

FR860234

LP-199

RP 137(27)

UNIVERSITÉ DE PARIS-SUD - CENTRE D'ORSAY

LABORATOIRE DE
PHYSIQUE DES GAZ ET DES PLASMAS

(Laboratoire associé au CNRS)



GROUPE DE TRAVAIL SST

Rapport 1 : OBJECTIFS DU GROUPE

Rep. L.P. 199
M. POUEY
Avril 1983

45
Bâtiment 202 - 91405 ORSAY CEDEX (France) - Tél. 941-72-51

03 FEV. 1984

RP 137 (27)

GRUPE DE TRAVAIL SGT

Rapport 1 : OBJECTIFS DU GROUPE

Rap. L.P. 199
M. POUEY
Avril 1903

GROUPE DE TRAVAIL SIGNATURES SPECTRALES SPATIO-TEMPORELLES

07 - 1977

L'objectif du groupe de travail "SST" est la conception et la mise au point de dispositifs réalisant des signatures holographiques non conventionnelles, dans lesquelles l'état électromagnétique sert de vecteur à l'information recherchée.

En ce qui concerne les dispositifs, le principal problème réside dans le couplage optique entre le générateur et le détecteur avec le dispositif optique. Le principe de couplage et la conception du dispositif optique dépendent des analyses à effectuer.

La réalisation des caractéristiques de différents spécialistes devrait permettre, dans le domaine structuré sur le plan scientifique, l'élaboration de procédés nouveaux.

En plus du principe de FURMAN, des lois fondamentales de conservation du flux et de l'influence des aberrations sur le répartition, dans le plan image, des amplitudes des raies diffractées et donc de critères de qualité d'images au-delà de l'approximation de FRESNEL de l'intégrale de FRESNEL-KIRCHOFF, de nouvelles formes de dispositifs basés sur l'emploi d'optiques holographiques non conventionnelles peuvent être élaborées. Bien que particulièrement adaptés au domaine spectral de l'ultraviolet proche et lointain, ces dispositifs peuvent trouver des applications, dans des cas spécifiques, dans d'autres domaines spectraux; ces derniers peuvent être classés en quatre rubriques :

- Spectroscopies à haute résolution,
- Imagerie à haute définition,
- Imagerie à haut flux,
- Micrologie - Interférométrie.

II - MARCHÉS DE TRAVAIL :

Des spécialistes du domaine exposeront périodiquement les propriétés des dispositifs héliographiques avec, en particulier, une comparaison de ces nouvelles réalisations avec celles déjà connues de Robin-Yvon. Parallèlement, les utilisateurs exposeront les motivations scientifiques ou techniques de leurs besoins. Par catégorie d'applications, des groupes de travail seront alors chargés d'étudier des solutions concrètes. La mise en oeuvre restant à la charge des différents utilisateurs.

Les notes techniques de mise au point seront périodiquement adressées à tous les membres du groupe de travail, les "observateurs" recevront les documents de synthèse.

III - TRAVAIL A HAUTE RESOLUTION

L'objectif de ce groupe est :

- soit l'amélioration de dispositifs existants
- soit la conception de nouveaux spectromètres à haute résolution pour l'étude des profils de raies.

L'optique holographique est alors utilisée de façon conventionnelle pour effectuer une analyse spectrale.

Malgré ces limitations par sa luminosité et par sa résolution qui est définie par le rapport λ de séparation du profil instrumental. Toutefois, pour de nombreuses études (diagnostics des plasmas chauds-effet DUFFLEN et effet COMPTON des processus d'énergieement collisionnels), il est nécessaire de connaître, en outre, des profils instrumentaux symétriques permettant d'utiliser, du type tels ainsi, les méthodes de déconvolution pour restituer le profil réel de la raie étudiée. Ce problème a été récemment résolu sur le plan théorique (le dispositif est assigné) et ce pour toutes longueurs d'onde supérieures à 0,5 nm.

