Directeur de recherche au CNRS.

EXPOSE GENERAL DES TRAVAUX

J'ai été accueilli au sein du Laboratoire de Spectroscopie Moléculaire de Paris en septembre 1966 par Monsieur le Professeur Gilbert Amat qui en assurait à l'époque la direction. J'ai trouvé dans ce laboratoire puis, ultérieurement au Laboratoire Aimé Cotton que j'ai rejoint définitivement en 1986, les conditions souhaitées pour l'apprentissage et l'épanouissement de mes travaux de recherche.

Mon premier travail, effectué sous la direction de Lucien Henry, a consisté à construire un spectromètre classique à réseau de 2,5mètres de distance focale et à le rendre opérationnel. Une part importante de l'activité du laboratoire était, à cette époque, consacrée à l'obtention de hautes résolutions spectrales. La conception et la réalisation d'un goniomètre interférentiel, destiné à mesurer avec précision les nombres d'ondes des raies moléculaires enregistrées par cet appareil, ont constitué l'essentiel de ma Thèse de Troisième Cycle (Paris 1969).

C'est en qualité de stagiaire D.R.M.E. qu'à l'occasion de mon Service National, en 1970, j'ai quitté un an mon laboratoire d'origine pour m'intégrer au groupe de Spectroscopie de Fourier du Laboratoire Aimé Cotton, groupe dirigé par Pierre Connes. Je me suis alors familiarisé avec la technique des interféromètres de Fourier.

Dès mon retour j'entrai au C.N.R.S. pour y préparer une Thèse d'Etat sous la direction du Professeur Gilbert Amat. Le sujet proposé comportait deux volets : le premier, instrumental, consistait à améliorer les possibilités spectroscopiques de l'interféromètre, d'une part, en le faisant fonctionner sous vide afin d'éliminer les effets indésirables des gaz atmosphériques et, d'autre part, en étendant son domaine de sensibilité vers l'infrarouge. Ces améliorations réalisées j'ai alors appliqué les nouvelles qualités de l'instrument : grande étendue, haute résolution et capacité d'analyser en une seule expérience un grand nombre d'éléments spectraux, à la détermination systématique des niveaux d'énergie de vibration rotation de la molécule triatomique linéaire N_2O . Dans le second volet, théorique, j'ai pu, muni de mesures nombreuses et précises, évaluer la limite de validité des formalismes théoriques existants à cette époque. Ces recherches ont formé la matière de ma **Thèse d'Etat soutenue en avril 1976**.

Après la Thèse j'ai continué une collaboration étroite avec le groupe de spectroscopie de Fourier du Laboratoire Aimé Cotton (Jean Vergès).

Mon laboratoire ayant orienté résolument une partie de ses activités vers la physique des atmosphères je me suis tout d'abord consacré à des problèmes situés à l'Interface entre la Physique Moléculaire et l'Astrophysique. Une forte demande de la communauté des Astrophysiciens m'a alors engagé à obtenir puis, ensuite, à interpréter les spectres de radicaux et molécules diatomiques spécifiques.

Un contrat de l'A.T.P. "Physico-Chimie des Molécules Interstellaires" a soutenu mes recherches consacrées au radical C_2 et à ses variétés isotopiques. A cette occasion une collaboration a également été engagée avec le Département d'Astrophysique Fondamentale de l'Observatoire de Meudon dans le but d'étudier les spectres du radical OD et ceux de la molécule CO. Outre l'aspect fourniture de données spectrales précises pour l'Astrophysique, la motivation Physique Moléculaire n'était évidemment pas absente de mes préoccupations puisque des phénomènes de perturbations et de prédisassociations ont été mis en évidence et expliqués au cours de ces études. Les résultats de ces recherches ont formé la matière de la Thèse de Doctorat d'un étudiant Albanais, Kastriot Islami, dont j'assurai la direction effective (soutenance en septembre 1985).

A la même époque je me suis également consacré à l'étude de molécules présentant un intérêt simultané pour les deux branches: Physique Moléculaire et Physique de l'Atmosphère terrestre. En particulier, l'urgence des problèmes de pollution de la couche d'ozone par les rejets industriels azotés m'a engagé vers une étude approfondie de la molécule d'oxyde azoteux NO. La mise au point de nouvelles sources d'émission m'a permis de mettre en évidence de nombreuses transitions apparaissant entre les états électroniques excités et d'obtenir des mesures précises des positions et intensités des raies spectrales. L'exploitation des mesures effectuées à l'aide d'instruments embarqués sur satellite nécessite en effet de telles données précises obtenues préalablement au laboratoire. De nombreuses perturbations entre niveaux d'énergie ont été mises en évidence et interprétées. La qualité et la quantité des données spectroscopiques accumulées sur NO ont ensuite fait de cette molécule un candidat idéal pour de très nombreuses études ultérieures qui utilisent le laser comme source d'excitation à un ou plusieurs photons : mesures de sections efficaces de transferts, spectroscopie des états de Rydberg,...

A partir de 1982 mon activité s'est orientée vers l'association entre Lasers et Spectroscopie par Transformation de Fourier. La principale motivation de ces travaux consiste à mettre en évidence, et à caractériser de la façon la plus complète possible, les états électroniques de molécules diatomiques. Dans ce but j'ai utilisé le rayonnement du laser afin de porter les molécules à étudier dans des états excités. La lumière de fluorescence, résultant de la désexcitation, est ensuite analysée par spectroscopie de Fourier.

Le choix des molécules était guidé par trois types de recherches :

-La première recherche effectuée se situait dans le cadre de l'expérience de Dynamique Réactionnelle mise au point au laboratoire. L'étude de la collision réactive $\text{Cs}^* + \text{H}_2 \rightarrow \text{CsH} + \text{H}$ nécessitait, en effet, une connaissance spectroscopique fine des molécules Cs_2 et CsH présentes dans le volume de collision.

L'observation des derniers niveaux rotationnels liés de l'état fondamental de la molécule CsH et celle des premières raies élargies par couplage rotationnel avec le continuum, ont permis d'évaluer l'énergie de dissociation de cette molécule. Cette donnée était nécessaire pour établir un bilan d'énergie précis de la collision. La molécule dimère de césium étant très lourde, une congestion des structures spectrales interdit toute étude en absorption.

La méthode de fluorescence induite par laser (F.I.L.), associée à un instrument de grande résolvançe, m'a permis de caractériser sept états électroniques de cette molécule. Les résultats ont formé la matière de la Thèse de Troisième cycle de Claudine Crépin, Thèse dont j'ai assumé la direction de la partie spectroscopique. En ce qui concerne la molécule Cs_2 j'ai noué une collaboration suivie avec les deux groupes allemands qui avaient déjà travaillé sur cette molécule (Professeur Carl Vidal du Max Planck Institut de München et Professeur Wolfgang Demtröder de l'Université de Kaiserslautern) afin de réaliser un traitement global et homogène de toutes les données spectroscopiques existantes : absorption saturée, double résonance, fluorescence induite par laser. Une telle étude, rarement réalisée, évite la situation habituelle dans laquelle chaque groupe de recherche propose un jeu de constantes spectroscopiques pour un même état électronique.

- Un deuxième type de recherche a bénéficié des qualités de stabilité et de puissance du rayonnement émis par les lasers à longueur d'onde variable. En effet l'extension des domaines spectraux d'excitation a ainsi apporté un essor nouveau à l'association laser-spectroscopie de Fourier. Les résultats obtenus précédemment avec les lasers à longueur d'onde fixe m'ont incité à tenter de décrire complètement les états électroniques les noyaux s'éloignant depuis leur position d'équilibre jusqu'à la dissociation. Mon choix d'étudier le dimère de rubidium a été guidé par deux raisons : tout d'abord les données existantes étaient, soit absentes, ou peu précises. Cet état de fait résultait de la non résolution des structures spectrales due à la masse élevée de la molécule et à la présence simultanée de deux variétés isotopiques. D'autre part, les positions calculées des états électroniques étaient au minimum quatre ordres de grandeur moins précises que mes déterminations expérimentales. Ces dernières ont motivé de nouveaux calculs dans plusieurs groupes

de théoriciens (Professeur Meyer à Kaiserslautern et Philippe Millié au C.E.A. à Saclay).

- **La troisième recherche** consacrée aux molécule NaLi et Na₂ a des motivations plus physiques : il s'agit d'étudier le transfert d'excitation électronique associé à des perturbations entre deux états d'une molécule mixte.

Naturellement cette association fructueuse entre excitation laser et spectroscopie de Fourier a initié de nombreuses études et collaborations avec des groupes français et étrangers. J'ai présenté un bilan complet des résultats de mes recherches lors d'une Conférence Invitée au congrès Laser à Lyon (juin 1987).

En définitive on peut résumer mon activité de recherche en quatre grands thèmes qui seront exposés plus en détail dans la suite de cette notice :

1-les améliorations expérimentales : interféromètres de Fourier et métrologie ;

2-l'exploitation de ces possibilités nouvelles dans l'enregistrement programmé du spectre d'une molécule test: N₂O. La quantité et la qualité des données spectroscopiques permettent, pour la première fois, une comparaison réaliste avec les formalismes théoriques existants ;

3-l'étude de molécules présentant un intérêt simultané en Physique Moléculaire et en Astrophysique ou en Physique de l'atmosphère terrestre: C₂, NO, OD et CO ;

4-la mise en oeuvre et l'exploitation de la méthode associant excitation laser et analyse par spectroscopie de Fourier dans trois cas :

° Molécules Cs₂ et CsH comme préalable de l'étude d'une collision réactive ;

° Molécules Rb₂ , RbCs et K₂ pour caractériser des états électroniques jusqu'à la limite de dissociation ;

° Molécules NaLi et Na₂ pour mettre en évidence et tenter d'expliquer le transfert d'excitation entre deux états électroniques.

ANALYSE DETAILLEE DES RESULTATS OBTENUS

Je ne présenterai que quelques exemples caractéristiques de chacun des quatre thèmes mentionnés dans l'exposé général des travaux.

I) AMELIORATIONS INSTRUMENTALES. METROLOGIE

. Mise au point de spectromètres

Le but de la spectroscopie instrumentale consiste à analyser aussi finement que possible les structures spectrales. J'ai participé à la réalisation et à la mise au point de deux types d'appareils permettant cette analyse :

- le grand spectromètre à réseau de type Ebert-Fastie du Laboratoire de Spectroscopie Moléculaire de Paris ;

- l'interféromètre par Transformée de Fourier de la 3^{ème} génération installé au Laboratoire Aimé Cotton.

Après avoir mis en évidence le très grand pouvoir de résolution associé à ces appareils, il devenait nécessaire de mesurer avec précision les nombres d'ondes des raies spectrales. Leur détermination absolue nous a d'abord amené à assurer le fonctionnement des spectromètres dans le vide en les plaçant dans des enceintes étanches. Cette mise sous vide permettait, de plus, d'éliminer les absorptions parasites dues aux molécules de l'atmosphère (eau, gaz carbonique). Ensuite, j'ai abordé le problème de l'étalonnage des mesures de nombres d'ondes, puis celui de l'étude et de la réalisation des sources utilisées pour obtenir les spectres.

. Etalonnage des mesures de nombres d'ondes

Il importe, en effet, de déterminer le nombre d'ondes des raies spectrales avec toute la précision qu'autorise le couple résolution, rapport signal-sur-bruit observé dans les spectres.

Avec un spectromètre à réseau, un enregistrement est obtenu en faisant tourner de façon continue le disperseur, puisque le nombre d'ondes de la radiation de sortie est proportionnel au sinus de l'angle d'incidence. La mesure des nombres d'ondes s'effectue en enregistrant simultanément le spectre à étudier et un spectre de référence connu. Celui-ci ne pouvant être infiniment dense, il est nécessaire de faire une interpolation pour mesurer les nombres d'ondes compris entre ceux de deux raies de référence. Mais, comme la rotation du réseau n'est pas régulière par suite d'inévitables petits défauts des mécanismes d'entraînement du plateau portant ce réseau, l'interpolation entre les nombres d'ondes des raies étalons n'est pas linéaire. Il est donc souhaitable d'avoir une échelle de nombres d'ondes entre chaque couple de raies étalons c'est-à-dire, puisque nombre d'ondes et rotation du réseau sont proportionnels, d'évaluer la position angulaire du disperseur à chaque instant. En outre, comme la qualité de l'étalonnage des mesures dépend de celle de l'interpolation, il importe de mesurer le plus fidèlement possible cette position du réseau. C'est dans ce but que j'ai construit un interféromètre de Michelson à coins de cube, ou **goniomètre**, éclairé par un laser hélium-néon (stabilisé en fréquence sur le Lamb dip). La précision des interpolations a été évaluée en fonction de divers paramètres : indice de réfraction et angle au sommet des coins de cube, rayon du

cercle sur lequel ils se déplacent, longueur d'onde et stabilités spectrale et temporelle de la source. Un montage électronique associé au goniomètre a été utilisé pour compter les franges et évaluer les fractions de celles-ci, le pas de chaque référence de nombres d'ondes étant inférieur à 10^{-4} cm^{-1} . L'installation de ce goniomètre sur le spectromètre à réseau a permis d'étalonner les mesures de nombres d'ondes avec une précision meilleure que $5 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$. Les avantages certains obtenus grâce à l'emploi de ce type de goniomètre, ont justifié son installation sur d'autres spectromètres, en particulier sur celui de l'Université de Columbus (Ohio).

Dans le cas de la Spectroscopie de Fourier, la précision des mesures de nombres d'ondes est liée aux qualités de la radiation utilisée pour mesurer la différence de marche dans l'interféromètre. La stabilité spectrale de cette radiation n'étant pas parfaite, on enregistre simultanément avec le spectre à étudier un spectre simple servant de référence ; toutefois un étalonnage absolu des nombres d'ondes de ce spectre est souhaitable. Les bandes de vibration-rotation fondamentale et première harmonique de la molécule CO ont été choisies dans ce but et leurs nombres d'ondes comparés à celui de la radiation du krypton, étalon primaire de longueur. Cependant, comme les domaines spectraux couverts par ces bandes étalons sont discontinus et peu étendus, des étalons secondaires sont nécessaires. Leurs nombres d'ondes doivent être mesurés par rapport à celui des raies de CO. Ce fut un des objectifs de mon étude systématique de la molécule N_2O dont les spectres d'absorption sont denses, faciles à obtenir, et couvrent le domaine de sensibilité de l'interféromètre. J'ai ainsi étalonné, avec une précision absolue meilleure que $3 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$, plus de 35000 nombres d'ondes de cinq variétés isotopiques^{5,12,13,14}. Les centaines de citations faisant référence à ce travail justifient toute son utilité pour l'étalonnage des mesures spectrales. La compilation de ces données a été réalisée dans plusieurs ouvrages dont "Tables of Wavenumbers for the Calibration of Infrared Spectrometers" (Ed. A. Cole) et aussi dans diverses banques de données (G.E.I.S.A., Ecole Polytechnique).

