

Rapport
d'activité
1988

OPTIQUE
APPLIQUEE

ECOLE POLYTECHNIQUE

En 1794, à l'instigation de Gaspard MONGE et de Lazare CARNOT, la Convention crée, en pleine période révolutionnaire, l'Ecole Polytechnique destinée « à former des ingénieurs en tous genres, à rétablir l'enseignement des sciences exactes et à donner une haute formation scientifique à des jeunes gens, soit pour être employés par le Gouvernement aux travaux de la République, soit pour reporter dans leur foyer l'instruction qu'ils auront reçue et y prodiguer les connaissances utiles ».

Dans un environnement aujourd'hui bien différent notre mission demeure ; le monde a changé et de si considérable façon que notre tâche est plus vaste et plus complexe.

L'Ecole Polytechnique c'est environ sept cent cinquante élèves présents à Palaiseau, plus de deux cents enseignants, près de neuf cents chercheurs, ingénieurs ou techniciens dans les laboratoires, environ cinq cents militaires et civils se consacrant à la formation des élèves et à la marche générale de l'établissement.

De cette longue tradition nous avons hérité deux principes qui guident notre action :

- l'excellence à rechercher sans cesse,
- la pluridisciplinarité pour rester ouvert aux formes multiples du savoir.

Maurice BERNARD
Directeur de l'Enseignement
et de la Recherche

OPTIQUE APPLIQUEE

Directeurs : **Alain ORSZAG**

Ingénieur Général de l'Armement

Professeur à l'ENSTA

Chargé de cours à l'Université PARIS XI

puis : **André ANTONETTI**

Professeur à l'ENSTA

Laboratoire commun avec l'ENSTA

Laboratoire associé à l'INSERM

S O M M A I R E

PERSONNEL DE RECHERCHE

DOMAINES D'ACTIVITE

EXPOSE GENERAL

OPTRONIQUE - Fibres optiques
- Lasers infrarouges

PHYSIQUE ULTRA-RAPIDE
- Sources Lasers
- Physique des semi-conducteurs
- Physique atomique
- Optique nonlinéaire
- Biologie et biophysique

BIOMEDICAL

PUBLICATIONS ET CONGRES

PERSONNELS DE RECHERCHE

Alain	ORSZAG	Professeur à l'ENSTA, Chargé de cours à l'Université Paris XI, Ingénieur Général de l'Armement, Docteur ès-Sciences, Directeur du Laboratoire.
André	ANTONETTI	Docteur d'Université, Professeur à l'ENSTA, Directeur du Laboratoire.
Yves-Bernard	ANDRE	Ingénieur électronicien.
Jamal	ARABAT	D.E.A.
Raymond	ASTIER	Ingénieur E.S.O.
Juliette	BOTTU	Ingénieur informaticien.
Gilbert	BOURDET	Ingénieur E.S.O. Docteur ès-Sciences.
Gilbert	BOYER	Docteur ès-Sciences.
Philippe	CASSARD	Docteur ès-Sciences, (X 74).
Jean-Paul	CHAMBARET	Ingénieur E.S.O.
Denis	CHEMLA	Docteur en Médecine, Interne des Hôpitaux de Paris, Biologiste.
Eric	DUNAND	Scientifique du contingent.
Abdel-Ilah	EL AMRANI	D.E.A.
Jean	ETCHEPARE	Docteur ès-Sciences, Chargé de Recherche au CNRS.
Jean-Paul	FOING	Doctorat, (X 84).
Michel	FRANCO	Ingénieur E.S.O.
Yann	GAUDUEL	Docteur ès-Sciences, Chargé de Recherche à l'INSERM.
Georges	GRILLON	Ingénieur C.N.A.M.
Patrice	HELLO	D.E.A.
Philippe	HERVE	Docteur en Médecine, Interne des Hôpitaux de Paris.
Danièle	HULIN	Docteur ès-Sciences, Directeur de Recherche au C.N.R.S.
Manuel	JOFFRE	D.E.A., Agrégation.
Jean-Christophe	LAMBRY	Ingénieur.
Brigitte	LAMOUREUX	Ingénieur E.S.O., Docteur ès-Sciences.
Yves	LECARPENTIER	Docteur en Médecine, Docteur ès-Sciences, Directeur de Recherche à l'INSERM.
Eric	MAILLARD	Ingénieur électronicien-informaticien.
Jean-Louis	MARTIN	Docteur ès-Sciences, Directeur de Recherche à l'INSERM.
Matthieu	MERIAN	Docteur ès-Sciences, Chargé de Recherche au C.N.R.S.
Arnold	MIGUS	Professeur à l'ENSTA, Docteur ès-Sciences (X 69), Directeur de Recherche au C.N.R.S.
Ahmed	MOURCHID	D.E.A.
Harm-Geer	MULLER	Ph.D.
André	MYSYROWICZ	Docteur ès-Sciences, Directeur de Recherche au C.N.R.S.
Jacob	PETRICH	Ph. D. (Université de Chicago).
Stanislas	POMMERET	Ingénieur ENSTA.
Jean-Claude	POURNY	Ingénieur E.S.O.
Bernard	PRADE	Ingénieur E.S.O., Docteur ès-Sciences.
Bruno	RIOU	Docteur en Médecine.
Christian	TANGUY	Doctorat 3ème cycle, Agrégation.
Jean-Yves	VINET	Docteur ès-Sciences.
Paul	WAZEN	Docteur ès-Sciences.

INGENIEURS, TECHNICIENS, ADMINISTRATIFS

Simone	BABILOTTE
Elie	CHEMLA
Michel	CLERGUE
Armino	DOS SANTOS
Jacques	ENGLENDER
Guy	HAMONIAUX
Marie-José	LECUYER
Daniel	MILLY
Régine	MULLER
Geneviève	MULLOT
Andrée	RODRIGUEZ
Noëlle	YAMADA

DOMAINES D'ACTIVITE

I - OPTRONIQUEOptique Guidée

- Gyrométrie "Tout fibre" à cavité résonnante.
- Modes propres d'une zone de couplage. Modélisation BPM
- Etudes théoriques : Effet Sagnac; Effet Kerr.

Physique des Lasers Infrarouges

- Impulsions brèves à 10,6 μm .
- Réseau cohérent de lasers à guide d'onde autofocalisant.
- Interférométrie hétérodyne : applications spatiales.

II - PHYSIQUE ULTRARAPIDESources Lasers

- Compression d'impulsions. Simulation de propagation d'impulsions femtosecondes.
- Autocorrélation interférométrique.

Physique des Semiconducteurs

- Transitions optiques virtuelles.
- Piégeage ultrarapide des électrons dans le silicium amorphe.
- Porte optique à double commande.
- Effet tunnel entre puits quantiques couplés.
- Hole burning dans les points quantiques.
- Modélisation de structure de bande.

Physique atomique

- Ionisation multiphotonique

Optique nonlinéaire

- Interaction à 4 ondes. Mesure de X^3 .
- Mouvements vibrationnels dans les liquides. Hyperpolarisabilité.
- Transition de phase de ferroélectriques.

Biologie et Biophysique

- Dynamique interne des protéines. Hémoprotéines. Transfert de charge dans les centres réactionnels. Simulation de dynamique moléculaire.
- Dynamique réactionnelle de bioradicaux en phase condensée. Modélisation des mécanismes radicalaires.

III - BIOMEDICAL

- Mécanique des sarcomères. Etude sur le coeur et le diaphragme
- Cinétique temps réel par diffraction laser.
- Angioplastie, Lithotritie : Optimisation d'un laser pulsé et du couplage laser-fibre.

EXPOSE GENERALI - OPTRONIQUEOPTIQUE GUIDEE

Les activités fibres optiques ont été articulées autour de l'étude d'un gyromètre "tout fibre" à cavité résonnante et ont donné lieu à trois sortes de recherche:

- des travaux expérimentaux en gyrométrie.
- des modélisations des interactions entre fibres optiques.
- des travaux plus théoriques.

1.) - Gyromètre optique

L'expérience de gyrométrie "tout fibre" à cavité résonnante a été poursuivie et certaines limites de la méthode ont été mises en évidence. C'est ainsi que le couplage entre les deux ondes contrarotatives a été étudié et mis en relation avec la rétrodiffusion de la fibre optique.

2.) - Modélisation par B.P.M.