Un des objectifs du groupe pourrait être la définition des caractéristiques scientifiques, en termes d'objectifs scientifiques, pour la conception d'un dispositif travaillant en incidence normale qui, dans des conditions à définir, pourrait être utilisé par les différents partenaires intéressés.

Dans une première étape, la conception d'un dispositif pouvant travailler (avec des réseaux différents) dans le proche ultraviolet et l'ultraviolet lointain ($\lambda > 20$ nm) avec une résolution pratique de 0,4 nm est prévue. Ce projet du Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas a déjà reçu un soutien de l'U.C.R. de 3ème cycle de l'Université Paris-XI (crédits plan 1983).

Une demande préalable, concernant la faisabilité d'un dispositif résolvant 10^{-3} nm, émane du Laboratoire G.R.E.M.I. (Prof. BOUCHOLE, Orléans).

PROFILS A HAUTE RESOLUTION

Concevoir un spectromètre travaillant aux limites des performances imposées par la diffraction et la dispersion avec un dispositif mécanique unique et des réseaux différents couvrant des intervalles spectraux différents.

Pour un réseau sphérique donné :

- Rayon de courbure R, largeur utile W, hauteur utile L, nombre de traits/mm n, efficacité τ et une longueur d'onde donnée λ° , la résolution limite imposée par la diffraction est, dans l'ordre m,

$$r' \lambda = \lambda^\circ / 0,6 m n \quad (1)$$

qui sera obtenue, pour une fente de largeur

$$a' = n' \lambda^\circ / 0,6 W \cos \beta \quad (2)$$

où r' est la distance image et β l'angle de diffraction

Le flux disponible à la fente de sortie sera (S luminosité de la fente d'entrée et n' hauteur de la fente de sortie) donné par :

$$F = \tau \frac{W L \cos \beta}{r'^2} n' a' \quad (3)$$

$$= \tau \frac{W L n'}{r'} m n \Delta \lambda \quad (4)$$

$$= \tau \frac{L n'}{r'} \frac{\lambda^\circ}{0,6}$$

Pour un montage donné, le produit luminosité - pouvoir de résolution est constant :

$$\text{Luminosité}_{\text{sp}} \cdot \text{pouvoir de résolution } R_p = \tau / \Delta \lambda$$

$$\text{Luminosité}_{\text{sp}} R_p = \frac{W L n'}{r'} m n \lambda^\circ \quad (4)$$

En général, le présence d'aberrations limite, pour une résolution donnée, la valeur admissible sur W et L; des critères de qualité d'images sont alors utilisés : critère de STREHL pour les faibles aberrations, critère géométrique pour les fortes aberrations. (R. POUEY, J. Opt. Soc. Am. 61, n°12 p 1616, 1974).

Un réseau classique à 2 fentes équidistantes, dans un montage de ROWLAND ou à simple réflexion, introduit notamment de l'astigmatisme et du coma. Un réseau torique peut assurer une compensation de l'astigmatisme à une longueur d'onde.

Un réseau torique holographique, à distribution de traits non uniforme, peut en outre, de plus, une compensation de la contribution des comas à l'éclairement de l'image.

Un réseau holographique torique à distribution de traits non uniforme, sans ligne stigmatisque (aberrations nulles) qu'elle que soit l'ouverture pour une longueur d'onde, pour :

- les points stigmatisés de l'objet (solution JCDIN-VVON), les points sources de l'objet et les deux points sources conjugués utilisés pour réaliser l'hologramme, doivent être conjugués harmoniquement par rapport au cercle de rayon R (celui du rayon de courbure du réseau).

En incidence normale, la source et un des points sont donc situés au centre du cercle :

- soit pour tout point d'un cercle défini par

$$r' = R (A \sin \theta + \cos \theta)$$

où θ l'angle de diffraction et A un coefficient fonction des caractéristiques de l'hologramme. La source peut être soit située au centre du cercle de courbure du réseau (on retrouve alors la solution JCDIN-VVON) soit en un point quelconque de la normale. Il existe, notamment, un second point de stigmatisme absolu (parallèle) avec des réseaux réels (la surface maximale pouvant être actuellement réalisée est de 100 x 100 mm), de travailler avec ouvertures de f/1 même pour des focales de 5 à 700 mm. (M. POLEY, *cf.* note au C.R. Acad.-Sci. en annexe).