. Etude et réalisation de sources de lumière

La lumière analysée par un spectromètre à réseau, ou l'interféromètre de Fourier, est obtenue de deux différentes manières :

- par absorption sélective à travers le gaz à étudier d'un rayonnement spectralement blanc ;
- par émission de la lumière issue des molécules préalablement excitées du gaz à étudier.

En spectroscopie d'absorption j'ai mis au point des sources blanches intenses et des cuves à réflexions multiples à long parcours (100 mètres). J'ai étudié, de façon générale, la conjugaison des divers éléments optiques avec la pupille d'entrée des appareils d'analyse.

En spectroscopie d'émission, l'excitation des molécules a été obtenue par mise en œuvre des processus physiques suivants :

- réactions chimiques dans des flammes (radicaux C_2 , OD) ;
- interactions avec un champ électromagnétique micro-onde ou avec un champ électrique (NO , C_2 , O_2) ;
- interaction avec un rayonnement laser (CsH , Cs_2 , Rb_2 , TiO , NaLi , Na_2 et K_2).

Afin de bénéficier pleinement des avantages de la spectrométrie de Fourier, il est indispensable de stabiliser à court terme l'émission produite par ces sources, sous peine de dégradation sensible des spectres enregistrés. Ce point important m'a amené à définir précisément les conditions de stabilité et d'intensité de l'émission de telles sources nécessaires pour l'acquisition des spectres présentés dans le chapitre suivant.

II) LA MOLECULE N_2O :

TEST EXPERIMENTAL POUR LES INTERFEROMETRES DE FOURIER

Cette molécule a servi de test afin de mettre en valeur les qualités spécifiques des interféromètres de Fourier de la 3ème génération :

- le domaine spectral étendu, 2000 cm^{-1} , obtenu en un seul enregistrement ;
- la haute résolution maximale, 0.0025 cm^{-1} en utilisant une fonction d'appareil non apodisée ;
- l'excellent rapport signal-sur-bruit qui, associé à la haute résolution, permet d'évaluer avec précision les nombres d'ondes.

Les avantages précédents nous ont amené à résoudre le problème du traitement d'une grande masse d'informations spectrales. J'ai mis au point, et utilisé dans ce but, des méthodes semi-automatiques d'attribution des nombres quantiques. Le bilan général du travail réalisé : nombre de transitions de vibration et de niveaux d'énergie attribués, énergie maximale observée et nombre total de raies spectrales est présenté ci-dessous :

Nombre de transitions vibrationnelles : **353**

Nombre de niveaux d'énergie : **348**

Nombre de raies de vibration-rotation : **35150**

Energie maximale: **9000 cm^{-1}**

Nombre d'isotopes : **12**

TEST POUR LE FORMALISME THEORIQUE DE AMAT-NIELSEN

Les données spectrales, nombreuses et précises, ont servi à éprouver la validité des méthodes théoriques de détermination des fonctions énergie potentielle (F.E.P.) de molécules triatomiques linéaires.

La détermination des potentiels est un sujet difficile, à la fois sur le plan théorique et sur le plan expérimental. Cependant, sous l'impulsion du Professeur Gilbert Amat, des méthodes théoriques performantes avaient déjà été mises au point. Ces méthodes avaient été utilisées par Alain Chédin mais avec des données spectrales peu précises ne permettant pas d'éprouver la finesse des calculs. La quantité et la qualité des données acquises lors de mes études spectroscopiques laissaient espérer un bon accord entre prévisions théoriques et résultats expérimentaux.

Rappelons que la détermination de la F.E.P. est liée au calcul des niveaux d'énergie de vibration-rotation de la molécule. Ces derniers sont obtenus par la résolution de l'équation de Schrödinger $H\Psi = E\Psi$ dans laquelle :

- H est l'opérateur hamiltonien égal à $T+V$. T est l'opérateur énergie cinétique et V l'opérateur que l'on cherche à déterminer. Cet opérateur correspond au potentiel dont dérive le champ de forces auquel sont soumis les noyaux de la molécule ;

- Ψ est la fonction propre associée à l'énergie propre E .

Le calcul des valeurs propres de l'hamiltonien serait un problème direct si l'on connaissait l'expression théorique de la F.E.P. ; mais des calculs ab-initio précis ne sont, à l'heure actuelle, envisageables que pour les molécules diatomiques. En conséquence, on résout le problème inverse en utilisant les énergies expérimentales pour ajuster les inconnues du problème, notamment les coefficients du développement de la F.E.P. en fonction des coordonnées normales. On réalise donc une "inversion" de l'équation de Schrödinger.

Les calculs ont été faits en négligeant les couplages avec les états électroniques voisins, c'est-à-dire en se plaçant dans les limites de l'approximation dite "adiabatique". La F.E.P. ne dépend alors que de la position relative des noyaux et de leur masse.

Le fait de ne pas disposer encore d'un nombre suffisant de données expérimentales pour chaque variété isotopique impose de se placer dans une approximation plus restrictive dite de "Born-Oppenheimer" dans laquelle la F.E.P. est

identique pour toutes les espèces isotopiques. Aux déformations de la configuration géométrique des noyaux on associe deux systèmes de coordonnées : - des coordonnées internes de symétrie : variations de la longueur des liaisons et de l'angle qu'elles font entre elles ; - des coordonnées normales q_1, q_{21}, q_{22}, q_3 . La partie quadratique du développement de la F.E.P. par rapport à ces coordonnées ne contient pas de terme croisé, autrement dit cette partie s'écrit comme une somme de potentiels d'oscillateurs harmoniques.

La méthode que j'ai utilisée consiste, en premier lieu, à calculer les niveaux d'énergie de vibration. Dans ce but, on développe le hamiltonien de Darling-Dennison en ordre de grandeur. La F.E.P. développée jusqu'au quatrième ordre d'approximation, s'exprime en fonction de 47 opérateurs de la forme :

$$O_i(q) = q_1^m (q_{21}^2 + q_{22}^2)^n q_3^p \quad \text{avec } 2 < m+2n+p < 6$$

Deux transformations de contact successives conduisent à un hamiltonien transformé qui est traitable plus simplement. La matrice énergie est alors construite à partir des opérateurs figurant dans cet hamiltonien. La diagonalisation conduit aux valeurs théoriques des énergies des niveaux de vibration. En second lieu, les valeurs propres obtenues sont comparées aux valeurs expérimentales des énergies des niveaux de vibration. Enfin, on calcule les corrections qui doivent être apportées aux coefficients de la F.E.P. initiale, en rendant minima les écarts constatés, grâce à une procédure de moindres carrés. Tous ces calculs très complexes (la base hamiltonienne possède 223 éléments!) ont été rendus possible par la définition de structures algébriques conduisant à une automatisation des processus numériques.

Les résultats les plus marquants que j'ai obtenus sont :

- un jeu de 47 coefficients du développement de la F.E.P. par rapport aux coordonnées internes de symétrie ;
- un nombre identique de coefficients pour chacune des 12 variétés isotopiques lorsqu'on considère le développement en coordonnées normales ;
- les 40 constantes spectroscopiques figurant dans l'expression de la matrice énergie de l'hamiltonien deux fois transformé ;
- la liste des énergies calculées des niveaux de vibration entre 0 et 10000cm^{-1} .

En définitive, **plus de 230 niveaux expérimentaux appartenant à douze variétés isotopiques, distribués entre 500 cm^{-1} et 8000 cm^{-1} , sont recalculés avec un écart moyen inférieur à 0.05 cm^{-1} .** Par ailleurs les limites à l'approximation de Born-Oppenheimer ont pu être mises en évidence¹⁰.

III) PHYSIQUE MOLECULAIRE ET ASTROPHYSIQUE OU PHYSIQUE DE L'ATMOSPHERE TERRESTRE

Molécule C_2

La molécule C_2 joue un rôle primordial dans deux domaines : la Physico-Chimie des combustions et l'Astrophysique. D'une part, la connaissance de son spectre constitue un des maillons nécessaires à la compréhension de la chaîne de mécanismes physiques se produisant dans les combustions. D'autre part, sa forte abondance dans les atmosphères d'étoiles froides et dans celles des comètes a, depuis longtemps, retenu l'attention des Astrophysiciens. Si, en Physico-Chimie on s'intéresse principalement à la molécule $^{12}C_2$, connaître le spectre des variétés $^{13}C_2$ et $^{12}C^{13}C$ est souhaitable pour évaluer le rapport isotopique $^{12}C / ^{13}C$ dans les atmosphères stellaires ou cométaires qui contiennent ces deux espèces isotopiques. La connaissance de ce rapport permettrait de trancher une question aussi fondamentale que celle de l'origine, solaire ou non, des comètes.

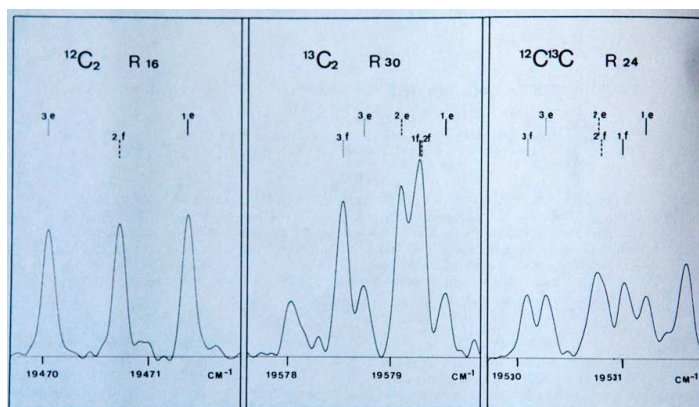
Le radical C_2 étant instable, son spectre ne peut être observé que si le radical est créé de façon continue. Si cette fabrication est relativement aisée pour $^{12}C_2$, par contre elle pose des problèmes ardues pour la variété $^{13}C_2$. Ce fait explique l'absence, avant ce travail, de spectres enregistrés à haute résolution. Je me suis donc attaché, en premier lieu, à améliorer la précision des mesures concernant le radical $^{12}C_2$ et, en second lieu, à fabriquer les molécules $^{13}C_2$ et $^{12}C^{13}C$ et à obtenir leurs spectres dans les domaines spectraux infrarouge et visible.

- Le spectre infrarouge du système de Ballik-Ramsay $b\ ^3\Sigma_g^- \rightarrow a\ ^3\Pi_u$ du radical $^{12}C_2$, émis par une flamme oxyacétylénique, a d'abord été enregistré. Si cette source présente l'avantage d'être intense, les molécules CH , OH , C_2H_2 et H_2O sont simultanément créées avec le radical C_2 d'où l'inconvénient d'un spectre très complexe. L'attribution des nombres quantiques est, de plus, rendue délicate par la présence de perturbations rotationnelles dues au couplage des états électroniques $b\ ^3\Sigma_g^-$ et $X\ ^1\Sigma_g^+$. Les attributions correctes et la prise en compte, dans la matrice énergie, des couplages responsables des perturbations, ont permis de reproduire, à la précision de $3 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$ (voisine de l'incertitude de pointé des raies d'un spectre enregistré par spectroscopie de Fourier), les 2200 nombres d'ondes mesurés³³.

- J'ai ensuite mené à bien l'étude des variétés isotopiques grâce à une aide reçue dans le cadre de l'A.T.P. "Physico-Chimie des Molécules Interstellaires". Pour des raisons évidentes de coût il était en effet impensable d'utiliser la source oxyacétylénique pour produire le radical. Il a été créé par décomposition de molécules de CO marquées en ^{13}C et contenues dans un volume fermé soumis à un intense champ électromagnétique micro-onde. La fabrication de l'espèce $^{13}C_2$ ne nécessitait, avec cette méthode, qu'une faible quantité de gaz $^{13}C^{16}O$. La molécule mixte $^{12}C^{13}C$ a été obtenue en mélangeant les deux espèces ^{12}CO et ^{13}CO .

Les spectres de chacun des systèmes de Ballik-Ramsay $b\ ^3\Sigma_g^- \rightarrow a\ ^3\Pi_u$, de Phillips $A\ ^1\Pi_u \rightarrow X\ ^1\Sigma_g^+$ et de Swan $d\ ^3\Pi_g \rightarrow a\ ^3\Pi_u$ ont été enregistrés^{33,34,35,36}. Les triplets du système de Ballik-Ramsay sont clairement résolus grâce à la haute résolution de l'interféromètre de Fourier. Par contre, le spectre du système de Swan ne bénéficie pas de cette résolution car la largeur enregistrée des raies a pour cause principale, dans le visible, l'élargissement Doppler et non la largeur de la fonction d'appareil de l'interféromètre.

La figure ci-dessous met en évidence le dédoublement de "type λ " (composantes marquées e et f).



Le rapport des intensités des composantes est, pour les triplets de $^{13}\text{C}_2$, conforme à celui prévu par la théorie, c'est-à-dire 1/3, tandis que, pour la molécule mixte $^{12}\text{C}^{13}\text{C}$, le spin nucléaire ne joue plus de rôle et les intensités sont égales.

L'analyse des bandes 0 - 0, 0 - 1, 1 - 0, 1 - 1, 2 - 1 a fourni, pour chaque système électronique, des paramètres moléculaires précis permettant notamment de prévoir la position des transitions non observées ou celles attendues dans les spectres d'étoiles. La recherche concernant le radical a été poursuivie par :

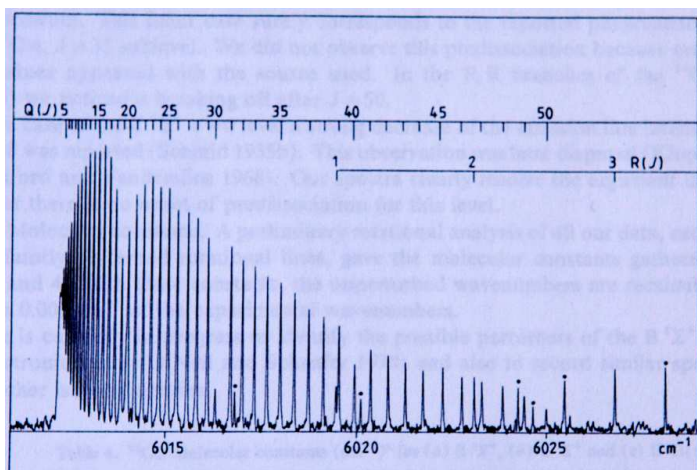
- la détermination des températures vibrationnelle et rotationnelle de la source, déduite de l'étude des intensités ;

- la mise en évidence et l'explication de perturbations rotationnelles observées dans les spectres.