-Couplage par champ évanescent entre deux fibres monomodes

La méthode du faisceau propagé est utilisée pour calculer les pertes limites d'un coupleur directionnel. Le programme est implanté sur le C.R.A.Y 2 et les modélisations graphiques sont réalisées au CIRCE à l'aide du logiciel S.A.S. La méthode B.P.M. a été adaptée afin de rechercher les modes propres de la zone de couplage. On constate que le mode antisymétrique est unique et n'est pas affecté par la présence d'un liquide d'indice inséré entre les deux fibres. Les modes symétriques par contre sont perturbés par la présence de cette couche de liquide d'indice. Pour certaines valeurs de cet indice, deux modes symétriques peuvent exister. Leur propagation donne lieu à un phénomène d'interférences périodiques en fonction de la longueur de propagation.

3.) - Etudes théoriquesa.) Effet Sagnac

On connaît bien l'effet Sagnac pour les ondes se propageant dans le vide. Dans notre expérience de gyrométrie, la lumière se propage dans une fibre optique. Nous avons donc élaboré une théorie relativiste du premier ordre d'un guide d'onde en rotation, de manière à retrouver rigoureusement le résultat généralement prédit.

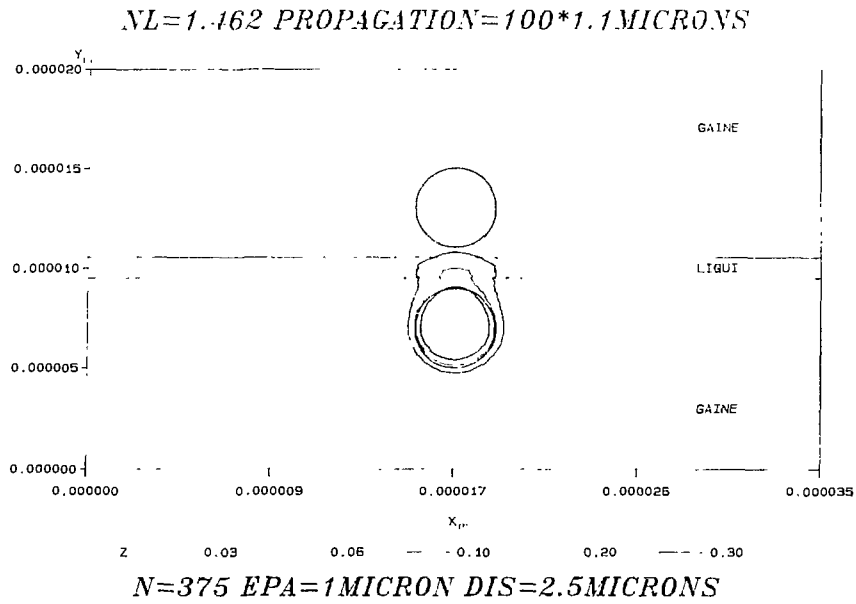


Figure 1. Modélisation d'une zone de couplage. L'onde est injectée dans la fibre du bas. On a représenté l'évolution des lignes isovaleurs du champ électrique après une propagation de 100 microns.

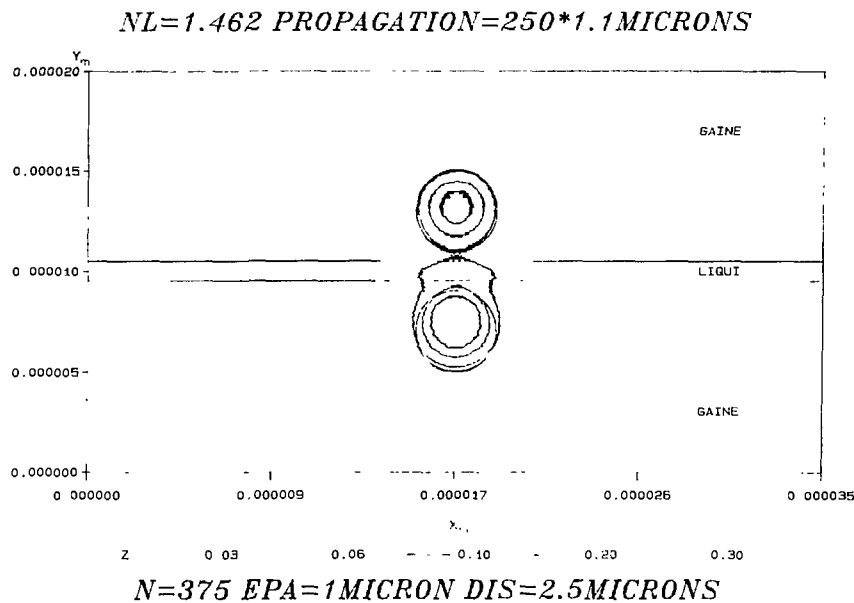


Figure 2. Idem que précédemment après une propagation de 250 microns. On remarque l'échange d'énergie entre les deux fibres avec la fuite latérale du champ électrique dans la couche de liquide.

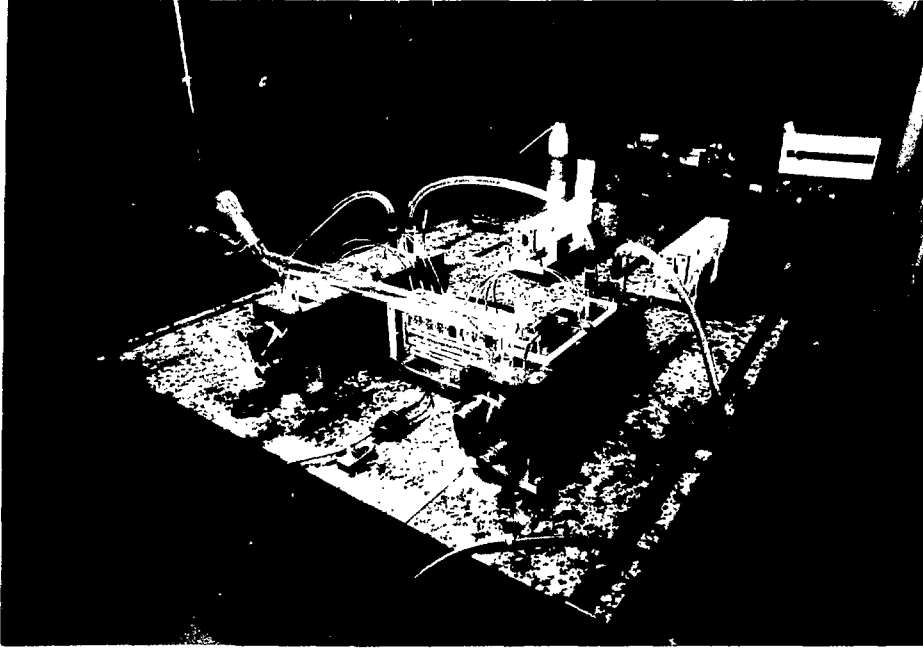


Figure 3. Expérimentation de lasers à CO_2 , guide d'onde, stabilisés en fréquence par l'analyse de la dispersion de cavités Fabry-Perot détectée par interférométrie hétérodyne.

b.) Effet Kerr

Dans une cavité optique "tout fibre", la densité de puissance à la résonance peut engendrer par effet Kerr des variations d'indice rendant ainsi non linéaire le comportement de la cavité. On a étudié d'abord le spectre de résonance dans le cas d'une seule onde, puis dans le cas de deux ondes contrarotatives. Dans ce dernier cas, des zones d'instabilité ont été mises en évidence.

c.) Théorie des guides optiques

Le premier volume de "optique guidée" a été rédigé et a été soumis au service édition de l'ENSTA.

PHYSIQUE des LASERS INFRAROUGES

1.) - Impulsions brèves à 10,6 μm

Les études concernant les impulsions brèves à 10,6 μm se sont poursuivies dans le but d'obtenir des impulsions subnanosecondes de puissance crête supérieure à la centaine de watts. Une première étude a permis la mise au point de modèles nous donnant ainsi la possibilité d'optimiser les divers paramètres expérimentaux.

D'ores et déjà, une application de la technique mise au point à la tomo-anémométrie est prévue en collaboration avec le CERT à Toulouse.

2.) - Réseau cohérent de lasers à guide d'onde autofocalisant

Une première maquette d'un réseau de lasers à guide d'onde autofocalisant a été réalisée. Il s'agit d'un dispositif de petites dimensions comprenant trois guides d'onde de 2mm de largeur, 0,6mm d'épaisseur et 100mm de long. Grâce à ce premier dispositif, capable de fournir 3 watts cohérents, nous avons étudié les conditions de couplage en phase des divers canaux et les tolérances de réglage dans lesquelles le couplage est réalisé. Parallèlement, une étude théorique a permis de dégager une formulation analytique du super-mode engendré par un tel réseau avec des premiers résultats en parfait accord avec l'expérience. Cette étude théorique se poursuivra dans le but de déterminer les conditions de couplage en phase ainsi que les lois de propagation du super-mode émis.