Molécule CO

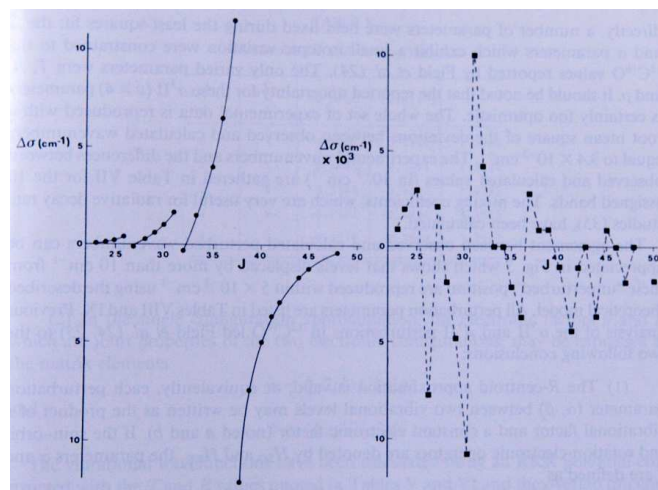
J'ai participé, en 1983, aux réunions de l'équipe dirigée par François Rostas, responsable du projet A.T.P. intitulé "Photoabsorption et Photodissociation de CO entre 900Å et 1200Å". Ma contribution a consisté à étudier les spectres des systèmes $B^1\Pi \rightarrow A^1\Sigma$ (système d'Angström)⁴⁴, $E^1\Pi \rightarrow B^1\Sigma^+$ et $C^1\Sigma \rightarrow B^1\Sigma^+$. Ces deux derniers systèmes ont été mis en évidence pour la première fois. Les observations dans l'ultraviolet (réalisées à Meudon) ont permis, par ailleurs, d'observer les mêmes états supérieurs, E, B, C, dans des transitions vers l'état fondamental. La précision des mesures de nombres d'ondes, et en conséquence des constantes moléculaires, est cependant bien meilleure dans le domaine spectral infrarouge exploré en spectroscopie de Fourier car la résolution de l'interféromètre est supérieure à celle des appareils à réseau.

Ces études ont permis de mettre en évidence un phénomène physique intéressant : une prédissociation rotationnelle accidentelle dans l'état $E^1\Pi$ due à un croisement indirect avec un état triplet dissociatif. La figure ci-dessous montre, dans $^{14}\text{C}^{16}\text{O}$, la "fuite d'énergie" pour certaines raies de la branche Q, transitions dont l'intensité est fortement réduite pour quelques valeurs du nombre quantique rotationnel J voisin de 20⁴⁷.



Branche Q avec prédissociation rotationnelle accidentelle pour les raies voisines de Q(20).
Spectres obtenus par excitation de CO dans une cathode creuse.

Le spectre du système d'Asundi $a'^3\Sigma^+ \rightarrow a^3\Pi$ de la molécule $^{13}\text{C}^{16}\text{O}$ est présent dans les atmosphères d'étoiles froides et la connaissance du spectre avec les deux variétés isotopiques du carbone doit contribuer, comme pour le radical C_2 , à l'évaluation du rapport des concentrations isotopiques. Les spectres ont été enregistrés puis analysés⁵⁰. Les fortes perturbations affectant les spectres ont été correctement "réduites". La figure ci-dessous montre la qualité du modèle théorique retenu et celle du calcul numérique : les écarts entre nombres d'ondes observés et calculés, sans tenir compte de la perturbation à gauche, et en la "réduisant" à droite, sont diminués d'un facteur 1000!.



Bande 1-0 du système d'Asundi de ^{13}CO . Ecart obs.- calc. en cm^{-1} à gauche (avant réduction de la perturbation) et en 10^{-3} cm^{-1} à droite (après réduction).
Ce travail de recherche a fait partie de la Thèse de Monsieur K. Islami.

La molécule CO a également servi de test pour de nouvelles méthodes théoriques. En effet le spectre de vibration-rotation de l'espèce radioactive $^{14}\text{C}^{16}\text{O}$ a été exploré et les résultats ont servi de modèle afin d'apprécier les possibilités d'une nouvelle méthode de détermination des fonctions énergie potentielle des molécules diatomiques (méthode I.P.A.). Ce travail a été réalisé en collaboration avec le Professeur Carl Vidal du Max-Planck Institut de München³⁹.

Molécule NO

L'importance des oxydes d'azote (NO , NO_2 , N_2O ,...), en particulier celle de l'oxyde nitrique NO , tient à leur influence sur la quantité d'ozone de la haute atmosphère. Ce gaz se présente en effet sous la forme d'une mince couche qui protège la terre du rayonnement ultraviolet émis par le soleil. Afin d'étudier l'évolution de la concentration d'ozone de cette couche, à la fois dans le temps et l'espace, il est nécessaire de bien connaître les spectres et intensités des transitions de ces constituants azotés : c'est la première motivation de mon étude du spectre infrarouge de NO . La seconde est d'ordre fondamental : l'interaction entre le moment de spin électronique non nul (dû à la structure particulière de cette molécule "radical") et le moment angulaire de rotation affecte les niveaux d'énergie et induit des effets intéressants. Enfin, l'attention que j'ai portée aux premiers états électroniques excités vient du choix fréquent de cette molécule comme "cobaye" dans des expériences dans lesquelles on réalise l'excitation multiphotonique ou la photoionisation à l'aide de lasers. Une connaissance fine des niveaux d'énergie de ces états relais est une condition préalable au succès de ces expériences.

Avant mon travail, les données expérimentales étaient nombreuses mais peu précises car résultant de mesures faites dans le domaine ultraviolet. J'ai remédié à cette situation en étudiant, d'une part, l'état fondamental et, d'autre part, les premiers niveaux vibrationnels des cinq états électroniques de plus basse énergie.

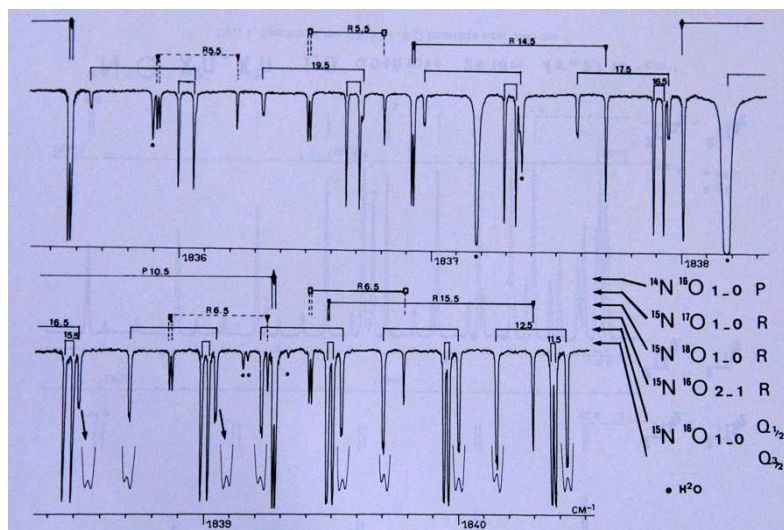
Un bilan des transitions étudiées et des phénomènes physiques mis en évidence est résumé ci-dessous :

Transitions			Phénomènes physiques
X $^2\Pi$ ($v=0,1,2$)	--	X $^2\Pi$ ($v=0,1$)	Intensités, dédoublement λ , auto-élargissement
X $^2\Pi$ ($v=2,23$)	--	X $^2\Pi$ ($v=0,19$)	Potentiel de l'état fondamental
C $^2\Pi$ ($v=0,1$)	--	A $^2\Sigma^+$ ($v=0,1$)	Interactions C - B
D $^2\Sigma^+$ ($v=0,4$)	--	A $^2\Sigma^+$ ($v=0,4$)	Dédoublement λ
E $^2\Sigma^+$ ($v=0,4$)	--	D $^2\Sigma^+$ ($v=0,4$)	Mise en évidence de l'état $^4\Sigma$
E $^2\Sigma^+$ ($v=0,2$)	--	A $^2\Sigma^+$ ($v=0,2$)	
M $^2\Sigma^+$ ($v=0$)	--	E $^2\Sigma^+$ ($v=0$)	Perturbations par l'état L
Rydberg 3d ($v=0$)			Traitement global d'un complexe

Etat électronique fondamental X $^2\Pi$

Les transitions de vibration-rotation $1 - 0$, $2 - 1$ et $2 - 0$, apparaissant en absorption dans l'infrarouge, ont été observées pour cinq variétés isotopiques avec azote de masses 14 et 15 et oxygène 16, 17, 18. Le couplage précédemment mentionné, entre moments de spin et de rotation, est responsable du phénomène de dédoublement λ : chaque "raie" du spectre enregistré à moyenne résolution (spectromètre à réseau) est en réalité un ensemble de deux raies distantes de 10^{-3} à 10^{-2} cm^{-1} . La très grande résolution de l'interféromètre a permis, pour la première fois, l'observation de ces doublets.

La figure ci-dessous représente ces doublets résolus ; la structure hyperfine des raies Q, partiellement résolue, étant visible dans la sous-branche $1/2 - 1/2$. Un agrandissement local est donné au pied des doublets hyperfins¹⁷.



Branches Q de la transition 1-0 de NO. Noter les doublets " λ et hyperfins".
Spectre d'absorption dans ^{15}NO . Trajet 86 m; pression : 0.1 Torr.

compte des phénomènes physiques suivants : dédoublement λ , interaction spin-rotation et variation rotationnelle de l'interaction spin-orbite. La qualité de ce modèle a justifié son emploi ultérieur par plusieurs groupes étrangers (A. Pine et L. Meerts).

Le dosage de NO dans l'atmosphère nécessite aussi la connaissance de l'intensité des transitions rotationnelles et celle des coefficients d'auto-élargissement. J'ai mesuré plus de 200 intensités et coefficients des raies des bandes 1 - 0 et 2 - 1. Nous avons mis au point une méthode inédite prenant en compte l'effet du dédoublement λ de chaque raie, phénomène négligé dans les études antérieures et responsable d'une erreur systématique d'au moins 10% ²⁵.

L'exploration de l'état fondamental a ensuite été complétée par l'étude de niveaux de grands v. L'absorption à partir des niveaux v = 0 ou 1 étant trop faible, j'ai utilisé la spectroscopie d'émission : après population d'un niveau d'énergie élevée, il apparaît une émission en cascade correspondant aux séquences $\Delta v = 2, 3$. L'analyse simultanée de l'ensemble des nombres d'ondes observés et la détermination de constantes moléculaires précises ont permis de construire la courbe d'énergie potentielle jusqu'à 35000 cm^{-1} ^{24, 32}.

Etats électroniques de Rydberg: A $^2\Sigma^+$, D $^2\Sigma^+$, E $^2\Sigma^+$, M $^2\Sigma^+$, C $^2\Pi$

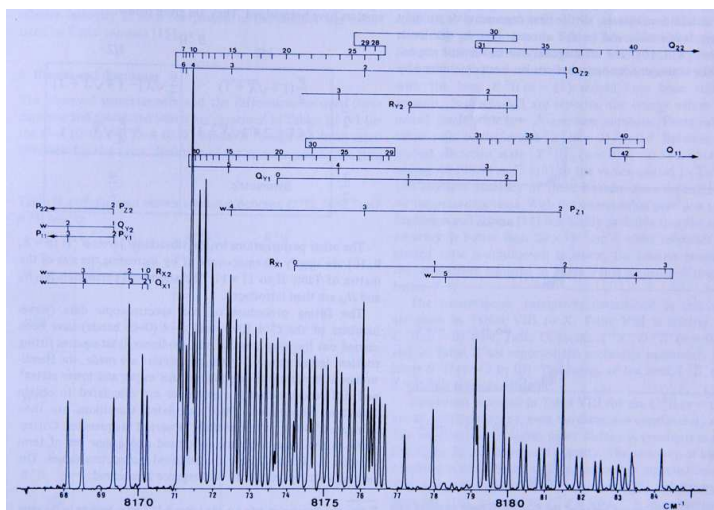
J'ai construit plusieurs sources émettant les transitions indiquées dans la Table précédente. Tout d'abord j'ai évalué le dédoublement de spin des états de symétrie $^2\Sigma$ et interprété les multiples perturbations résultant du couplage entre états de Rydberg et états de valence³¹. Les déplacements des raies spectrales, par rapport à la position qu'elles occuperaient sans perturbation, peuvent atteindre 10 cm^{-1} . En conséquence reproduire par le calcul les nombres d'ondes expérimentaux (à quelques 10^{-3} cm^{-1} près) a rendu nécessaire la construction de la matrice énergie prenant en compte tous les couplages entre états voisins²⁸.

Je me suis ensuite consacré à l'étude du niveau v = 0 de l'état électronique C $^2\Pi$. Ce niveau présente les particularités suivantes :

- des perturbations par les niveaux v = 7 à 11 de l'état de valence B $^2\Pi$;
- une prédissociation des premiers niveaux rotationnels due à la quasi-coïncidence avec la limite de dissociation atomique N + O. Cela explique le rôle essentiel joué par ce niveau dans la photodissociation de la molécule par le rayonnement solaire.

L'étude envisagée a d'abord nécessité l'enregistrement d'une transition faisant intervenir cet état : la bande 0 - 0 du système C - A a été choisie.

La figure ci-dessous met en évidence la qualité du spectre ainsi que sa structure très complexe, difficile à interpréter : multiples retournements du sens des branches, perturbations, absence de raies, anomalies d'intensités,... . Le formalisme que j'ai mis au point³⁰ s'est avéré satisfaisant puisque les niveaux d'énergie ont été reproduits à mieux que 10^{-3} cm^{-1} .

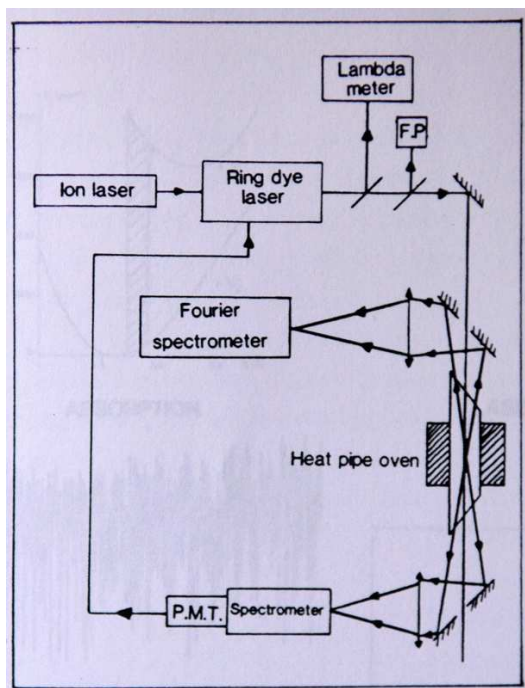


Branche Q de la bande 1 - 0 du système C $^2\Pi$ -- A $^2\Sigma$ de NO. Noter la structure complexe des sous-branches. Spectre émis après excitation d'un flux de NO par une décharge électrique .

IV) LASERS ET SPECTROSCOPIE PAR TRANSFORMATION DE FOURIER

Principe des expériences

Le schéma de principe est donné sur la figure ci-dessous :



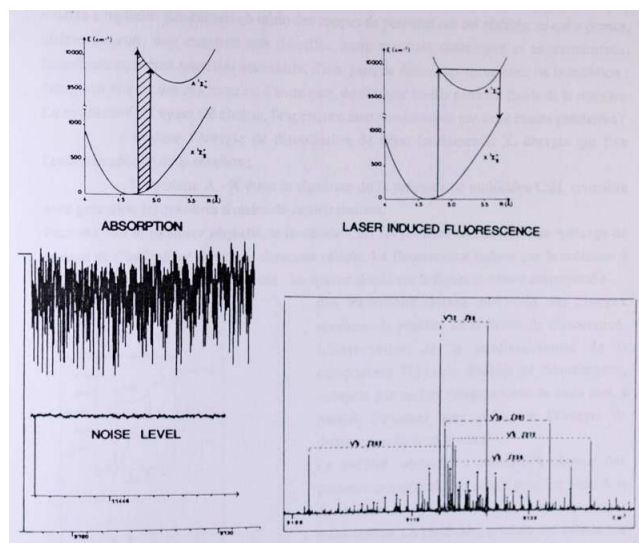
La lumière, issue soit d'un laser ionique à longueur d'onde fixe, ou d'un laser en anneau à longueur d'onde variable, est envoyée dans un four caloduc. La fluorescence arrière est recueillie par un miroir percé qui la renvoie vers le spectromètre de Fourier. La fluorescence directe sert à l'asservissement en fréquence et en intensité des rayonnements laser. Plusieurs colorants ont été utilisés, depuis le Styryl donnant une émission vers $1.1 \mu\text{m}$ jusqu'aux Rhodamines. Le laser à solide Saphir-Titane a également permis d'obtenir de plus grandes puissances associées à un usage plus aisé.

Avantages de la méthode

Cette méthode permet de simplifier considérablement les spectres enregistrés et de rendre possible l'étude des molécules lourdes qui présentent des largeurs de raies petites associées à des structures spectrales très serrées. En effet, il a été prouvé qu'un échantillon convenablement choisi de la répartition des nombres quantiques observés est suffisant pour avoir une bonne représentation des états électroniques. Elle a été appliquée à l'étude de nombreuses molécules diatomiques.

La figure ci-dessous montre les schémas de principe des méthodes par absorption (à gauche) et par fluorescence induite (à droite). En dessous sont représentés deux exemples de spectres obtenus avec celles-ci. En spectroscopie "classique" d'absorption une bande continue de niveaux d'énergie participe à la formation du

spectre ; en conséquence ce spectre est très dense, non résolu et non interprétable. A droite, en fluorescence induite, seuls quelques niveaux sont excités et le spectre devient relativement facile à identifier.



Schémas symboliques des spectroscopies d'absorption (à gauche) et de fluorescence induite (à droite). Les spectres correspondants (transition A - X de Cs_2)⁵³ sont représentés à la partie inférieure.

Spectre de gauche : absorption dans un caloduc de 20 cm de longueur chauffé à 200° C.

Spectre de droite : fluorescence dans le même caloduc chauffé à 350° C ; raie excitatrice du laser Ar^+ à 1.06 μm .

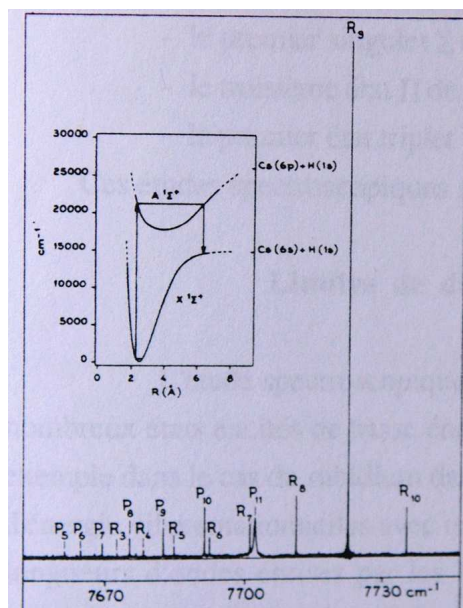
1) Spectroscopie des réactants de la collision réactive $\text{Cs}^* + \text{H}_2 \rightarrow \text{CsH} + \text{H}$: molécules CsH et Cs_2

Molécule CsH

Le projet de Dynamique Réactionnelle, consistant à étudier la réaction fortement endoénergétique entre atomes de césium et d'hydrogène, m'a conduit à l'étude spectroscopique du dimère Cs_2 et à celle de l'hydruure CsH . Cette collision $\text{Cs}^* + \text{H}_2 \rightarrow \text{CsH} + \text{H}$ a été choisie parce qu'elle est assez simple : en effet, elle ne fait intervenir qu'un électron sur la couche ouverte du césium et les deux électrons de la molécule d'hydrogène. Du fait de cette relative simplicité, des calculs ab-initio des nappes de potentiel ont été réalisés, ce qui a permis, ultérieurement, une comparaison détaillée entre résultats théoriques et expérimentaux. Initialement, il était toutefois nécessaire, d'une part, de définir les paramètres de la collision : énergie et vitesse des réactants et, d'autre part, de détecter un des produits finals de la réaction, la molécule CsH . L'expérience de collision réactive était conditionnée par deux études préalables :

- évaluer l'énergie de dissociation de l'état électronique fondamental X de cette molécule, énergie qui fixe l'endoénergéticité de la réaction ;
- étudier le système A - X car la formation de molécules CsH devait être détectée par fluorescence induite par laser du système A - X.

Pour réaliser le premier objectif, la molécule CsH fut produite en chauffant un mélange de césium et d'hydrogène contenus dans une cellule. La fluorescence induite par la radiation à 457,9 nm du laser Ar^+ a été analysée. Le spectre donné sur la figure ci-contre correspond à des transitions faisant intervenir des niveaux rotationnels proches de la limite de dissociation.



L'observation de la prédissociation de la composante P(11) du doublet de fluorescence, marquée par un fort élargissement de cette raie, a permis d'évaluer avec précision l'énergie de dissociation du fondamental⁴².

Le second objectif a consisté à obtenir des paramètres moléculaires précis pour les états A et X. L'état A a été étudié en spectroscopie d'absorption. La molécule, produite en cellule par voie thermique, a été détectée en fluorescence globale ; cela revient à réaliser un spectre d'absorption dans lequel toutes les molécules participent à l'obtention du signal. Les bandes 5 - 0, 8 - 1, 9 - 1 du système A - X ont été analysées dans le domaine du colorant Rhodamine 110. Ces nombres d'ondes de la bande 5 - 0 ont ensuite servi dans la détection fructueuse des molécules CsH formées dans la collision réactive.

Molécule Cs₂

Les alcalins lourds présentent des structures vibrorotationnelles très serrées qui sont masquées, à la température de formation des molécules, par l'élargissement Doppler. Comme je l'ai montré précédemment, la méthode de fluorescence induite, en simplifiant les spectres, est bien adaptée à l'étude de tels systèmes très complexes ; elle offre par ailleurs un avantage supplémentaire dans le cas des molécules homonucléaires. Leurs états électroniques se répartissant en deux classes de symétrie g et u (l'état électronique fondamental étant X $^1\Sigma_g^+$), les règles de sélection g -- g, u -- u interdisent toute observation directe, à partir de l'état X d'états de symétrie g. Ces états ne peuvent donc être étudiés que par absorption multiphotonique ou par des émissions issues d'états de symétrie u d'énergie supérieure. Cette dernière solution a été retenue : les molécules portées dans un état électronique excité u par le rayonnement laser se désexcitent par cascade vers des états de symétrie g inconnus.

Avant mon travail Wolfgang Demtröder avait observé, en utilisant une technique sans élargissement Doppler, deux états : X $^1\Sigma_g^+$ et C $^1\Pi_u$. A l'issue de l'emploi systématique de tous les types de laser, les sept états électroniques suivants ont été caractérisés avec précision et une étude simultanée de toutes les données spectroscopiques existantes réalisée^{38,40,41,45,48,56,61} :

- E $^1\Sigma_u^+$ excité par les lasers ioniques ;
- le premier singulet de symétrie Π : $^1\Pi_g$;
- les deux premiers singulets Σ : (2) $^1\Sigma_g^+$ et (3) $^1\Sigma_g^+$;
- le premier singulet Σ de symétrie u : A $^1\Sigma_u^+$;
- le troisième état Π de symétrie u : (3) $^1\Pi_u$;

- le premier état triplet : $(1) {}^3\Sigma_g^+$.

Ces études spectroscopiques sur CsH et Cs₂ ont fait partie de la **Thèse de Claudine Crépin**.

2) Limites de dissociation : molécules Rb₂ , RbCs et K₂

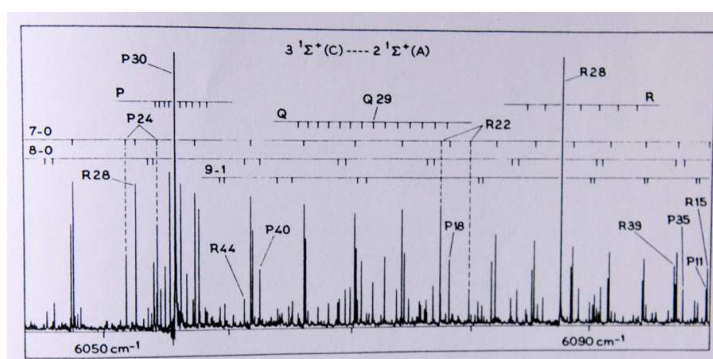
L'étude spectroscopique de ces trois molécules lourdes a permis de caractériser de nombreux états excités de basse énergie. Remarquons que le terme "caractériser" signifie, par exemple dans notre étude du rubidium dans son état fondamental, déterminer environ 40000 niveaux d'énergie vibrorotationnelles avec une précision de quelques 10^{-3} cm^{-1} . Le plus grand choix de longueurs d'ondes émises par les lasers, conséquence des progrès technologiques rapides, a permis de choisir les longueurs d'ondes d'excitation adaptées à l'observation de niveaux correspondant à la position internucléaire d'équilibre jusqu'à de très longues distances internucléaires (cinq fois la distance d'équilibre).

J'ai pu ainsi donner des valeurs des énergies de dissociation et tester la validité des représentations théoriques des énergies pour ces niveaux particuliers : développements multipolaires, formalisme de LeRoy, ...^{46,51,52,55,62,66}.

3) Transferts d'excitation électronique : molécules NaLi et Na₂

Lors de l'étude de la molécule NaLi un phénomène physique non observé précédemment dans une molécule alcaline mixte, a été mis en évidence : un transfert d'excitation entre les états électroniques B ${}^1\Pi$ et C ${}^1\Sigma^+$. Après excitation par un laser Ar⁺ du niveau $v = 1$, $J = 29$ de l'état B il y a transfert vers le niveau voisin $v = 7$ pour le même J de l'état C.

La figure ci-dessous montre le doublet de fluorescence directe P(30), R(28) de la transition B - A accompagné du spectre de transfert C - A beaucoup plus dense. L'attribution de ce spectre est compliquée par la présence de perturbations apparaissant simultanément entre les états B et C. De l'étude fine des intensités des transitions, des règles de "préférence" rotationnelle ont été mises en évidence. La prise en compte, dans la matrice hamiltonienne, de toutes les perturbations (apparaissant dans les niveaux $v = 5$ à $v = 13$ de l'état C) a permis de reproduire fidèlement les nombres d'ondes. Ces résultats ont été publiés au Journal of Chemical Physics⁶³.



Le doublet de fluorescence P(30), R(28) de la transition B -- A est accompagné de relaxations P et R et aussi de relaxations Q autour de Q(29). Le transfert C -- A apparaît par les bandes 7 - 0, 8 - 0 et 9 - 1. Des perturbations rotationnelles sont visibles autour des raies P(24) et R(22) (2 raies).

Spectre obtenu par fluorescence induite dans un caloduc avec la raie 496.5 nm du laser Ar⁺.

En ce qui concerne la molécule Na₂, après excitation par les longueurs d'ondes ultra-violettes des lasers Ar⁺ et Kr⁺, un transfert entre l'état C ${}^1\Pi_u$ et un état inconnu ${}^1\Delta_g$ a été observé. L'interprétation des spectres a permis d'en déduire les constantes moléculaires précises pour cet état inconnu⁶⁷, premier membre d'une série de Rydberg.