La réalisation d'un laser scellé de 40cm de long, capable de fournir une puissance supérieure à 100W est prévue. Une exploitation commerciale de ce type de laser pourrait être développée en collaboration avec un industriel français.

3.) - Application des lasers à CO₂

Le développement des lasers stabilisés en fréquence pour des expériences spatiales d'interférométrie hétérodyne se poursuit dans le cadre d'un contrat CNES. Ces études nous permettront d'expérimenter diverses techniques de stabilisation en fréquence, aussi bien des lasers continus de puissance moyenne que des lasers TEA impulsionsnels et de déterminer la plus adaptée aux diverses applications spatiales envisagées.

II- PHYSIQUE ULTRA-RAPIDESOURCES LASERSCompression d'impulsion

La compression d'impulsion a été poursuivie par la compensation au 3ème ordre de l'automodulation de phase, la réalisation d'un interféromètre en lumière blanche, et en réduisant le temps de mesure d'une autocorrélation interférométrique de 15 minutes à 10 secondes, par l'utilisation d'un mouvement piézoélectrique. La durée des impulsions comprimées est à l'heure actuelle de 11 fs.

Au plan théorique, le rôle de la réflexion de l'impulsion par le gradient d'indice induit par l'effet Kerr optique dans une fibre monomode a été étudiée montrant que le terme de réflexion compense partiellement le terme de dispersion d'ordre 3. L'influence prépondérante du défaut de symétrie des impulsions incidentes sur les effets de choc, de dispersion, et de réflexion a été mise en évidence et a permis de conclure, par une confrontation rigoureuse entre les mesures expérimentales et les simulations numériques, que le mécanisme d'automodulation de phase expliquait à lui seul les caractéristiques essentielles de l'élargissement spectral dans les expériences de compression d'impulsions.

Une technique nouvelle d'amplification des impulsions automodulées en phase par des passages multiples dans un jet d'un mélange de colorants a été expérimentée avec succès. Les impulsions ont été comprimées par une séquence de 4 prismes à forte dispersion, présentant sur les paires de réseaux l'avantage d'une grande luminosité. La génération d'impulsions de 0,6µJ et de 16fs de durée au taux de répétition de 11kHz a été aussi réalisée. Les élargissements spectraux des impulsions correspondantes vont au-delà des possibilités apparentes d'amplification du mélange de colorants employés. Une explication faisant intervenir le rôle de l'automodulation de phase dans les jets a été proposée.

Le développement des méthodes de solutions numériques de l'équation de propagation a permis de simuler l'évolution d'une impulsion femtoseconde comportant une automodulation de phase initiale, inverse de celle induite par la propagation le long d'une fibre optique. On a montré que l'élargissement dû à la dispersion du guide était alors considérablement réduite, et qu'une compression temporelle pouvait même avoir lieu à un endroit choisi de la fibre, en imprimant à l'impulsion la modulation de phase initiale correspondante.

La simulation de la propagation d'impulsions subpicosecondes dans les fibres autour de la longueur d'onde de dispersion nulle, commencée les années précédentes, a été poursuivie par l'étude numérique de l'évolution comparée de la largeur à mi-hauteur et de l'écart quadratique moyen d'une impulsion subpicoseconde dans une fibre monomode de longue distance (60km), autour de la longueur d'onde de dispersion de vitesse de groupe nulle.

On montre que pour certaines longueurs d'onde, dont on a précisé le mode de calcul, l'impulsion de départ se scinde en deux parties, l'une dispersive, disparaissant progressivement, et l'autre stable. La partie stable parfois appelée quasi-soliton, confirme des découvertes récentes sur les solutions stationnaires de l'équation de propagation autour de la longueur d'onde de dispersion de vitesse de groupe nulle, suivant lesquelles le spectre de l'impulsion se dissocie en 2 raies, dont l'une se déplace vers la longueur d'onde donnant la meilleure stabilité temporelle.

La méthode des moments, que nous proposons permet de calculer à l'avance cette longueur d'onde optimale. Les études devraient se poursuivre par la comparaison de l'interaction des solitons et des quasi-solitons.

PHYSIQUE DES SEMICONDUCTEURS

1.) - Transitions optiques virtuelles dans les semiconducteurs

Il est possible d'étudier l'interaction du semiconducteur avec la lumière lors d'une excitation non résonnante. Dans ce cas l'énergie des photons est volontairement choisie inférieure à l'énergie de bande interdite. En raison de la conservation de l'énergie, le semiconducteur ne peut pas subir de transition réelle. Il peut cependant passer dans un état excité pendant un temps très bref, inverse du défaut d'énergie, donc compatible avec la relation d'incertitude de Heisenberg, avant de retomber dans l'état fondamental. On parle alors de transition virtuelle. Ce phénomène, connu sous le nom d'effet Stark optique en physique atomique, a été mis en évidence au laboratoire en 1986. Il se manifeste comme un déplacement vers les hautes énergies des raies d'absorption du matériau.

Sur le plan de l'évolution temporelle, l'origine virtuelle du phénomène implique a priori un temps de réponse ultrarapide, propice aux applications en calcul optique. Utilisant les sources lasers femtosecondes du laboratoire nous avons pu étudier la dynamique de l'effet Stark optique avec une résolution de l'ordre de 100 fs. Nous avons ainsi montré que la cinétique est fortement perturbée par la cohérence du matériau.

D'autre part, des aspects de l'effet Stark optique spécifiques aux semiconducteurs ont pu être mis en évidence en collaboration avec M. Combescot (G.P.S. de l'E.N.S.). En effet, la structure de bande du GaAs suggère une grande dépendance des phénomènes observés en fonction des polarisations relatives, linéaires ou circulaires, des faisceaux optiques. Une levée de dégénérescence de l'exciton a pu être mise en évidence dans l'arseniure de gallium massif et dans les puits quantiques, ceci sous l'action exclusive de la lumière et non pas d'un champ magnétique ou d'une contrainte externe.

2.) - Piégeage ultrarapide des électrons dans le silicium amorphe

La conduction dans les semiconducteurs amorphes est tributaire des processus de capture par les pièges et de dépiégeage par excitation thermique. En conséquence, il est important d'étudier ces étapes avant de passer à des développements technologiques plus avancés.

Nous avons observé une thermalisation rapide des porteurs photocréés avec pour conséquence un échauffement simultané du réseau. Cette élévation de température est bien suivie grâce aux modifications correspondantes des propriétés optiques des couches minces excitées. Par ailleurs, après thermalisation, une grande partie des électrons et des trous disparaît, soit dans des pièges profonds, soit par recombinaison non radiative sur des sites liés au désordre. Une étude quantitative est en cours, dont les résultats amèneront peut être à remettre en cause certaines hypothèses communément admises.

3.) - Porte optique à double commande

Nous avons montré la faisabilité d'une fenêtre temporelle commandée optiquement, à la fois pour l'ouverture et la fermeture. Ce travail s'appuie sur un résultat montrant que la durée de vie de porteurs photocréés diminue très fortement en présence d'un processus d'émission stimulée. Son application à la réalisation d'une fenêtre optique est simple: un premier faisceau d'excitation crée une population de porteurs dans des conditions pour lesquelles l'émission stimulée n'a pas lieu. La transparence induite correspond à l'ouverture de la porte optique en un temps subpicoseconde. Un second faisceau excitateur va lui, avec un retard variable par rapport au premier faisceau, désexciter très rapidement ces porteurs par émission induite. La disposition des porteurs entraîne un retour à l'état d'absorption normale, c'est-à-dire la fermeture de la porte optique. L'étude de la transmission d'un troisième faisceau a permis de vérifier la présence de porteurs pendant une durée égale au retard entre les deux faisceaux d'ouverture/fermeture.

4.) - Effet tunnel entre puits quantiques couplés

La structure asymétrique de puits quantiques couplés AlGaAs//GaAs est de plus en plus étudiée en vue d'applications optoélectroniques. Nous nous sommes intéressés à la mesure du temps de transfert de porteurs d'un puit à l'autre. Les paramètres importants sont l'épaisseur de la barrière de potentiel séparant les puits et l'existence de quasi résonance entre les niveaux d'énergie des puits larges et étroits (le transfert étant alors plus rapide). Cette étude, qui se poursuit actuellement, devrait permettre de choisir les paramètres en question en vue d'obtenir une valeur donnée du temps de transfert interpuits.

5.) - Hole-burning dans les points quantiques

Passer d'un système tridimensionnel à un système bidimensionnel se fait en travaillant sur des couches ultraminces (puits quantiques). On y observe un renforcement des nonlinéarités optiques. En extrapolant, on s'attend à des propriétés encore plus remarquables pour des systèmes confinés dans les 3 dimensions (points quantiques), encore appelés systèmes à zéro dimension. Ceux-ci sont réalisés par un ensemble de microcristallites de très faibles dimensions (de l'ordre de 50 Å) maintenues dans une matrice de verre. A cause de la difficulté d'obtention de microsphères de taille identique, leur physique est encore peu connue. Les expériences de hole-burning (saturation d'états par excitation sélective) que nous avons faites à haute et basse température, apportent les premiers éléments de réponse.

6.) - Modélisation de structure de bandes

On a finalement laissé de côté l'étude du pompage optique dans le germanium amorphe, car le modèle d'amorphe choisi (un tétraèdre CH_4 d'orientation aléatoire) était trop simple pour apporter des résultats nouveaux. On a également abandonné, pour l'instant, le calcul de densité d'états électroniques par construction de fonctions de Green sur un "arbre de Bethe" car l'analyse de la méthode a montré qu'elle était très mal adaptée à l'étude d'un défaut très étendu comme les impuretés hydrogénoïdes dans les semiconducteurs. Ce calcul pourra être repris pour des impuretés de transitions (telle que le manganèse) dans les semiconducteurs.

On a alors entrepris le calcul littéral de la structure de bande des semiconducteurs III-V dans l'approximation des liaisons fortes en suivant la méthode initiée par LEMAN et FRIEDEL en 1962. Ce calcul, qui prend en compte l'interaction spin-orbite et l'absence de symétrie d'inversion dans les III-V, nous permet d'obtenir une expression analytique du terme en k^3 de ces semiconducteurs. Il nous semble en effet intéressant de comparer cette expression écrite en termes d'orbitales moléculaires, à l'expression obtenue par KANE dans l'approximation $\vec{k} \cdot \vec{p}$.

7.) - Saturation quantique dans un gaz de Bosons: excitons dans Cu_2O

Nous avons étudié la luminescence résolue spatialement et dans le temps d'un cristal de Cu_2O fortement excité (densité de paires électrons-trous créés optiquement $n \approx 10^{20} \text{cm}^{-3}$). L'analyse des spectres révèle une distribution en énergie correspondant à celle d'un gaz de bosons quantiquement dégénéré (potentiel chimique interne $\mu = 0$). Une étude cinétique montre que la température du gaz évolue rapidement (à l'échelle de la nanoseconde) et précisément de façon telle que la loi $N = CT^{3/2}$ soit vérifiée sur plus d'un ordre de grandeur. La constante C est égale à celle décrivant les conditions de saturation quantique d'un gaz idéal de Bose-Einstein.

8.) - Effet photovoltaïque $\text{Cu}_2\text{O}/\text{Cu}$

Nous avons étudié l'effet photovoltaïque dû à l'interface à $\text{Cu}_2\text{O}/\text{Cu}$ en fonction de l'épaisseur du semiconducteur, de la température et de la longueur d'onde de la lumière incidente. L'analyse des résultats montre que les excitons jouent un rôle primordial dans le processus de conversion de la lumière en courant électrique (transport d'énergie par migration d'excitons). On montre que le coefficient de diffusion des excitons prend des valeurs extrêmement élevées ($D \approx 10^3 \text{cm}^2/\text{s}$) à basse température dans des échantillons de haute qualité.

9.) - Biexcitons dans les puits quantiques $\text{ZnSe}/\text{ZnMnSe}$

On sait que le confinement forcé des électrons et des trous dans la même couche ultramince d'un puit quantique donne lieu à un renforcement important de l'énergie de liaison des excitons. Nous avons montré qu'il a de même renforcement important de la liaison de molécules excitoniques. On trouve dans les puits quantiques ZnSe de 40Å d'épaisseur. Une augmentation de plus d'un ordre de grandeur de l'énergie de dissociation du biexciton par rapport à celle d'un cristal massif. La résonance biexcitonique est à l'origine de fortes nonlinéarités optiques.

10.) - Autopiégeage d'excitons induit par le désordre

Nous avons étudié les propriétés optiques (absorption, luminescence) de cristaux mixtes $\text{Zn}(\text{Se}, \text{Te})$. Les résultats diffèrent considérablement de ceux observés dans d'autres systèmes II-VI tels que $\text{Cd}(\text{S}_1-\text{Se})$. Ici la localisation d'excitons induite par le désordre provient d'une forte distorsion locale du réseau (autopiégeage extrinsèque).

PHYSIQUE ATOMIQUE

Ionisation multiphotonique

En collaboration avec le CEA (Saclay) et le FOM Institute (Amsterdam) un nouveau domaine a été développé au laboratoire cette année : la production et l'étude d'atomes ionisés en interaction avec un rayonnement femtoseconde très intense.

Les premières expériences ont porté sur la multi-ionisation du xénon par des impulsions de durée 100 fs à 620 nm et d'intensité 2.10^{14} W/cm². En principe, il faut que l'atome de xénon absorbe sept photons à 620 nm pour atteindre son seuil d'ionisation. Un processus d'un ordre aussi élevé ne peut être mis en évidence qu'avec des champs lumineux intenses. Dans ces conditions, il est nécessaire de tenir compte des fortes perturbations de l'état final de l'électron qui contribuent à augmenter encore le seuil d'ionisation (déplacement pondéromoteur). Déjà suspecté en régime picoseconde, ce déplacement haute énergie a été confirmé définitivement dans nos expériences grâce à l'utilisation des impulsions lumineuses femtosecondes.

Ces résultats prometteurs nous ont amené à demander une aide à la CEE dans le cadre des projets "Stimulation". Ce contrat "Atoms in superintense femtosecond laser pulses" est une collaboration entre le CEA Saclay, le FOM d'Amsterdam, l'Université de Bruxelles, et le LOA (Notification en 1989)

OPTIQUE NONLINEAIRE

1.) - Nonlinéarités optiques (état électronique fondamental)

Le but des recherches dans ce domaine concerne l'analyse (réponse temporelle) de phénomènes engendrés par l'ensemble de 3 champs optiques, dans un milieu isotrope ou à symétrie élevée (cubique). Ceux-ci donnent lieu à des nonlinéarités d'ordre 3 dont les caractéristiques sont décrites par des éléments indépendants du tenseur de susceptibilité (au nombre de 3 par phénomène physique excité). Nous avons démontré précédemment que ces divers coefficients peuvent être appréhendés indépendamment les uns des autres par une étude en polarisation particulière.

L'utilisation de 2 longueurs d'onde différentes (2 faisceaux à la fréquence ω_1 , 1 faisceau à la fréquence ω_2), et d'une géométrie concernant l'accord de phase pour une mesure à la fréquence ω_2 , limite le nombre de phénomènes potentiels. L'hyperpolarisabilité (électronique) des molécules, de même que l'effet Kerr optique (relaxation orientationnelle) ont pu être étudiés avec précision précédemment, et ont été mesurés indépendamment.

Les travaux ont porté cette année sur la mise en évidence de mouvements vibrationnels (caractérisés par une fréquence propre). Tous les liquides étudiés donnent lieu à une réponse basse fréquence (50 cm^{-1}), très fortement amortie et pour laquelle nous avons démontré que seule la partie anisotrope du tenseur de susceptibilité contribue; cela vient confirmer les attributions, avancées par d'autres auteurs, de cette réponse à des modes intermoléculaires (rendus actifs par l'existence d'un champ local). Les autres modes mis en évidence correspondent à des vibrations intermoléculaires: on fait la distinction entre ceux mis en résonance en

raison de la largeur spectrale des faisceaux d'excitation (200cm^{-1}), et ceux pour lesquels la fréquence de vibration est proche de $|\omega_1 - \omega_2|$. Lorsque les modes concernés ont une fréquence 200cm^{-1} , on observe directement, dans le domaine temporel, les oscillations amorties: on peut en déduire avec précision la fréquence de vibration, le temps de déphasage et la symétrie du mode. Lorsque les modes concernés ont une fréquence $>300\text{cm}^{-1}$, on peut indirectement mesurer leur fréquence, si 2 ou plusieurs d'entre eux sont suffisamment proches ($< 200\text{cm}^{-1}$) pour donner lieu à des battements: on a ainsi accès à l'écart de fréquence et au temps de déphasage.

2.) - Applications

Cette technique de mesure, donnant accès à des informations temporelles (fréquences d'oscillation, temps de déphasage) et en polarisation (coefficients du tenseur de susceptibilité) va permettre d'étudier certains problèmes particuliers dont:

- l'hyperpolarisabilité de molécules simples: évolution des nonlinéarités électroniques du benzène et certains dérivés.