DIFFUSION DES RESULTATS

PUBLICATIONS

- 1) Etude de la bande ν_4 de l'iodure de méthyle ICH_3
P. Connes, J. Pinard, G. Guelachvili, J.P. Maillard, C. Amiot, M.L. Grenier, C. Camy-Peyret, J.M. Flaud
J. Phys. **33**, 77-84 (1972)
- 2) Etude de la bande $\nu_1 + \nu_4$ de CH_4 de 4136 à 4288 cm^{-1}
N. Husson, G. Poussigue, A. Valentin, C. Amiot
Revue de Physique Appliquée **7**, 267-278 (1972)
- 3) High resolution Fourier transform spectrum of water between 2930 and 4255 cm^{-1}
C. Camy-Peyret, J.M. Flaud, G. Guelachvili, C. Amiot
Mol. Phys. **26**, 825-855 (1973)
- 4) Etude rovibrationnelle de la bande parallèle à structure perpendiculaire $\nu_4 + \nu_6$ de CH_3Br .
N. Benzari-Zizi, C. Alamichel, C. Amiot
Mol. Phys. **27**, 1491-1501 (1974)
- 5) Vibration-rotation bands of $^{14}\text{N}_2^{16}\text{O}$, 1.2 - 3.3 μm region.
C. Amiot, G. Guelachvili
J. Mol. Spectrosc. **51**, 475-491 (1974)
- 6) High resolution vibration-rotation spectra of carbon-suboxide :
Molecular constants for the ground state and $2\nu_7$
A.W. Mantz, P. Connes, G. Guelachvili, C. Amiot
J. Mol. Spectrosc. **54**, 43-53 (1975)
- 7) Nouvelle détermination des constantes rotationnelles de base du silane
G. Pierre, G. Guelachvili, C. Amiot
J. Phys. **36**, 487-492 (1975)
- 8) The ground state of methane $^{12}\text{CH}_4$ through the forbidden lines of the ν_3 band
G. Tarrago, M. Dang, G. Poussigue, G. Guelachvili, C. Amiot
J. Mol. Spectrosc. **57**, 246-263 (1975)
- 9) Perturbation study of the high resolution spectrum of methyl bromide in the range of the fundamental band ν_1
M. Bétrencourt, M. Morillon, C. Amiot, G. Guelachvili
J. Mol. Spectrosc. **57**, 402-415 (1975)
- 10) The potential energy function of the nitrous oxide molecule using pure vibrational data
A. Chédin, C. Amiot, Z. Cihla
J. Mol. Spectrosc. **63**, 348-369 (1976)
- 11) Infrared absorption bands 1 - 0, 2 - 0, 3 - 0 and 4 - 0 of the two isotopic species D^{79}Br and D^{81}Br of deuterium bromide
A. Fayt, D. Van Lerberghe, G. Guelachvili, C. Amiot, P. Bernage, P. Niay
Mol. Phys. **32**, 955-962 (1976)
- 12) Vibration rotation bands of $^{14}\text{N}_2^{16}\text{O}$ - $^{14}\text{N}_2^{18}\text{O}$
C. Amiot
J. Mol. Spectrosc. **59**, 380-395 (1976)

- 13) Extension of the 10^6 samples Fourier spectrometry to the indium antimonide region.
C. Amiot, G. Guelachvili
J. Mol. Spectrosc. **59**, 171-190 (1976)
- 14) Vibration-rotation bands of $^{14}\text{N}^{15}\text{N}^{16}\text{O}$ and $^{15}\text{N}^{14}\text{N}^{16}\text{O}$: 1.6 - 5 μm region
C. Amiot
J. Mol. Spectrosc. **59**, 191-208 (1976)
- 15) Molecular Fourier Spectroscopy
C. Amiot, P. Connes, G. Guelachvili
Elsevier Publishing Company, Amsterdam (1976)
- 16) Spectral coincidences between CO laser lines and absorption lines of NO
C. Amiot
J. Phys. B10, **8**, L317-L320 (1977)
- 17) Infrared study of the $X^2\Pi$ $v = 0, 1, 2$ levels of $^{14}\text{N}^{16}\text{O}$; preliminary results on the $v = 0, 1$ levels of $^{14}\text{N}^{17}\text{O}$, $^{14}\text{N}^{18}\text{O}$, $^{15}\text{N}^{16}\text{O}$
C. Amiot, R. Bacis, G. Guelachvili
Can. J. Phys. **56**, 2, 251-265 (1978)
- 18) High resolution Fourier spectrometry of P_2 infrared emission spectrum : analysis of a new system $A^1\Pi_g \rightarrow A'^1\Sigma_u^-$
C. Effantin, R. Bacis, C. Amiot, J. Vergès
J. Mol. Spectrosc. **69**, 79-90 (1978)
- 19) High resolution Fourier spectrometry of P_2 infrared emission spectrum.
Analysis of two new systems $b^3\Pi_g \rightarrow w^3\Delta_u$ and $A^1\Pi_g \rightarrow W^1\Delta_u$
C. Amiot, C. Effantin, J. d'Incan, J. Vergès
J. Mol. Spectrosc. **72**, 189-199 (1978)
- 20) New analysis of the C_2 Ballik-Ramsay system from flame emission spectra
C. Amiot, J. Chauville, J.P. Maillard
J. Mol. Spectrosc. **75**, 19-42 (1979)
- 21) Infrared study of the ^{15}N isotopic species of nitric oxide near 5.4 μm
C. Amiot, G. Guelachvili
J. Mol. Spectrosc. **76**, 86-103 (1979)
- 22) Analysis of the 0 - 0, 1 - 0 and 2 - 0 bands of the $B^3\Pi_g \rightarrow A^3\Sigma_u^+$ system of $^{14}\text{N}_2$ and $^{15}\text{N}_2$
C. Effantin, C. Amiot, J. Vergès
J. Mol. Spectrosc. **76**, 221-265 (1979)
- 23) Spin-rotation doubling in the NO $A^2\Sigma^+$, $D^2\Sigma^+$, $E^2\Sigma^+$ ($v=0$ electronic states) by emission F.T.S.
C. Amiot, J. Vergès
Chem. Phys. Lett. **66**, 570-573 (1979)
- 24) The $^{14}\text{N}^{16}\text{O}$ ground state up to $v = 15$ by emission Fourier transform spectroscopy of the $\Delta v = 2$ sequence
C. Amiot, J. Vergès
J. Mol. Spectrosc. **81**, 424-444 (1980)
- 25) Intensity and self-broadening coefficient measurements from Fourier transform spectra : application to the nitric oxide fundamental band
J.Y. Mandin, C. Amiot, G. Guelachvili
Ann. Phys. **5**, 91-112 (1980)
- 26) Infrared spectrum and molecular constants of CO_2 in the 1.4 - 1.7 μm atmospheric window by very high resolution Fourier transform spectroscopy
J.P. Maillard, M. Cuisenier, P. Arcas, E. Arié, C. Amiot
Can. J. Phys. **58**, 1560-1569 (1980)

- 27) The emission spectrum of the OD radical in the infrared. Merge of the ultraviolet, infrared and microwave data
C. Amiot, J.P. Maillard, J. Chauville
J. Mol. Spectrosc. **87**, 196-218 (1981)
- 28) First observation of the $M^2\Sigma \rightarrow E^2\Sigma$ transition in NO
C. Amiot
Chem. Phys. Lett. **83**, 40-43 (1981)
- 29) The magnetic dipole transition $a^1\Delta_g \rightarrow X^3\Sigma_g$ in the oxygen afterglow
C. Amiot, J. Vergès
Can. J. Phys. **59**, 1391-1398 (1981)
- 30) Fine structure of the $C^2\Pi \rightarrow A^2\Sigma^+$ and $D^2\Sigma^+ \rightarrow A^2\Sigma^+$ band system of the NO molecule : homogeneous and heterogeneous perturbations
C. Amiot, J. Vergès
Phys. Scr. **25**, 302-311 (1982)
- 31) Fourier transform spectrometry of the $D^2\Sigma \rightarrow A^2\Sigma$, $E^2\Sigma \rightarrow D^2\Sigma$ and $E^2\Sigma \rightarrow A^2\Sigma$ band systems of nitric oxide
C. Amiot, J. Vergès
Phys. Scr. **26**, 422-438 (1982)
- 32) The infrared emission spectrum of NO : analysis of the $\Delta v = 3$ sequence up to $v = 22$
C. Amiot
J. Mol. Spectrosc. **94**, 150-172 (1982)
- 33) Fourier spectroscopy of the $^{12}C^{13}C$ and $^{13}C_2$ Ballik-Ramsay system
C. Amiot, J. Vergès
Astrophys. J. **263**, 993-998 (1982)
- 34) Fourier spectroscopy of the $^{12}C_2$, $^{13}C_2$ and $^{12}C^{13}C$ (0 - 0) Swan bands
C. Amiot
Astrophys. J. Suppl. Ser. **52**, 329-340 (1983)
- 35) Fourier spectroscopy of the $^{12}C^{13}C$ and $^{13}C_2$ Phillips system
C. Amiot, J. Vergès
Astron. & Astrophys. Suppl. Ser. **51**, 257-265 (1983)
- 36) Fourier spectrometry of the $^{13}C_2$ and $^{12}C^{13}C$ radicals : the Phillips, Ballik-Ramsay and Swan electronic systems
C. Amiot, J. Vergès
Bull. Soc. Chim. Belge **92**, 599 (1983)
- 37) First observation of the $A^2\Pi \rightarrow X^2\Sigma^+$ red system of $^{14}C^{14}N$
C. Amiot, J. Vergès
Chem. Phys. Lett. **95**, 189-194 (1983)
- 38) Laser induced fluorescence of Cs_2
C. Amiot, C. Crépin, J. Vergès
Chem. Phys. Lett. **98**, 608-610 (1983)
- 39) The vibration-rotation spectrum of ^{14}CO in the 2.4 - 3 μm spectral range
C. Amiot, J. Vergès, C.R. Vidal
J. Mol. Spectrosc. **103**, 364-378 (1984)
- 40) Ar^+ laser induced fluorescence of Cs_2 : the $E^1\Sigma_u$ and $(1)^1\Pi_g$ electronic states
C. Amiot, C. Crépin, J. Vergès
J. Mol. Spectrosc. **107**, 28-47 (1984)

- 41) The first two excited $^1\Sigma_g^+$ states of Cs_2
C. Amiot, C. Crépin, J. Vergès
Chem. Phys. Lett. **106**, 162-165 (1984)
- 42) Laser induced fluorescence of CsH : the $X\ ^1\Sigma^+$ state dissociation energy
C. Crépin, J. Vergès, C. Amiot
Chem. Phys. Lett. **112**, 10-14 (1984)
- 43) Analysis of the I.P.A. long range potential of iodine in the $B\ ^3\Pi_{0u}$ state
S. Gersternkorn, P. Luc, C. Amiot
J. Phys. **46**, 355-364 (1985)
- 44) Fourier transform spectroscopy of the CO Angström bands
A. Le Floch, C. Amiot
Chem. Phys. **97**, 379-389 (1985)
- 45) The $(1)\ ^3\Sigma_g^+$ electronic state of Cs_2
C. Amiot, J. Vergès
Chem. Phys. Lett. **116**, 273-278 (1985)
- 46) Laser induced fluorescence of the Rb_2 molecule: the $X\ ^1\Sigma_g^+$ electronic state up to $v = 72$
C. Amiot, P. Crozet, J. Vergès
Chem. Phys. Lett. **121**, 390-394 (1985)
- 47) First observation of the $\text{CO}\ E\ ^1\Pi \rightarrow B\ ^1\Sigma^+$ and $C\ ^1\Sigma^+ \rightarrow B\ ^1\Sigma^+$ band systems. Predissociation in the $E\ ^1\Pi\ (v = 0)$ level
C. Amiot, J.Y. Roncin, J. Vergès
J. Phys. B **19**, L19-L23 (1986)
- 48) Laser induced fluorescence of Cs_2 : five new electronic states
C. Amiot, J. Vergès
A.I.P. Conf. Proc. **146**, 460-461 (1986)
- 49) The $^{13}\text{C}_2$ and $^{12}\text{C}^{13}\text{C}$ Ballik-Ramsay system
K. Islami, C. Amiot
J. Mol. Spectrosc. **118**, 132-144 (1986)
- 50) Fourier spectroscopy of the Asundi System $a'^3\Sigma^+ \rightarrow a^3\Pi$ of $^{13}\text{C}^{16}\text{O}$
C. Amiot, K. Islami
J. Mol. Spectrosc. **118**, 363-382 (1986)
- 51) The $\text{Rb}_2\ (1)\ ^1\Pi_g$ electronic state by laser induced fluorescence infrared Fourier transform spectroscopy
C. Amiot
Mol. Phys. **58**, 677-688 (1986)
- 52) The $\text{Rb}_2\ (2)\ ^1\Sigma_g^+$ electronic state by laser induced fluorescence infrared Fourier transform spectroscopy
C. Amiot, J. Vergès
Mol. Phys. **61**, 51-63 (1987)
- 53) The $\text{Cs}_2\ A\ ^1\Sigma_u^+ \rightarrow X\ ^1\Sigma_g^+$ fluorescence excited by the Ar^+ 1.09 μm laser line
J. Vergès, C. Amiot
J. Mol. Spectrosc. **126**, 393-404 (1987)
- 54) Laser induced fluorescence and high resolution Fourier transform spectroscopy (L.I.F.F.T.S.)
J. Vergès, C. Amiot
J. Phys. Coll. C7, tome **48**, 595-600 (1987)
- 55) L.I.F.F.T.S.: a powerful technique for the spectroscopy of two heavy molecules Rb_2 and Cs_2
C. Amiot, J. Vergès
J. Phys. Coll. C7, tome **48**, 690 (1987)

- 56)** High resolution Fourier spectroscopy and laser spectroscopy of Cs_2 : the $(2) \ ^1\Sigma_u^+$, $C \ ^1\Pi_u$, $D \ ^1\Sigma_u$, $(3) \ ^1\Sigma_g$ and $E \ ^1\Sigma_u$ electronic states
C. Amiot, W. Demtröder, C.R. Vidal
J. Chem. Phys. **88**, 5265-5281 (1988)
- 57)** LIF spectroscopy of RbCs using an Ar^+ laser. Rotational analysis of the $^1\Sigma^+$ ground state for v'' up to 66
T. Gustavsson, C. Amiot, J. Vergès
Chem. Phys. Lett. **143**, 101-105 (1988)
- 58)** Spectroscopic investigations of the diatomic molecule RbCs by means of L.I.F..I) Rotational analysis of the ground state up to near dissociation
T. Gustavsson, C. Amiot, J. Vergès
Mol. Phys. **64**, 279-292 (1988)
- 59)** Spectroscopic investigations of the diatomic molecule RbCs by means of L.I.F..II) Rotational analysis of five excited electronic states
T. Gustavsson, C. Amiot, J. Vergès
Mol. Phys. **64**, 293-313 (1988)
- 60)** The NaLi electronic ground state studied by laser induced fluorescence and Fourier transform spectroscopy
C. Fellows, J. Vergès, C. Amiot
Mol. Phys. **63**, 1115-1122 (1988)
- 61)** The $\text{Cs}_2 \ (3) \ ^1\Pi_u$ electronic state pumped by Ar^+ laser lines
C. Amiot
J. Chem. Phys. **89**, 3993-4000 (1988)
- 62)** Laser induced fluorescence of Rb_2 : the $(1) \ ^1\Sigma_g^+(X)$, $(2) \ ^1\Sigma_g^+(1)$, $^1\Pi_u(B)$, $(1) \ ^1\Pi_g$, and $(2) \ ^1\Pi_u(C)$ electronic states
C. Amiot
J. Chem. Phys. **93**, 8591-8604 (1990)
- 63)** The $\text{NaLi} \ (3) \ ^1\Sigma^+(C)$ and $(1) \ ^1\Pi(B)$ electronic states through collision energy transfer
C.E. Fellows, J. Vergès, C. Amiot
J. Chem. Phys. **93**, 6281-6290 (1990)
- 64)** Laser induced and Fourier transform spectroscopy of TiO
T. Gustavsson, C. Amiot, J. Vergès
J. of Mol. Spectrosc. **145**, 56-65 (1991)
- 65)** On the 3d Rydberg states of the NO molecule
A. Bernard, C. Effantin, J. d'Incan, C. Amiot, J. Vergès
Mol. Phys. **73**, 221-234 (1991)
- 66)** The K_2 ground electronic state
C. Amiot
J. of Mol. Spectrosc. **147**, 370-382 (1991)
- 67)** The $(3s,3d) \ ^1\Delta_g$ electronic state of Na_2
R.F. Barrow, C. Amiot, J. Vergès, J. d'Incan, C. Effantin and A. Bernard
Chem. Phys. Letters **183**, 94-97 (1991)
- 68)** Laser-induced fluorescence of BaCl : the $A' \ ^2\Delta$ state
C. Amiot and J. Vergès
Chem. Phys. Letters **185**, 310-312 (1991).
- 69)** The RbCs electronic ground state revisited
C.E. Fellows, C. Amiot, and J. Vergès
Journal de Physique II (special issue in honour of the 80th birthday of P. Jacquinet) vol. 2, n°4, 939-946 (1992).