- la transition de phase de ferroélectriques par l'étude des signaux liés aux phonons sensibles à la transition.

BIOLOGIE et BIOPHYSIQUE

1.) - Dynamique interne des protéines

a.) Hémoprotéines

Dans l'étude du rôle de la protéine dans le contrôle de l'accessibilité de l'hème par le ligand, nous avons utilisé le NO comme ligand. Le NO a la particularité de posséder une barrière énergétique de recombinaison à l'hème très diminué par rapport au CO ou à O_2 . Les cinétiques de recombinaison sont ainsi, d'une part très sensibles aux modifications de l'environnement protéique et d'autre part très rapides, c'est-à-dire s'effectuant dans un domaine temporel où seuls les résidus constituant la poche de l'hème ou fortement couplés à celle-ci, peuvent s'exprimer.

Le rôle de la poche de l'hème a été analysé par l'utilisation de différentes hémoglobines, en présence d'effecteurs allostériques ainsi que par la mutation spécifique de différents amino-acides de la poche de l'hème.

Le rôle essentiel de la valine E₁₁ et de l'arginine CD₃ a été mis en évidence par une mesure des cinétiques de recombinaison de NO dans différents mutants de la myoglobine humaine où ces amino-acides ont été substitués. Il a été proposé que la réactivité des hémoprotéines pouvait pour une part être décrite par des fluctuations dans des sous-états conformationnels. Le temps d'inter-conversion de ces sous-états conformationnels de la protéine a été estimé à 100 ps à température ambiante. Ce qui correspond aux résultats obtenus dans une simulation par la dynamique moléculaire.

b.) Transfert de charge dans les centres réactionnels

L'influence de la protéine dans le contrôle des réactions de transfert de charge entre sites actifs dans des centres réactionnels provenant de différentes souches bactériennes, a été analysée en fonction de la température. Les résultats obtenus suggèrent l'existence d'un mécanisme de transfert électronique assisté par la protéine en utilisant un mode propre de la protéine à 80cm^{-1} . Un processus de transfert adiabatique est suggéré.

a.) - Dynamique de réactions bioradicalaires en phase condensée

L'objectif des recherches est d'étudier les mécanismes primaires impliqués dans des réactions d'oxydo-réduction couplées à un transfert monoélectronique (réactions radicalaire). Ces mécanismes primaires impliquent le couplage dynamique d'un électron épithermique ($E \leq 1,5\text{ev}$) avec les molécules de solvant (phase aqueuse); la réactivité, hors équilibre, des précurseurs de l'électron hydraté avec des accepteurs (formation de paires radicalaires, relaxation de paires geminées, réactivité électron-cation).

Les travaux expérimentaux et théoriques sont développés à l'échelle des femtosecondes et dans le cadre d'un traitement quantique des mécanismes réactionnels.

a.) Dynamique réactionnelle

La multiphotoionization de molécules d'eau par des impulsions femtosecondes à forte puissance crête a permis d'approfondir les étapes transitoires des couplages électron-molécule d'eau: formation de paires électron - ion ($e^- \dots H_3O^+$), réactivité de l'électron dans la sphère de solvation du proton. La relaxation de la paire radicalaire unitaire ($e^- \dots H_3O^+$) correspond à un processus de recombinaison geminée à 1D ($T_d = 1.2\text{ps}$).

En phase aqueuse concentrée, la dynamique réactionnelle de l'électron épithermique dépend de la nature de l'accepteur. Les réactions radicalaires induites par la réactivité de précurseurs de l'électron hydraté ont été étudiées en présence d'accepteurs à haute affinité électronique. Des étapes réactionnelles, compétitives des processus de solvation ont été appréhendées par spectroscopie infrarouge.

b.) Etude théorique de réactions radicalaires

Les étapes primaires de réactions bioradicalaires, couplées à la réactivité d'un électron épithermique en phase aqueuse, correspondent à des processus physico-chimiques rapides et complexes. Ces processus impliquent des couplages électrons-moments dipolaires sur de très courtes distances.

L'étude théorique des mécanismes radicalaires ultra-rapides, au cours desquels la dynamique réactionnelle est fortement influencée par des gradients transitoires locaux (densité de liaisons hydrogène, champs coulombiens), nécessite de prendre en considération la forme et les caractéristiques des puits de potentiel.

Pour atteindre cet objectif nous développons un code de calcul appliquant la méthode SOM (splitting operator method) associée à la FFT (algorithme de la transformée de Fourier rapide). Les travaux ont d'abord

été développés sur ordinateur SUN (pour les puits à une dimension) et sont actuellement conduits sur IBM du CIRCE pour les puits de potentiel à deux et trois dimensions.

Les couplages électrons-puits de potentiel sont abordés en résolvant l'équation de Schrödinger dans le temps et dans l'espace. Les premiers travaux ont permis d'obtenir le spectre en énergie dans le cas d'un puits asymétrique à 1 D.

III - BIOMEDICAL

1.) - Mécanisme des sarcomères par diffraction laser

Le mécanisme intime de l'action du calcium à l'échelon moléculaire, dans les cellules musculaires myocardiques, n'est pas totalement élucidé. Une question majeure reste encore sans réponse définitive: le calcium agit-il au niveau des protéines contractiles régulatrices (Troponine-Tropomyosine) en déterminant le nombre de ponts actine-myosine utilisables pour développer de la force, ou bien agit-il au niveau de l'ATPase de la myosine en modulant les cinétiques du cycle d'acrosage et de décrochage des ponts ?

L'étude des cinétiques en temps réel des sarcomères par diffraction laser permet d'apporter des arguments en faveur de l'une des deux hypothèses.

Deux types de protocoles ont été mis en place. D'une part l'inotropie des sarcomères a été modifiée en changeant la concentration extra cellulaire de calcium ou la fréquence de stimulation du muscle. D'autre part, par la technique du "load-champ", la longueur instantanée du sarcomère est modifiée, ce qui permet de moduler la sensibilité des myofilaments pour le calcium. Au cours de ces différentes perturbations, la relation entre la longueur instantanée des sarcomères et la force du muscle reste linéaire, indépendamment de l'état inotrope du muscle, et de la sensibilité des myofilaments pour le calcium. Par contre, la vitesse instantanée des sarcomères, pour une longueur donnée, dépend de ces deux facteurs. Ces résultats suggèrent que le nombre de ponts actine-myosine, pour une longueur donnée de sarcomères n'est pas modifié par des variations d'inotropie et que le calcium module les cinétiques des ponts actine-myosine. Ce résultat permet une meilleure compréhension des mécanismes d'activation très compliqués, qui président à la régulation de la contractilité du myocarde.

2.) - Angioplastie et lithotritie

Avec comme perspective une utilisation commune à l'angioplastie (désobstruction des artères athéromateuses) et à la lithotritie (fragmentation des calculs urinaires et biliaires), un laser déclenché modulable Nd-YAG réalisé par la Société Quantel (Les Ulis) et délivrant à 10 Hz et 1064 nm des impulsions lisses d'une durée de 60 ns, a été expérimenté avec succès sur des segments aortiques et des calculs urinaires et biliaires, irradiés sans dommage thermique au tissu biologique. Afin d'améliorer l'efficacité du traitement de ces tissus calcifiés, il sera nécessaire, dans une prochaine étape, d'augmenter à nouveau la durée des impulsions pour pouvoir transmettre dans des fibres optiques souples de 200 µm de cœur, des énergies plus élevées.

- PUBLICATIONS -

E. TSELEPIS, E. FORTIN, A. MYSYROWICZ

- Exciton-Mediated Photovoltaic Effect in $\text{Cu}_2\text{O}/\text{Cu}$. Phys. Rev. Lett., vol.59, p.2107, 1987.

D. SNOKE, J.P. WOLFE, A. MYSYROWICZ

- Quantum Saturation in a Bose Gas: Excitons in Cu_2O . Phys. Rev. Lett., vol. 59, p.827, 1987;

D. LEE, A. MYSYROWICZ, A.V. NURMIKKO

- Extrinsic Exciton Self-Trapping in $\text{Zn}(\text{Se},\text{Te})$. Phys. Rev. Lett., vol. 58, p.1475, 1987.

G.L. BOURDET, R.M. MULLER, G.M. MULLOT, J.Y. VINET

- Pulses generation by an Active Multipass Interferometer. IEEE JQE, vol.24, n°3, pp.580-584, Mars 1988.

B. PRADE, J.Y. VINET

- Guided optics in rotating dielectric media. Il Nuovo Cimenta, vol. 101B, n°3, p.323, Marzo 1988.

B. LAMOURCUX, B. PRADE, J.Y. VINET

- Kerr effect in all-fiber cavities of optical gyros. Journal of Lightwave Technology, avril 1988.

B. LAMOUROUX, B. PRADE

- Modélisation par méthode de propagation de faisceau à partir d'un coupleur à champ évanescent. Ann. Télécomm. vol.43, n°1-2, P.38, 1988.

E. AKMANSOY, J.M. LOURTIOZ, Ph. CASSARD

- Stable two-mode operation of a high-power pulsed laser with small signal injection. Optics Communications, vol.65, n°2, pp.127-132, january 1988.

P. CASSARD, G.L. BOURDET

- Techniques de stabilisation des lasers industriels par injection. Opto Electronique, n° 46, pp.32-37, Septembre-Octobre 1988.

Ph. CASSARD, J.M. LOURTIOZ

- Injection locking of high-power pulsed lasers, Part I: Monochromatic Injection. IEEE Journal of Quantum Electronics, vol.24, n°11, pp.2321-2337, november 1988.

B. LAMOUROUX, B. PRADE, J.Y. VINET

- Les cavités optiques à fibre et la mesure des rotations. Revue de la S.A.G.E.M. et de l'A.S.I.T.A. Techniques avancées, octobre 1988.

G. BOYER, M. FRANCO, J.P. CHAMBARET

- Compression des impulsions lumineuses par automodulation de phase dans un guide unimodal. Ann. Télécomm., vol.43, n°3-4, 1988.

G. BOYER, M. FRANCO, J.P. CHAMBARET, A. MIGUS, A. ANTONETTI, P. GEORGES, F. SALIN, A. BRUN

- Generation of $0,6\mu\text{J}$ Pulses of 16 fs duration through high repetition rate amplification of self phase modulated pulses. Appl. Phys. Lett., vol.53, p. 823, 1988.

- G. BOYER, X. CARLOTTI
- Pulse spread minimization in single-mode optical fibers. Phys. Rev.
- M. JOFFRE, D. HULIN, A. MIGUS, A. ANTONETTI, C. BENOIT à la GUILLAUME, N. PEYGHAMBARIAN, M. LINDBERG, S.W. KOCH
- Coherent effects in pump-probe spectroscopy of excitons. Opt. Lett. vol.13, p. 276, 1988.
- J. ETCHEPARE, G. GRILLON, J. ARABAT
- Polarization effect in femtosecond time resolved coherent scattering from molecules in liquids. Applied Physics B, à paraitre.
- Y. GAUDUEL, A. MIGUS, N. YAMADA, A. ANTONETTI
- Femtosecond laser spectroscopy of reversed micelle. In "Structure and reactivity of reversed micelles", Pileni Ed., Elsevier, 1988, sous presse.
- Y. GAUDUEL, A. MIGUS, A. ANTONETTI
_ Electron reactivity in aqueous media: a femtosecond investigation of the primary products. Radiation Physics and Chemistry, 1988.
- Y. GAUDUEL, P. MENASCHE, M. DUVELLEROY
- Damage to sarcolemmal permeability and mitochondrial activity in reoxygenated cardiac cells: temporal relation ship with oxygen-induced lipid peroxidation. General Physiology and Biophysics, 1988, sous presse.
- Y. GAUDUEL, S. BERROD, A. MIGUS, N. YAMADA, A. ANTONETTI
- Femtosecond charge separation in organized assemblies: free radical reactions with pyridine nucleotides in micelles. Biochemistry, vol. 27, pp. 2509-2518, 1988.
- Y. GAUDUEL, A. MIGUS, A. ANTONETTI
- Advances in femtosecond optical techniques: recent experimental investigations in the field of reaction dynamics. Chemical reactivity in liquids, fundamental aspects. Plenum Press, Ed. M. Moreau, P. Turq, pp.15-30, 1988
- A. MIGUS, S. POMMERET, N. YAMADA, A. ANTONETTI, Y. GAUDUEL
- Electron localization and solvation in aqueous media. Ultrafast Phenomena VI, Chemical Physics, Springer-Verlag, T. Yajima, K. Yoshihara, C.B. Harris, S. Shionoya eds., pp.527-531, 1988.
- D. CHEMLA, Y. LECARPENTIER, J.C. POURNY, M. CLERGUE, A.M. DUVAL, A.I.K. EL AMRANI
- Isotonic contraction relaxation coupling in rat and guinea pig myocardium. FASEB Journal, 2, 5, p.A983, 1988.
- Y. LECARPENTIER, M. CLERGUE, D. CHEMLA, J.C. POURNY, A.I.K. EL AMRANI, B. RIOU
- Inotropism and cardiac sarcomere kinetics studied by laser diffraction. FASEB Journal, 2, 5, p.A982, 1988.
- A.I.K. EL AMRANI, Y. LECARPENTIER, M. CLERGUE, J.C. POURNY, I. ANTONY D. CHEMLA
- Contraction-relaxation coupling of adrenergic agonists in rat papillary muscle. FASEB Journal, 2, 5, p.A982, 1988.
- F. BRENOT, Ph. HERVE, B. RIOU, Y. LECARPENTIER, M. CLERGUE, D. CHEMLA, P. DURoux
- Effect of dantrolene on diaphragmatic contractibility and relaxation.

FASEB Journal, 2, 5, p.A1498, 1988.

M. CLERGUE, A.I.K. AMRANI, D. CHEMLA, Ph. HERVE, Y. LECARPENTIER
- Effects of chlorpromazine on isolated rat left ventricular papillary muscle. FASEB Journal, 2, 5, p.A983, 1988.

B. SWYNGHEDAUF, K. SCHWARTZ, Y. LECARPENTIER, R. CLAPIER-VENTURA, J. PERENNEC, A. WALDENSTROM, D. CHEMLA, P.Y. HATT
- Species-specificity of the isomyosin shift in cardiac overload. J. of Appl. Cardiology, 3, pp.133-143, 1988.

Ph. HERVE, Y. LECARPENTIER, F. BRENOT, M. CLERGUE, D. CHEMLA, D. DUROUX
- Relaxation of the diaphragm muscle: influence of ryanodine and fatigue. J. Appl. Physiol. 65, (5), p.1088, 1988.

B. RIOU, Y. LECARPENTIER, F. BRENOT, Ph. HERVE, P. VIARS
- Diapezam does not improve intrinsic mechanical properties of rat cardiac papillary muscle exposed to chloroquine in vitro. FASEB Journal, 2, p.A1134, 1988.

P. HERVE, F. BRENOT, Y. LECARPENTIER, D. CHEMLA, B. RIOU, P. DUROUX
- Prenatal development of rat diaphragm. Am. Rev. Resp. Dis., 137 (Supp.), vol.74, 1988.

B. RIOU, Y. LECARPENTIER, P. BARRIOT, P. VIARS
- Diapezam does not improve intrinsic mechanical properties of rat cardiac papillary muscles exposed to chloroquine. Intens. Care Med., 14, p.290, 1988.

B. RIOU, Y. LECARPENTIER, P. BARRIOT, P. VIARS
- Le diazépam ne modifie pas les propriétés mécaniques intrinsèques du muscle papillaire cardiaque du rat exposé à la chloroquine in vitro. Ann. Fr. Anesth. Réanim., 6, pp.42A-43A, 1988.

J.W. PETRICH, C. POYART, J.L. MARTIN
- Photophysics and reactivity of hemoproteins: a femtosecond absorption study of hemoglobin, myoglobin, and protoheme. Biochemistry, 27, pp. 4049-4060, 1988.

G.R. FLEMMING, J.L. MARTIN, J. BRETON
- Rates of primary electron transfer in photosynthetic centres and their mechanistic implications. Nature, 333, pp.190-192, 1988.

J.L. MARTIN, J. BRETON, G.R. FLEMMING
- The primary electron transfer in photosynthetic purple bacteria: long range electron transfer at a rate close to the adiabatic limit. In "Bacterial Reaction Centers: X-ray crystallography and optical spectroscopy". J. Breton and A. Vermeglio Editors. Plenum Publishing Co. Ltd, pp.195-203, 1988.

J.W. PETRICH, J.L. MARTIN, J. BRETON
- Ultrafast spectroscopy of biological processes. In "Ultrafast Phenomena VI, Springer, Berlin, vol.48, pp.576-579, 1988.

J. BRETON, J.L. MARTIN, G.R. FLEMMING, J.C. LAMBRY
- Low temperature femtosecond spectroscopy of the initial step of electron transfer in reaction centers from photosynthetic purple bacteria. Biochemistry, vol.27, pp.8276-8284, 1988.