- 70)** The infrared emission spectrum of SiN between 2.2 and 4.4 μm
M. Elhanine, B. Hanoune, G. Guelachvili and C. Amiot
Journal de Physique II (special issue in honour of the 80th birthday of P. Jacquinot) vol. 2, n°4, 931-938 (1992).
- 71)** Laser-induced fluorescence of BaCl: the $\text{B } ^2\Sigma^+ \rightarrow \text{X } ^2\Sigma^+$ electronic system
M. Hafid, C. Amiot and J. Vergès
Chem. Phys. Letters **210**, 45 - 49 (1993)
- 72)** Laser-induced fluorescence of BaCl: simultaneous analysis of ten electronic transitions between the seven low-lying electronic states
C. Amiot, M. Hafid and J. Vergès
J. Phys. B: Atomic, Molecular and Optical Physics **26**, L 407-412 (1993)
- 73)** High resolution rotational analysis of the $\text{B } ^3\Pi \rightarrow \text{X } ^3\Delta$ (1-0) band of the titanium monoxide
C. Amiot, E.M. Azaroual, P. Luc, and R. Vetter
J. Chem. Phys. **102**, 4375-4381 (1995)
- 74)** High resolution laser spectroscopy of Ti and TiO
C. Amiot, E.M. Azaroual, P. Luc, and R. Vetter
Proceedings of Laboratory and Astronomical High Resolution Spectra. Bruxelles, 2 août - 2 sept. 1994
- 75)** Analysis of spectra obtained by cold-atom photoassociation spectroscopy: the Rb_2 $1g$ and 0_g^- electronic states up to 100\AA
C. Amiot
Chem. Phys. Lett. **241**, 133-139 (1995)
- 76)** The long-range potential of the K_2 $\text{X } ^1\Sigma_g^+$ ground electronic state up to 15\AA
C. Amiot, J. Vergès, and C.E. Fellows
J. Chem. Phys. **103**, 3350-3356 (1995)
- 77)** Laser-Induced Fluorescence and High Resolution Fourier Transform Spectroscopy
J. Vergès, C. Amiot, R. Bacis, and A.J. Ross
Spectrochimica Acta, **51A**, n°7, 1191-1215 (1995)
- 78)** The TiO sub-Doppler Spectrum of the $\text{c } ^1\Phi \rightarrow \text{a } ^1\Delta$ (0-0) band. Spin-Orbit Interactions in the c state
C. Amiot, M. Cheikh, P. Luc, and R. Vetter
J. Mol. Spectrosc. **179**, 159-167 (1996)
- 79)** New measurements of the $\text{a } ^3\Sigma_u^+$ state of K_2 and Improved Analysis of Long Range Dispersion and Exchange Interactions between two K atoms
G. Zhao, W.T. Zemke, J.T. Kim, B. Ji, J.T. Bahns, W.C. Stwalley, Li Li, A.M. Lyyra, and C. Amiot
J. Chem. Phys. **105**, 7976-7985 (1996)
- 80)** BaCl Laser Induced Fluorescence for seven low-lying electronic states
C. Amiot, M. Hafid, and J. Vergès
J. Mol. Spectrosc. **180**, 121-138 (1996)
- 81)** Precise wavenumber calibration in molecular beam spectra: the case of TiO
P. Luc, Y. D'Aigneaux, C. Amiot, and R. Vetter
Metrologia, **34**, 319-329 (1997)
- 82)** Optical-Optical double resonance and Fourier transform spectroscopy: the Rb_2 $\text{B } ^1\Pi_u$ electronic state up to the quasibound energy levels
C. Amiot, C. Vergès
Chem. Phys. Lett. **274**, 91-98 (1997)
- 83)** The AuH $\text{A } 0^+ \rightarrow \text{X } ^1\Sigma^+$ system
C.E. Fellows, M. Rosberg, A.P.C. Campos, R.F. Gutterres, C. Amiot
J. Mol. Spectrosc. **185**, 420-421 (1997)

- 84)** High resolution spectroscopy with molecular beams and tunable lasers
R. Vetter, P. Luc, and C. Amiot
Laser Chem. **18**, 1-11 (1998)
- 85)** Translationally cold Cs₂ molecules formation in a magneto-optical trap
A. Fioretti, D. Comparat, C. Drag, A. Crubellier, O. Dulieu, F. Masnou, C. Amiot, and P. Pillet
in " Resonance Ionization Spectroscopy " ed. by J.C. Vickeman, I. Lyon, N.P.Lockyer, and J. E. Parks, 147-152 (1998)
- 86)** The BaI B ²Σ⁺ and X ²Σ⁺ electronic states through B - X and C - X band system analysis
R.F. Gutterres, J. Vergès, and C. Amiot
J. Mol. Spectrosc. **196**, 29-44 (1999).
- 87)** Photodissociative spectroscopy of the Cs₂ 0_g⁻ long-range state
A. Fioretti, D. Comparat, C. Drag, C. Amiot, O. Dulieu, F. Masnou, C. Amiot, and P. Pillet
Eur. Phys.J. **D5**, 389-403 (1999)
- 88)** The RbCs X ¹Σ⁺ ground electronic state. New spectroscopic study
C.E. Fellows, R.F. Gutterres, A.P.C. Campos, J. Vergès, and C. Amiot
J. Mol. Spectrosc. **197**, 19-27 (1999).
- 89)** Resolution of the apparent disorder of the Rb₂ A ¹Σ_u⁺ (0_u⁺)--- b ³Π_u (0_u⁺) spectra: a case of fully coupled electronic states
C. Amiot, O. Dulieu, and J. Vergès
Phys. Rev. Lett. **83**, 2316-2319 (1999).
- 90)** The (3) ¹Π -- (3) ¹Σ system of KRb
C. Amiot, J. Vergès, C. Effantin, and J. d'Incan
Chem. Phys. Lett., **315**, 55-60 (1999).
- 91)** The E - C transition of NO, and term values for the A, C, D, E lowest Rydberg levels
V.D. Braun, K.P. Huber, M. Vervloet, C. Amiot, and J. Vergès
J. Mol. Spectrosc. **203**, 65-74 (2000).
- 92)** Multichannel tunnelling in the Cs₂ 0_g⁻ photoassociation
M. Vatasescu, O. Dulieu, C. Amiot, D. Comparat, C. Drag, V. Kokoouline, F. Masnou-Seeuws, P. Pillet
Phys. Rev. A. **61**, 44701 (2000).

THESES ET RAPPORTS

- 22 Décembre 1969: **Thèse de 3ème Cycle** : Etude et réalisation d'un goniomètre interférentiel.

- 23 Mars 1976: **Doctorat d'Etat ès-Sciences Physiques** : Spectrométrie de Fourier sous vide, entre 1 et 5,5 microns, de cinq variétés isotopiques de la molécule N₂O. Analyse rotationnelle et détermination de la fonction énergie potentielle à partir des données vibrationnelles.

- Décembre 1983 : Rapport du contrat A.T.P. "Physico-Chimie des Molécules Interstellaires" sur le projet de recherche : Spectres d'émission du radical C₂ par Spectrométrie de Fourier : systèmes de Ballik-Ramsay, de Phillips et de Swan des variétés isotopiques ¹³C₂ et ¹²C¹³C.

CONFERENCES INVITEES. SEMINAIRES

- Séminaire au Laboratoire Aimé Cotton :
Etalonnage d'un spectromètre à réseau type Ebert-Fastie (1970).
- Séminaire au National Bureau of Standards (Washington) :
Fourier Spectroscopy of five isotopic species of N₂O (juin 1974).
- Conférence invitée à la XIIème Conférence Européenne de Spectroscopie Moléculaire :
Molecular Fourier Spectroscopy, Strasbourg (1975).
- Conférence invitée à l'Institut d'Astrophysique à Paris :
Spectres d'émission des isotopes ¹³C₂ et ¹²C¹³C par Spectrométrie de Fourier
(septembre 1983).
- Conférence invitée à la Sonderforschungsbereich 42 Kolloquium, Wuppertal (R.F.A.) :
High Resolution F.T.I.R. spectroscopy of some diatomic molecules (juin 1984).
- Séminaire au Fachbereich Physik (Professeur Wolfgang Demtröder) de l'Université
de Kaiserslautern (R.F.A.) :
Fourier transform spectroscopy of laser excited molecules (mai 1984).
- Conférence invitée à la Première Conférence Internationale Laser M2P : Laser
induced fluorescence and high resolution Fourier transform spectroscopy,
L.I.F.F.T.S. (Lyon, juillet 1987).
- Conférence invitée au Laboratoire d'Optique Quantique (Toulouse)
High resolution fourier spectroscopy of diatomic molecules (30 septembre 1993)
- Conférence invitée à DIAM96 (Bourges)
Collisions réactives et spectroscopie laser: l'exemple de TiO (15-18 juillet
1996)
- Three Days Journey from atoms to solids (Aimé Cotton, Orsay)
Fourier transform spectroscopy of diatomic molecules (5-7 nov; 1997)

High resolution Doppler-free molecular spectroscopy
- Colloque Franco-Taïwanais (Aimé Cotton, Orsay): Dynamique moléculaire- Dynamique
des réactions alcalin:hydrogène

Fourier Transform and Photoassociation (12-14 oct. 1998)
(en collaboration avec Jean Vergès)
- Cold atomic collisions: formation of cold molecules (Workshop, Les Houches)

Heavy alkali dimers spectroscopy: Fourier transform and photoassociation (1-5
mars 1999) (en collaboration avec Olivier Dulieu)

COMMUNICATIONS A DES CONGRES SCIENTIFIQUES

- 1- 27th Symposium on Molecular Structure and Spectroscopy, Columbus, U.S.A. (1972).**
 High information spectra by Fourier Spectroscopy in vacuum
 C. Amiot and G. Guelachvili, Paper F.9

- 2- 3^{ème} Colloque sur la Spectroscopie Moléculaire à Haute Résolution, Tours (1973).**
 Spectres d'absorption de $^{14}\text{N}_2^{16}\text{O}$ enregistré de 3000 cm^{-1} à 8000 cm^{-1} par spectrométrie de Fourier
 C. Amiot, Communication K9

- 3- 29th Symposium on Molecular Structure and Spectroscopy, Columbus, U.S.A. (1974).**
 High resolution spectra of nitrous oxide and of its isotopic species $^{14}\text{N}^{15}\text{N}^{16}\text{O}$, $^{15}\text{N}_2^{16}\text{O}$, $^{15}\text{N}^{14}\text{N}^{16}\text{O}$ in the spectral region $3000\text{--}8000\text{ cm}^{-1}$
 C. Amiot, Paper RA1

 Up to 6 microns with increased resolution by Fourier Spectroscopy
 G. Guelachvili and C. Amiot, Paper RE5

- 4 - 4^{ème} Colloque sur la Spectroscopie Moléculaire à Haute Résolution, Tours (1975).**
 High resolution spectra of five isotopic species of nitrous oxide in the InSb spectral region. Determination of the potential energy function
 C. Amiot, Communication Q10

 Spectre d'absorption infrarouge de DBr
 A. Fayt, D. Van Lerberghe, G. Guelachvili, C. Amiot, P. Bernage, P. Niay Communication E7

- 5- IV^d International Seminar on High Resolution Infrared Spectroscopy, Prague, Tchécoslovaquie (1976).**
 High resolution spectra of five isotopic species of N_2O . Potential energy function
 C. Amiot, Paper EE1

- 6- 32th Symposium on Molecular Structure and Spectroscopy, Columbus, U.S.A. (1977).**
 The $\text{X}^2\Pi - \text{X}^2\Pi - 1 - 0$ transition of $^{14}\text{N}^{16}\text{O}$, $^{15}\text{N}^{16}\text{O}$, $^{14}\text{N}^{17}\text{O}$, $^{14}\text{N}^{18}\text{O}$ near 5.3 microns
 C. Amiot, R. Bacis and G. Guelachvili, Paper ME4

- 7- 5^{ème} Colloque sur la Spectroscopie Moléculaire à Haute Résolution, Tours (1977).**
 Recent progress in the experimental and theoretical studies of the N_2O molecule
 C. Amiot, Communication B7

 Quelques applications de la Spectroscopie de Fourier à Haute Résolution à l'étude des molécules diatomiques
 C. Amiot, R. Bacis, G. Guelachvili, Communication E2

- 8- 33th Symposium on Molecular Structure and Spectroscopy, Columbus, U.S.A. (1977).**
 Emission high resolution Fourier Spectroscopy in the infrared of the $\text{W}^1\Delta_u$ state of the P_2 and N_2 molecules
 C. Effantin, J. d'Incan, C. Amiot, J. Vergès, Paper EF1