- I. LEDOUX, J. ZYSS, A. MIGUS, D. HULIN and A. ANTONETTI
 - Two-stage parametric amplification in NPP crystals : Application to subpicosecond time resolution of parametric emission. J. Appl. Phys., vol.64, (1988), 3309-3311.
- H.G. MULLER, H.B. van LINDEN van den HEUVELL, P. AGOSTINI, G. PETITE, A. ANTONETTI, M. FRANCO, and A. MIGUS
 - Multiphoton ionization of xenon with 100-femtosecond laser pulses. Phys. Rev. Lett., vol. 60, (1988), 565.
- J.P. SOKOLOFF, M. JOFFRE, B. FLUEGEL, D. HULIN, M. LINDBERG, A. MIGUS, A. ANTONETTI, and N. PEYGHAMBARIAN
 - Transient oscillations in the vicinity of excitons and in the band of semiconductors. Phys. Rev. B, vol. 38, (1988), 7615.
- N. PEYGHAMBARIAN, B. FLUEGEL, S.W. KOCH, J. SOKOLOFF, M. JOFFRE, D. HULIN, A. MIGUS, and A. ANTONETTI
 - Femtosecond transients and dynamic Stark effect in semiconductors, in Ultrafast Phenomena VI, Springer Series in Chemical Physics, vol. 48, 1988, 218.
- M. JOFFRE, D. HULIN, J.P. CHAMBARET, A. MIGUS, A. ANTONETTI, and C. BENOIT à la GUILLAUME
 - Bleaching of an exciton line using T_2 pulses : Artifact or reality ?, in Ultrafast Phenomena VI, Springer Series in Chemical Physics, vol.48 (1988), 223.
- M. JOFFRE, D. HULIN, A. MIGUS, A. ANTONETTI, and M. COMBESCOT
 - Light-induced selection rules in semiconductors using ultrashort pulses, in Ultrafast Phenomena VI, Springer Series in Chemical Physics, vol.48, 1988, 328.
- H.B. van LINDEN van den HEUVELL, H.G. MULLER, P. AGOSTINI, G. PETITE, A. ANTONETTI, M. FRANCO, and A. MIGUS
 - Above threshold ionization observed in the femtosecond regime, in Ultrafast Phenomena VI, Springer Series in Chemical Physics, vol.48, 1988, 404.
- A. MIGUS, S. POMMERET, N. YAMADA, A. ANTONETTI, and Y. GAUDUEL
 - Trapping and solvation of electrons in aqueous media, in Ultrafast Phenomena VI, Springer Series in Chemical Physics, vol.48, 1988, 527.
- Y. GAUDUEL, A. MIGUS, and A. ANTONETTI
 - Advances in femtosecond optical techniques recent experiments in the field of reaction dynamics, in Chemical Reactivity in Liquids, Eds. M. Moreau and P. Turq, 1988, 15-32.
- J. JOFFRE, D. HULIN, A. MIGUS, and A. ANTONETTI
 - Dynamics of the optical Stark effect in semiconductors, invited paper in J. of Modern Optics, (Dec. 1988).

- THESE D'HABILITATION -

G. BOURDET

- Les lasers à CO₂ de moyenne puissance. Application à la métrologie dimensionnelle. Optiques adaptatives. 14 décembre 1988.

- CONGRES, CONFERENCES -

H. LOTTMANN, R. ASTIER, J. ENGLENDER, D. CHOPIN, C. ABBOU, Y. LECARPENTIER

- Evaluation de deux procédés de diffusion de la lumière dans la vessie en vue de la photochimiothérapie. 81ème Congrès Français d'Urologie, 2-5 février 1988, Paris.

H. LOTTMANN, R. ASTIER, J. ENGLENDER, D. CHOPIN, C. ABBOU, Y. LECARPENTIER

- Evaluation de deux procédés de diffusion de la lumière dans la vessie en vue de la photochimiothérapie. 7ème Congrès National de la Société Française des Lasers Médicaux. 2-5 février 1988, Avoriaz.

M. CLERGUE, J.C. POURNY, D. CHEMLA, Y. LECARPENTIER

- Effet lusitrope de la stimulation adrénérgique sur le muscle papillaire de rat. Congrès de Biologie et Pathologie du coeur et des vaisseaux, avril 1988, Lyon.

D. CHEMLA, J.C. POURNY, M. CLERGUE, A.M. DUVAL, A.I.K EL AMRANI, Y. LECARPENTIER

- Couplage contraction-relaxation dans le myocarde de rat et de cobaye. Congrès Biologie et Pathologie du coeur et des vaisseaux, avril 1988, Lyon.

G. BOURDET, P. CASSARD, R. MULLER, G. MULLOT

- Efficient short pulses generation with CW CO₂ lasers, CLEO 88 (Tu M₄), Los Angeles (Cal. USA), Avril 1988.

F. WAZEN, G. BOURDET, J.M. LOURTIOZ

- 400 MHz Pressure broadening frequency tunability of CW Optically Pumped Midinfrared Harmonic laser, CLEO 88 -Th T3, Los Angeles (Ca. USA) Avril 1988.

A. ANTONETTI

- Generation and applications of tunable femtosecond pulses. IXth Symposium Franco-Soviétique en Instrumentation Scientifique, Moscou, URSS, Avril 1988.

D. HULIN

- Picosecond time-resolved luminescence in semiconductors. IXth Symposium Franco-Soviétique en Instrumentation Scientifique, Moscou, URSS, avril 1988.

R. ASTIER, J. ENGLENDER, Y. LECARPENTIER

- Intérêt des lasers pulsés en angioplastie et lithotritie. Journées francophones de la Société Française des Lasers Médicaux, 6-7 mai 1988, Paris.

R. ASTIER, J. ENGLENDER, Y. LECARPENTIER

- Transmission d'impulsions brèves par fibre optique. Intermédica 88, 27 mai 1988, Paris.

D. CHEMLA, Y. LECARPENTIER, J.C. POURNY, M. CLERGUE, A.M. DUVAL,
A.I.K. EL AMRANI
- Isotonic contraction-relaxation coupling rat and guinea pig myocardium.
FASEB, mai 1988, Las Vegas, U.S.A.

A.I.K. EL AMRANI, Y. LECARPENTIER, M. CLERGUE, J.C. POURNY, I. ANTONY,
D. CHEMLA
- Contraction-relaxation coupling of adrenergic agonist in rat papillary
muscle. FASEB, mai 1988, Las Vegas, U.S.A.

M. CLERGUE, F. BRENOT, A.I.K. EL AMRANI, D. CHEMLA, Ph. HERVE,
Y. LECARPENTIER
- Effects of chlorpromazine in isolated rat left ventricular papillary
muscle. FASEB, mai 1988, Las Vegas, U.S.A.

Y. LECARPENTIER, M. CLERGUE, D. CHEMLA, J.C. POURNY, B. RIOU
- Inotropism and cardiac sarcomere kinetics studied by laser diffraction.
FESEB, mai 1988, Las Vegas U.S.A.

Ph. HERVE, F. BRENOT, Y. LECARPENTIER, D. CHEMLA, B. RIOU, P. DUROUX
- Prenatal development of rat diaphragm. American Thoracic Society, mai
1988, Las Vegas, U.S.A.

R. ASTIER, J. ENGLENDER, Y. LECARPENTIER
- Intérêt des lasers pulsés en angioplastie et lithotritie. Journées
francophones de la Société Française des Lasers Médicaux, 6-7 mai 1988,
Paris.

F. BRENOT, Ph. HERVE Ph. RIOU, Y. LECARPENTIER, M. CLERGUE, D. CHEMLA,
P. DUROUX
- Effect of dantolene on diaphragmatic contractility and relaxation. FASEB,
mai 1988, Las Vegas, U.S.A.

Y. GAUDUEL, S. POMMERET, A. MIGUS, N. YAMADA, A. ANTONETTI
- Photochimie réactionnelle femtoseconde et transfert monoélectronique en
phase aqueuse (Conférence invitée). Journées d'Etudes sur la chimie sous
Rayonnement, Marly le Roi, 13-17 Juin 1988.

B. RIOU, Y. LECARPENTIER, P. BARRIOT, P. VIARS
- Diapezam does not improve intrinsic mechanical properties of rat cardiac
papillary muscles exposed to chloroquine. 4th European Congress on Intensive
Care Medicine, 14-18 juin 1988, Stresa-Baseno, Italie.

A. MIGUS, S. POMMERET, A. ANTONETTI, Y. GAUDUEL
- Electron localization and solvation in aqueous media (Conférence
invitée). Vth Topical Meeting on Ultrafast Phenomena, Optical Society of
America, Kyoto, Japon, 11-15 Juillet 1988.

P. GEORGES, J.P. CHAMBARET, F. SALIN, G.R. BOYER, M.A. FRANCO, G. LE SAUX,
G. ROGER, and A. BRUN
- Amplification and Compression of 16-fs Spectrally Broadened Pulses to
the Microjoule Level at 10 kHz. VIIth Topical Meeting on Ultrafast
Phenomena, OSA, Kyoto, Japon, 11-15 Juillet 1988.

J.L. OUDAR, C. TANGUY, J.P. CHAMBARET, and D. HULIN

- Ultrafast optical switching based on stimulated emission in GaAs/AlGaAs multiple quantum wells. VIIth Topical Meeting on Ultrafast Phenomena, OSA, Kyoto, Japon, 11-15 Juillet 1988.

J.W. PETRICH, J.L. MARTIN, and J. BRETON

- Ultrafast Spectroscopy of biological processes. VIIth Topical Meeting on Ultrafast Phenomena, OSA, Kyoto, Japon, 11-15 Juillet 1988.

N. PEYGHAMBARIAN, B. FLUEGEL, S.W. KOCH, J. SOKOLOFF, M. LINDBERG, M.

JOFFRE, A. MIGUS, and A. ANTONETTI

- Fs transient and dynamic Stark effect in semiconductors. Invited talk VIIth Topical Meeting on Ultrafast Phenomena, OSA, Kyoto, Japon, 11-15 Juillet 1988.

H.B. van LINDEN, H.G. MULLER, P. AGOSTINI, G. PETITE, A. ANTONETTI, M.

FRANCO, and A. MIGUS

- Above threshold ionization observed in the femtosecond regime. VIIth Topical Meeting on Ultrafast Phenomena, OSA, Kyoto, Japon, 11-15 Juillet 1988.

M. JOFFRE, D. HULIN, J.P. CHAMBARET, A. MIGUS, A. ANTONETTI, and C. BENOIT
a la GUILLAUME

- Bleaching of an exciton line using sub T_2 pulses : Artifact or reality ?. VIIth Topical Meeting on Ultrafast Phenomena, OSA, Kyoto, Japon, 11-15 Juillet 1988.

M. JOFFRE, D. HULIN, A. MIGUS, A. ANTONETTI, and M. COMBESCOT

- Light induced selection rules in semiconductors using ultrashort pulses. VIIth Topical Meeting on Ultrafast Phenomena, OSA, Kyoto, Japon, 11-15 Juillet 1988.

H.B. van LINDEN, H.G. MULLER, P. AGOSTINI, G. PETITE, A. ANTONETTI, M.

FRANCO, and A. MIGUS

- Light induced shift of the ionization continuum and saturation intensities in the femtosecond regime. XVI Int. Conf. on Quantum Electronics, Tokyo, Japon, Juillet 1988.

J.P. CHAMBARET, A. DOS SANTOS, G. HAMONIAUX, A. MIGUS, and A. ANTONETTI

- Generation of MW tunable pulses of duration 90 fs at a 11kHz repetition rate : first experiments in the range 800-850nm. Postdeadline papare and XVI Int. Conf. on Quantum Electronics, Tokyo, Japon, Juillet 1988.

R. HIERLE, J. BADAN, D. JOSSE, I. LEDOUX, J. ZYSS, A. MIGUS, D. HULIN, and
A. ANTONETTI

- Efficiency and time response of three-wave mixing processes in organic crystals. Invited talk at Organic Materials for nonlinear optics, Oxford, Juin 1988.

Y. GAUDUEL

- Femtoseconde reactivity of electron in aqueous media (Conférence invitée). Gordon Research Conference on Radiation Chemistry, Newport, RI, USA, 11-15 Juillet 1988.

Y. GAUDUEL, A. MIGUS, N. YAMADA, A. ANTONETTI

- Mono-electronic transfert in sequestered water in reversed micelles. Gordon Research Conference on Radiation Chemistry, Newport, RI, USA, 11-15 Juillet 1988.

Y. GAUDUEL

- Electron localization and solvation in liquid water (Conférence invitée). Gordon Research Conference on Water and Aqueous solutions, Plymouth, NH, USA, 1-5 Août 1988.

M. ZERBIB, T. FLAM, M. BROCHARD, M. BELAS, Y. LECARPENTIER, B. DEBRE, A. STEG

- Clinical experience with laser stone lithotripsy of urinary tract calculi. 6ème Congrès d'Endo-urologie et de Lithotritie Extra-corporelle, 1-3 septembre 1988, Paris.

M. ZERBIB, A. STEG, P. MOISSONNIER, V. AUVERT, F. CRESPEAU, J.P. CORRTAR, R. ASTIER, Y. LECARPENTIER

- Effects of pulsed dye laser irradiation on the ureteral wall. 6ème Congrès Mondial d'Endo-urologie et de Lithotritie Extra-corporelle, 1-3 septembre 1988, Paris.

Y. GAUDUEL, S. POMMERET, N. YAMADA, A. ANTONETTI

- Femtosecond reactivity of photoelectron with Water pool of reverse micelles. 7th International Symposium on Surfactants in solution, Ottawa, Canada, 2-7 Octobre 1988.

Y. GAUDUEL, A. MIGUS

- Dynamics of electron trapping and solvation in aqueous media (Conférence invitée). International Workshop on Nonlinear Processes in Molecular Systems, Ecole Polytechnique, France, 19-21 Octobre 1988.

J. ETCHEPARE

- Polarization discrimination between resonant and non resonant processes in transient rating experiments. Nonlinear Processes in Molecular Systems CECAM, Ecole Polytechnique, Palaiseau, Octobre 1988.

Y. LECARPENTIER, C. TRAN, D. CHEMLA, M. CLERGUE, A.I.K. EL AMRANI, P. QUANDIEU

- Mécanisme de la contraction du muscle papillaire droit et gauche du primate. Etude préliminaire en vue de l'appréciation des effets mécaniques des facteurs de charge sur le myocarde. Société Française de Médecine Aérospatiale, octobre 1988, Paris.

B. RIOU, Y. LECARPENTIER, P. BARRIOT, P. VIARS

- Inotropic effect of ketamine on rat cardiac papillary muscle. ASA, San Francisco, U.S.A., novembre 1988.

B. RIOU, Y. LECARPENTIER, V. TOFFIS, P. BARRIOT, F.J. BAUD, R. ASTIER, P. VIARS

- In vitro demonstration of the efficacy of hydroxocobalamine in cyanine poisoning. ASA, San Francisco, U.S.A., novembre 1988.

Y. LECARPENTIER, C. TRAN, D. CHEMLA, M. CLERGUE, A.I.K. EL AMRANI,
P. QUANDIEU

- Mécanismes de la relaxation du muscle papillaire ventriculaire droit et gauche du primate, Société Française de Médecine Aérospatiale, novembre 1988, Paris.

P. ROLIN, Ph. CASSARD

- Applications Industrielles des Fibres Optiques. Journées d'Etudes, Session B, SEE-Club 11, novembre 1988.

B. SWYNGHEDAUW, C.S. APSTEIN, Y. LECARPENTIER, J.L. MARTIN, J.M. MOALIC,
K. SCHWARTZ

- Contractilité intrinsèque et stimulation de la synthèse protéique dans les surcharges cardiaques de volume chez le rat. Société Française de Cardiologie, Paris, décembre 1988.

LABORATOIRES DE RECHERCHE

DIRECTION DES LABORATOIRES

BIOLOGIE

Biochimie (BIOC)

CHIMIE

Chimie Fine (DCFI)

Phosphore & Métaux Transition (DCPH)

Calculs Scientifiques (DCCS)

Synthèse Organique (DCSO)

Mécanismes Réactionnels (DCMR)

MECANIQUE

Mécanique des Solides (LMS)

Météorologie Dynamique (LMD)

PHYSIQUE

Solides Irradiés (SESI)

Optique Appliquée (LOA)

Optique Quantique (OPTQ)

Interfaces et Couches Minces (PICM)

Matière Condensée (PMC)

Biophysique (BIOP)

Milieux Ionisés (PMI)

Physique Théorique (CPHT)

Physique Nucléaire Hautes Energies (PNHE)

Utilisation des Lasers Intenses (LULI)

MATHEMATIQUES

Mathématiques (MAT)

Mathématiques Appliquées (MAP)

SCIENCES HUMAINES

Econométrie (CECO)

Epistémologie (CREA)

Recherche en Gestion (CRG)

INFORMATIQUE

Informatique (LIX)

LOA - Batterie de l'Yvette - 91120 Palaiseau Cedex
Tél. (33)(1) 60 10 03 18 - Télax 601.596 F - Télécopieur 60.10.60.85