- 9- V^d International Seminar on High Resolution Infrared Spectroscopy, Prague, Tchécoslovaquie (1978).**
 F.T.S. fundamental transitions of NO : extension to ^{15}N isotopic species
 C. Amiot and G. Guelachvili, Paper B2

 Fourier Spectroscopy of the C_2 Ballik-Ramsay system. Analysis of the rotational perturbations in the $\text{b}^3\Pi_g$ level
 C. Amiot, J. Chauville, J.P. Maillard, Paper B3

- 10- Journées d'Etudes du G.E.S.E.M., Observatoire de Meudon (1979).**
 Spectres d'absorption du gaz carbonique entre 1,4 et 1,7 microns
 J.P. Maillard, E. Arié, Ph. Arcas, C. Amiot

- 11- 34th Symposium on Molecular Structure and Spectroscopy, Columbus, U.S.A. (1979).**
Spin-rotation splitting in the NO A $^2\Sigma^+$, D $^2\Sigma^+$, E $^2\Sigma^+$ electronic states by emission high resolution Fourier Transform Spectroscopy
C. Amiot, J. Vergès, Paper TE7
- 12- Conference on Microwave Spectroscopy and Coherent Radiation, Durham, North Carolina, U.S.A. (1979)**
The NO ground electronic state through Fourier Transform Spectroscopy
C. Amiot, Paper F7
- 13- 6^{ème} Colloque sur la Spectroscopie Moléculaire à Haute Résolution, Tours (1979).**
Absorption spectra of carbon dioxide between 1.4 and 2.7 microns
J.P. Maillard, J. Chauville, E. Arié, Ph. Arcas, C. Amiot, Communication B3
- Intensity measurements of partially resolved structures: application to the nitric oxide fundamental band
C. Amiot, J.Y. Mandin, G. Guelachvili, Communication E7
- The $^{14}\text{N}^{16}\text{O}$ ground state up to $v = 15$ by emission high resolution Fourier Transform Spectroscopy
C. Amiot, J. Vergès, Communication H12
- Rotation-vibration spectrum of OD from a deuterium oxygen flame
J. Chauville, C. Amiot, J.P. Maillard, Communication J3
- 14- VI^d International Seminar on High Resolution Infrared Spectroscopy, Prague, Tchécoslovaquie (1980).**
Infrared spectrum and molecular constants of CO₂ in the 1,4 - 1,7 microns atmospheric window by high resolution Fourier Transform Spectroscopy
J.P. Maillard, Ph. Arcas, P. Arié, C. Amiot, M. Cuisenier, Paper G8
- 15- International Colloquium on Molecular Spectroscopy, Stockholm, Suède (1981)**
Homogeneous and heterogeneous perturbations in the nitric oxide spectrum : example of the C $^2\Sigma$, B $^2\Sigma$, D $^2\Sigma$ electronic states
C. Amiot, J. Vergès, Paper P1
- Observation of the hyperfine splitting in Fourier Transform spectra of NO
P. Kristianssen, C. Amiot, Paper P3
- Hyperfine constants for $v = 1$ in $^{15}\text{N}^{16}\text{O}$ determined from Fourier Transform spectra
C. Amiot, P. Kristianssen, Paper H4
- 16- International Colloquium on Diatomic Molecules, Oxford, U.K. (1983)**
High resolution Fourier Spectroscopy of the Ar⁺ laser excited Cs₂ fluorescence spectrum
C. Amiot, C. Crépin, J. Vergès, Paper A15
- 17- 8^{ème} Colloque sur la Spectroscopie Moléculaire à Haute Résolution, Tours (1983)**
High resolution Fourier Spectroscopy of the laser induced fluorescence of Cs₂
C. Amiot, C. Crépin, J. Vergès, Communication C15
- Infrared Fourier Spectroscopy of two containing ^{14}C compounds : CN and CO
C. Amiot, J. Vergès, Communication E10
- Fourier Spectroscopy of the $^{13}\text{C}_2$ and $^{12}\text{C}^{13}\text{C}$ Phillips, Ballik-Ramsay and Swan electronic systems
C. Amiot, J. Vergès, Communication O10
- 18- XVIth International Symposium on Free Radicals, Ottignies, Belgique (1983).**
Fourier Spectrometry of the $^{13}\text{C}_2$ and $^{12}\text{C}^{13}\text{C}$ radicals : the Phillips, Ballik-Ramsay and Swan electronic systems
C. Amiot, Communication D1
- 19- 39th Symposium on Molecular Structure and Spectroscopy, Columbus, U.S.A. (1984)**
High resolution Fourier Spectroscopy of the laser excited Cs₂ fluorescence spectrum : five new electronic states
C. Crépin, J. Vergès, C. Amiot, Paper ME7

20- Congrès International sur l'Application de la Transformation de Fourier et de l'Informatique à la Spectroscopie Infrarouge, Ottawa, Canada (1985).

F.T.S. of the laser induced fluorescence of a heavy molecule : Cs_2
J. Vergès and C. Amiot, Paper P4.3

21- 9th Colloquium on High Resolution Molecular Spectroscopy, Riccione, Italie (1985).

The $\text{E } ^1\Pi \rightarrow \text{B } ^1\Sigma^+$ and $\text{C } ^1\Sigma^+ \rightarrow \text{B } ^1\Sigma^+$ electronic systems of the ^{12}CO and ^{14}CO molecules
C. Amiot, J.Y. Roncin, J. Vergès, Communication G27

Fourier Transform Spectroscopy of the $\text{CO B } ^1\Sigma^+ \rightarrow \text{A } ^1\Pi$ transition
Le Floch, C. Amiot, Communication P2

22- International Laser Science Conference, Dallas, U.S.A. (1985).

Laser induced fluorescence of Cs_2 : five new electronic states
C. Amiot, J. Vergès, Paper TM87

23- 41th Symposium on Molecular Structure and Spectroscopy, Columbus, U.S.A. (1986)

Laser induced fluorescence of Rb_2
C. Amiot, J. Vergès, Paper TG1

Perturbation analysis in the Asundi system of $^{13}\text{C}^{16}\text{O}$ and in the Ballik-Ramsay system of $^{13}\text{C}_2$, $^{12}\text{C}^{13}\text{C}$
C. Amiot, K. Islami, Paper TG2

24- Première Conférence Internationale Laser M2P, Lyon (1987)

L.I.F.F.T.S.: a powerful tool for the spectroscopy of two heavy molecules : Rb_2 and Cs_2
C. Amiot, J. Vergès

25- Dixième Colloque sur la Spectroscopie Moléculaire à Haute Résolution, Dijon (1987)

The $\text{Cs}_2 \text{A } ^1\Sigma_u^+ \rightarrow \text{X } ^1\Sigma_g^+$ fluorescence excited by the Ar^+ 1.09 micron laser line,
C. Amiot, J. Vergès, Communication B3

The $\text{NaLi X } ^1\Sigma^+$ ground state studied by laser induced fluorescence and Fourier Transform Spectroscopy
C.E. Fellows, C. Amiot, J. Vergès, Communication F4

High resolution spectroscopy of RbCs ,
T. Gustavsson, C. Amiot, J. Vergès, Communication H5

The $^{13}\text{C}_2$ and $^{12}\text{C}^{13}\text{C}$ Ballik-Ramsay system and the $^{13}\text{C}^{16}\text{O}$ Asundi system
K. Islami, C. Amiot, Communication D2

26- 11th Colloquium on High Resolution Molecular Spectroscopy, Giessen R.F.A. (1989)

The NaLi electronic structure studied by laser induced fluorescence and Fourier Transform Spectroscopy
C.E. Fellows, C. Amiot and J. Vergès, Communication F14

The Rb_2 ground state dissociation limit by L.I.F.F.T.S.
C. Amiot, C.E. Fellows and J. Vergès, Communication P12

27- Douzième Colloque sur la Spectroscopie Moléculaire à Haute Résolution, Dijon (1991).

The RbCs ground electronic state dissociation limit
C.E. Fellows, C. Amiot and J. Vergès. Communication B6.

The $\text{A } ^2\Pi \rightarrow \text{X } ^2\Sigma^+$ system of SiN radical in the 4 μm region
M. Elhanine, B.Hanoune, G.Guelachvili and C. Amiot. Communication B7.

The $(3s,3d) ^1\Delta_g$ electronic state of Na_2
R.F. Barrow, C. Amiot, J. Vergès, J. d'Incan, C. Effantin and A. Bernard. Communication F6.

The NaLi ground electronic state up to dissociation limit
C.E. Fellows, C.Amiot and J. Vergès. Communication J 5.

The ground electronic state dissociation energy of two alkali dimers: Rb_2 and K_2
C. Amiot, C.E. Fellows and J. Vergès. Communication L5.

The $\text{NaLi } C^1\Sigma^+$ electronic state through the energy transfer $B^1\Pi \rightarrow C^1\Sigma^+$
C.E. Fellows, C. Amiot and J. Vergès. Communication M5

28-Laboratory and Astronomical High Resolution Spectra, Bruxelles (1994)

High resolution laser spectroscopy of Ti and TiO
C. Amiot, E.M. Azaroual, P. Luc, R. Vetter

29- 5th EPS Conference on Atomic and Molecular Physics, Edinburg , 3-7 avril 1995

High resolution laser spectroscopy of TiO
C. Amiot, P. Luc, R. Vetter

30- Quatorzième Colloque sur la Spectroscopie Moléculaire à Haute Résolution, Dijon (1995)

Study of perturbations observed in the Rydberg $C^1\Sigma^+$ and $E^1\Pi \rightarrow B^1\Sigma^+$ systems of CO
A. Le Floch and C. Amiot Communication N5

Fourier transform spectroscopy and photoassociation spectroscopy of cold atoms: the $\text{Rb}_2^1\Pi_g$ and 0_g^- electronic states
potential energy curves up to 100 Å
C. Amiot Communication K₂

The long-range potential of the $\text{K}_2 X^1\Sigma_g^+$ electronic state up to 15 Å
C. Amiot, J. Vergès, C.E. Fellows Communication Q4

Seven BaCl electronic states by L.I.F. F.T.S.
M. Hafid, J. Vergès, C. Amiot Communication M5

High resolution laser spectroscopy of TiO
C. Amiot, P. Luc, R. Vetter Communication D2

$\text{NaLi } 1^1\Pi(B)$ electronic state Λ -doubling analysis
C.E. Fellows, R.F. Gutterres, A. Dias Tavares Jr, C.Amiot, J. Vergès. Communication B7

31- The 14th International Conference on High Resolution Molecular Spectroscopy, Prague 9-13 sept. 1996

TiO sub-Doppler spectroscopy in the visible
C. Amiot, P. Luc, R. Vetter Contributed paper G3

32- XX Conference on the Physics of Electronic and Atomic Collisions, Vienne 23-29 juillet 1997

Interpretation of two colour photoassociation spectroscopy experiments in a cold sodium sample: evidence for a $^1\Pi_u$ double excited autoionizing state
O. Dulieu, P.D. Lett, K. Jones, C. Amiot, F. Masnou. Communication Tu172

33- Escalar 98, Euroconference on slow collisions between laser manipulated systems, Burgenland, Autriche 1-5 avril 1998

Photoassociation spectroscopy of a laser cooled cesium sample and cold molecules formation
A. Fioretti, D. Comparat, C. Drag, O. Dulieu, A. Crubellier, F. Masnou, C. Amiot, P. Pillet

34- 53th Symposium on Molecular Structure and Spectroscopy, Columbus, U.S.A. (15-19 juin 1998)

Doppler free study of the TiO molecule
C. Amiot, P. Luc, R. Vetter

Photoassociative spectroscopy of the Cs_2 molecule
P. Pillet, A. Fioretti, D. Comparat, C. Drag, O. Dulieu, A. Crubellier, F. Masnou, C. Amiot. Communication TC12

35- ECAMP VI, Sienne, Italie 14-18 juillet 1998

Cs_2 cold molecules formation through photoassociative scheme
A. Fioretti, D. Comparat, C. Drag, O. Dulieu, A. Crubellier, F. Masnou, C. Amiot, P. Pillet

- 36- 9th International Symposium on Resonance Ionization Spectroscopy, Manchester, UK 21-25 juin 1998**
 Translationally cold Cs₂ molecules formation in a magneto-optical trap
 A. Fioretti, D. Comparat, C. Drag, O. Dulieu, A. Crubellier, F. Masnou, C. Amiot, P. Pillet
- 37- The 15th International Conference on High Resolution Molecular Spectroscopy, Prague 30 aout-3 sept. 1998**
 First observation and analysis of the B ²Σ -- X ²Σ band system and improved analysis of the C²Π -- X²Σ band system of the BaI molecule
 R.F. Gutterres, J. Vergès and C. Amiot
- 38- 3^{èmes} Journées de Spectroscopie Moléculaire, Reims 7-10 juillet 1998**
 L'état électronique fondamental de la molécule RbCs: nouvelle étude spectroscopique
 C.E. Fellows, R.F. Gutterres, A.P.C. Campos, J. Vergès, C. Amiot, O. Dulieu
- 39- 54th Symposium on Molecular Structure and Spectroscopy, Columbus , U.S.A. 1999**
 Direct Potential fit analysis of high resolution emission into the X ¹Σ_g⁺ state of Rb₂ isotopomers
 J.Y. Seto, R.J. Le Roy, J. Vergès, and C. Amiot
- 40- XXIth International Conference on the Physics of Electronic and Atomic Collisions**
 Interpretation of giant lines due to tunnelling in the Cs₂ 0_g⁻ photoassociation spectrum
 M. Vatasescu, C. Amiot, O. Dulieu, V. Kokoouline, F. Masnou-Seeuws, C. Drag, D. Comparat, and P. Pillet
- 41- The 16th International Conference on High Resolution Molecular Spectroscopy, Dijon 6-10 sept. 1999**
 D31 The apparent disorder of the Rb₂ A-b spectrum resolved: a case of fully coupled electronic states.

 F5 Photoassociative spectroscopy of the pure long-range states in Cs₂.

 J14 Fourier transform high resolution spectroscopy of the BaI molecule: the first seven electronic states.

 M29 The RbCs X electronic ground state. New spectroscopic study.

**DIRECTIONS DE RECHERCHES
ACTIVITES D'ENSEIGNEMENT
PARTICIPATIONS A DES JURY DE THESES**

DIRECTIONS DE RECHERCHE

J'ai dirigé plusieurs stages du D.E.A. " Atomes, Molécules et Lasers".

J'ai été responsable de la Thèse de Doctorat de Monsieur Kastriot Islami soutenue le 25 septembre 1985 au Laboratoire Aimé Cotton.

J'ai dirigé la partie spectroscopie de la Thèse de Troisième Cycle de Mademoiselle Claudine Crépin, travail présenté le 24 avril 1984 au Laboratoire Aimé Cotton.

J'ai dirigé la partie théorique de la Thèse de Doctorat de Monsieur Carlos Fellows soutenue le 11 janvier 1991 au Laboratoire Aimé Cotton.

J' ai dirigé la Thèse de Monsieur Mohammed Hafid. " Etude de la molécule BaCl par Transformation de Fourier et Fluorescence induite par laser " soutenue le 7 décembre 1994 au Laboratoire Aimé Cotton

ENSEIGNEMENT

- Assistant Titulaire en Maitrise de Physique entre 1967 et 1970 à la Faculté des Sciences du quai St Bernard (Professeur Lucienne Couture).

- Assistant à l'administration du D.E.A. " Atomes, Molécules et Lasers" en 1987.

PARTICIPATION A DES JURY DE THESES

- Claudine Crépin, Orsay 24 avril 1984. Sujet : Spectroscopie des molécules Cs₂ et CsH. Etude de la collision réactive Cs* + H₂ -- CsH + H en faisceaux supersoniques croisés.

- Kastriot Islami, Orsay 23 septembre 1985. Rapporteur sur le Sujet : Etude des spectres par transformée de Fourier des variétés isotopiques ¹³C₂ et ¹²C¹³C (systèmes de Ballik-Ramsay et de Swan) et ¹³C¹⁶O (système d'Asundi).

- Mohammed Elhanine, Orsay 7 juillet 1989. Rapporteur sur le sujet : Spectroscopies sélectives par Transformée de Fourier et laser à diodes. Etude infrarouge à haute résolution d'espèces moléculaires transitoires.

- Carlos Fellows, Orsay 11 janvier 1991. Etude de la molécule d'alcalin mixte NaLi par spectroscopie par transformation de Fourier et fluorescence induite par laser.

- Abdessamad Benidar, Orsay 18 décembre 1991. Spectroscopie de Fourier à haute résolution d'espèces instables diatomiques entre 2,5 et 25 μ m. Contribution théorique et expérimentale à la détermination de la fonction moment dipolaire. Application à SH et OH.

-El Medhi Azaroual, Orsay 16 juin 1994. Réalisation et caractérisation de jets de Ti et TiO. Spectroscopie et dynamique réactionnelle.

-Florence Leroy, Orsay 10 janvier 1995. Mesures d'intensités par spectroscopie de Fourier à haute résolution de composants mineurs de la stratosphère HNO₃, NO et ClO.

- Isabelle Russier, Lyon 20 janvier 1995. Rapporteur sur le sujet: Etude spectroscopique des dimères de lithium.

- Sylvain Rousseau, Lyon 5 juillet 1999. Rapporteur sur le sujet: Etude des états liés à grande distance dans les dimères d'alcalins. Comparaison entre le modèle asymptotique et l'approche ab-initio.

Referee dans les Revues suivantes:

- Journal of Molecular Spectroscopy, Columbus, Ohio (U.S.A.).
- Journal de Physique II, Orsay.
- Physics Letters A, Kassel (R.F.A.).

RECHERCHES EN COURS

Mes travaux en cours sont relatifs à l'étude des molécules TiO et BaCl.

1) Réactivité des métaux de transition

Dans le cadre de l'opération de dynamique réactionnelle dirigée par Raymond Vetter, je suis responsable de tous les problèmes moléculaires concernant les réactants. La première réaction dont l'étude a été choisie $\text{Ti} + \text{O}_2 \rightarrow \text{TiO} + \text{O}$ nécessite une connaissance très précise du produit TiO afin de découvrir les voies de réaction.

C'est dans ce but que des expériences de fluorescence, conduites en association avec la spectrométrie de Fourier, nous ont déjà permis d'améliorer très sensiblement la connaissance de l'état fondamental⁶⁴.

Le jet de titane mis au point au laboratoire a été mis en interaction avec un flux d'oxygène. En excitant la zone de réaction avec les longueurs d'ondes laser utilisées dans notre expérience de fluorescence nous espérons mettre en évidence des molécules TiO formées dans la réaction et ensuite en déduire les meilleures conditions de formation de ces molécules. La mise au point et l'utilisation d'autres sources de production de molécules sont prévues, notamment l'excitation microondes d'un flux de TiCl_4 . Ultérieurement, dans le cadre de l'extension à d'autres réactants, je pense étudier les molécules du type nitrures et hydrures métalliques.

2) 'Complexe 5d' dans la molécule BaCl.

L'association d'un atome de Baryum (état 6s5d) et d'un atome de Chlore donne naissance à trois états électroniques en forte interaction: $A' \ ^2\Delta$, $A \ ^2\Pi$ et $B \ ^2\Sigma^+$. Un problème intéressant consiste à déterminer la nature des liaisons formées, soit à partir du Baryum neutre, soit à partir de l'ion Ba^+ . L'étude simultanée des trois états électroniques conduit à la détermination précise de paramètres qui sont également calculables, en première approximation, à partir des constantes atomiques. Ces dernières constantes de spin-orbite étant très différentes pour l'atome Ba et l'ion Ba^+ on accède de cette façon à un moyen commode pour obtenir des informations sur la nature de la liaison moléculaire.

C'est dans ce but que j'ai entrepris l'étude du spectre de la molécule BaCl. La première étape a consisté à caractériser l'état inconnu métastable $A' \ ^2\Delta$. J'ai utilisé la méthode de fluorescence induite par laser après excitation de l'état $C \ ^2\Pi$. Les fluorescences émises dans l'infrarouge vers les états $A \ ^2\Pi$, $B \ ^2\Sigma$ et $A' \ ^2\Delta$ ont été analysées et ont permis la première mise en évidence de l'état métastable⁶⁸. J'ai considérablement étendu la connaissance des états électroniques, d'une part en mettant en évidence les états $E \ ^2\Sigma^+$ et $F \ ^2\Sigma^+$, et d'autre part en accroissant le nombre des niveaux vibrationnels observés, typiquement de 2 à 20.

Ensuite nous avons considéré les trois états A' , A et B comme formant un complexe, afin d'en déduire les paramètres moléculaires "témoins" du type de liaison. Toutes les données spectroscopiques concernant sept états électroniques, impliqués dans 10 transitions, ont été "réduites" simultanément, en incluant les deux variétés isotopiques du chlore. La confrontation de nos résultats avec ceux de diverses théories (électrostatique, Ligand field, nouvelle théorie de Christian Jungen testée sur la molécule CaF avec succès) devrait se révéler fructueuse.

Ce travail, que je dirige, forme le sujet de la Thèse de Doctorat de Monsieur Hafid Mohammed, thèse qui doit être présentée cette année.

3) réalisation d'un atlas de nombres d'ondes de la molécule K_2

Les lasers solides du type saphire-titane, de développement récent, fonctionnent jusque dans le proche infrarouge. Afin d'étalonner les fréquences des radiations émises par ces lasers il est commode d'utiliser un atlas de nombres d'ondes de référence. L'atlas de l'iode ne permet pas, aisément, de mesurer les nombres d'ondes compris entre 7000 et 10 000 cm^{-1} . C'est dans le but de combler cette lacune que nous avons entrepris de réaliser un atlas utilisant les spectres d'absorption des molécules K_2 , NaK et Cs_2 . Les premiers spectres de K_2 et Cs_2 ont déjà été enregistrés. Nous continuons de travailler à la mise au point d'un montage simple, qui intéresse les concepteurs de ce type de lasers, le but étant de fournir l'atlas simultanément avec le laser.

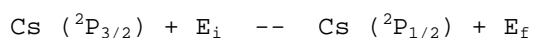
PERSPECTIVES

J'envisage plusieurs types de recherches dans un proche et moyen avenir :

- le premier est en relation avec l'expérience "atomes froids" au laboratoire ;
- le second a pour cadre un contrat ' Pluriformation' de l'Université Paris-Sud Orsay.
- le troisième est relatif à l'observation des états quintuplets dans N_2 .
- le dernier vise à créer des bases de données spectrales.

I) Collisions froides dans Cs_2

Dans un piège d'atomes froids les collisions entre atomes excités, toujours présents, limitent la densité et le temps de confinement. Gallagher et Pritchard ont étudié le mécanisme de changement de structure fine atomique :



dans lequel la variation d'énergie cinétique $\Delta E = E_f - E_i$ peut être suffisante pour donner à l'atome l'énergie nécessaire pour l'éjecter du piège. Cet effet est particulièrement sensible dans le cas du Césium la différence d'énergie des niveaux fins étant égale à 554 cm^{-1} . Julianne et Vigué ont par ailleurs calculé le taux d'échappement en fonction de la température et montré que ce taux dépend essentiellement du paramètre d'interaction spin-orbite entre les états $A {}^1\Sigma_u^+$ et $b {}^3\Pi_u$ de la molécule Cs_2 formée à longue distance. Or seule la spectroscopie permet une détermination précise de ce paramètre. C'est dans ce but que j'ai déjà commencé l'étude du système moléculaire $A {}^1\Sigma_u - X {}^1\Sigma_g$ par :

- spectroscopie d'absorption. Cependant la très grande densité de raies spectrales a empêché, pour l'instant, toute interprétation des structures (voir figure gauche de la page 26) ;

- fluorescence induite par laser. L'utilisation de la raie infrarouge à 1.09 μm du laser Ar^+ , pour exciter l'état électronique A, a permis, après interprétation des spectres de fluorescence, d'en déduire les constantes moléculaires pour les niveaux profonds du puits de potentiel de l'état A. Cependant aucune perturbation rotationnelle, signature de l'interaction entre états singulet et triplet et porteuse du coefficient recherché, n'a été observée ⁵³.

L'étape prochaine consistera à étendre l'exploration vibrationnelle de l'état A en utilisant un laser YAG continu à 1.06 μm . Nous tenterons également des essais de Fluorescence Induite par Laser avec un laser Saphir - Titane.

Toutes ces recherches sont effectuées en collaboration étroite avec le Laboratoire de Spectrométrie Ionique et Moléculaire à Lyon (Professeurs Jean d'Incan et Christiane Effantin), le Laboratoire d'Optique Atomique et Moléculaire à Nice (Professeur René Stringat) et le Laboratoire Collisions, Agrégats, Réactivité à Toulouse (Jacques Vigué).

II) Projet 'Pluriformation': association spectrométrie de Fourier - jets supersoniques

Il semble opportun d'unir le savoir faire, tant expérimental que théorique, des trois laboratoires de l'Université d'Orsay (Aimé Cotton, Photophysique Moléculaire et Physique Moléculaire et Applications) où est implantée la technique par Transformée de Fourier, développée initialement au Laboratoire Aimé Cotton.

Les travaux expérimentaux que l'on se propose d'entreprendre porteront sur :

- la production de molécules par des jets supersoniques avec les avantages de simplification des spectres dus au refroidissement. Nous pensons souhaitable d'utiliser le matériel mis au point au CEN-Saclay par Roger Campargue.

- le transfert des molécules vers des états de haute énergie (états de Rydberg) ou leur ionisation par bombardement électronique, ou le transfert d'énergie avec des atomes métastables (H_e , A_r). Des 'raies de recombinaison', dues aux désexcitations radiatives, devraient apparaître dans les spectres.

Afin de réaliser ce programme expérimental nous prévoyons de concevoir un appareillage modulaire et transportable entre les trois interféromètres d'Orsay.

Les travaux théoriques porteront d'abord sur les 'raies de recombinaison'. Ces transitions font intervenir des états moléculaires 'exotiques' qui correspondent à de grandes valeurs du moment orbital angulaire électronique. Les mouvements électroniques et nucléaires dans ces états sont totalement corrélés ce qui entraîne un effondrement de l'approximation de Born-Oppenheimer et ouvre une vue très inhabituelle sur la spectroscopie d'une molécule. La grande nouveauté du projet est de trouver si, pour des molécules polyatomiques excitées, ces états échappent aux processus non radiatifs de fragmentation et survivent donc assez longtemps pour émettre des photons. Nous pensons commencer nos études par les molécules CO_2 , H_2O et NH_2 .

Un autre type d'état moléculaire très excité se rencontre dans les systèmes fortement dipolaires dans lesquels un ion positivement chargé à couches fermées comporte une liaison chimique ionique. Nous espérons chercher les raies de recombinaison de la séquence isoélectronique CaF , $CaOH$, $CaNH_2$,...

L'intérêt de ces projets relève de la Physique Fondamentale : études d'états moléculaires 'exotiques' en associant des techniques expérimentales délicates et la mise en oeuvre d'une nouvelle approche théorique permettant de tenir compte des corrélations entre mouvements des électrons et des noyaux.

Participeront à ce projet: Claude Amiot, Christian Jungen et Jean Vergès (Laboratoire Aimé Cotton), Michel Vervloet (Laboratoire de Photophysique Moléculaire), et Guy Guelachvili (Laboratoire de Physique Moléculaire et Applications).

III) Etats quintuplets de N_2

Le mécanisme de la recombinaison de deux atomes neutres d'azote $N(4S)$ et la compréhension de la post-décharge de Lewis-Rayleigh sont des problèmes physiques non encore résolus. Or le rôle joué par ces mécanismes dans les propriétés de l'air chaud ionisé (rentrée des engins spatiaux dans l'atmosphère), ainsi que l'intérêt pour la chimie de la haute atmosphère, ont entraîné un regain de recherches sur ces phénomènes (N.A.S.A.). Parmi les états électroniques formés par la réaction $N(4S) + N(4S)$ figure le quintuplet $A'^5\Sigma_g^+$. Cet état a été partiellement observé dans la transition $C''^5\Pi_u - A'^5\Sigma_g^+$. Afin de mieux connaître ces états nous envisageons d'enregistrer les spectres de cette transition en balayant la fréquence émise par un laser accordable de type saphire-titane. Les molécules dans les états quintuplets seront formées dans un jet subsonique excité par une décharge.

La réalisation de cette expérience est en cours, le laser étant déjà implanté près de l'interféromètre. Michel Vervloet est fortement impliqué dans ce projet.

IV) Base de données en spectroscopie moléculaire

L'accumulation de nombreuses données spectrales, obtenues depuis quinze années par spectroscopie de Fourier à haute résolution, nous a amenés à penser qu'il serait certainement utile pour la communauté internationale d'en faire une synthèse critique et la plus exhaustive possible. Dans le cas d'un avis favorable de notre Direction scientifique, nous réaliserions d'abord une synthèse des résultats relatifs aux molécules dimères d'alcalins.