En tous réseaux peuvent être adaptés à certains montages existants pour augmenter les performances de l'instrument au voisinage de la longueur d'onde de stigmatisme absolue.

L'étape suivante sera, pour des cas concrets intéressant les membres du groupe de travail, la détermination du lieu de focalisation optimal pour des longueurs d'ondes voisines.

En outre, par ailleurs, une solution permettrait, avec un réseau unique, de couvrir une large gamme spectrale, le dispositif n'étant entaché que d'aberrations du 4ème ordre. Ce montage permet donc des études de profil de raies (profile instrumentaux symétriques).

.../...

Le développement de spectromètres *stigmatiques travaillant en incidence rasante* ($\lambda < 100 \text{ nm}$), est d'une importance primordiale non seulement pour les recherches fondamentales en physique atomique et moléculaire et en physique des solides, mais encore pour les diagnostics des plasmas chauds : Fusion par Impact Laser, Fusion par Confinement Magnétique et Fusion par Compression Inertielle.

Si les plasmas créés sont de faible dimension (100 μm), de forte densité (10^{20} cm^{-3}) et ont une température de l'ordre de 100 à 200 eV, ils peuvent être considérés comme optiquement minces. L'étude des spectres hydrogénéiques et nébuleux (mesure d'élargissement STARK, rapports d'intensités) permet alors d'obtenir une estimation de la densité et de la température électronique du plasma. Ce type de diagnostic, déjà mis en service à l'étranger (URSS, USA), pourrait être développé en France dans de meilleures conditions expérimentales (dispositifs plus ouverts et plus commodes d'emploi).

Deux dispositifs sont actuellement envisagés :

- l'un à basse résolution (0,25 nm) travaillant entre 3 et 30 nm pour effectuer des calibrations et remplacer les filtres au stéarate de plomb d'un modèle mal conçu,
- l'autre à haute résolution (0,002 nm) pour le domaine 0,5-15 nm pour les diagnostics sur des éléments légers ($Z < 10$).

1. - DISPOSITIF A FOCUS DEFINITION :

DISPOSITIF A FOCUS DEFINITION UVL

Les dispositifs actuels pour la reproduction de masques sont basés sur deux concepts "optiques" différents. Dans le premier, similaire à la reproduction par contact en photographie classique, travaille à grandissement 1, la résolution limitée étant imposée par la diffraction de FRESNEL. Sont utilisés soit des électrons (il faut alors aussi tenir compte des effets de proximité), soit des ions ou des photons ultraviolet lointain (lorsqu'exécuteurs). Dans les deux premiers cas, la théorie de De BROGLIE permet d'établir la correspondance avec les photons pour évaluer les limitations associées à la perturbation de l'illumination de "l'onde électromagnétique équivalente". Du point de vue caractéristique de paramètres importants est la brillance de la source, c'est la raison pour laquelle l'emploi des sources synchrotron est envisagé et déjà utilisé au Centre de Strasbourg. Il en résulte que le champ optique est restreint (il n'a 10 µm pour les faisceaux d'électrons) la reproduction d'un circuit nécessitant le mise au point de dispositifs complexes d'alignement pour positionner les différents éléments du circuit dans le champ.

L'autre méthode est celle utilisée dans le visible et le proche ultraviolet (soit jusqu'à $\lambda = 254$ nm). La définition est limitée alors par la diffraction de FRESNEL, elle est donc proportionnelle à la longueur d'onde d'illumination et inversement proportionnelle à l'ouverture du dispositif optique. Il est alors possible de travailler à des grandissements inférieurs à 1 (1/5 ou 1/10) et le champ peut être suffisamment grand pour pouvoir reproduire un circuit d'un pouce. Il suffit, par ailleurs, de diaphragmes ou sources dont la brillance (et non la brillance) est élevée puisque l'éclaircissement au niveau du photo-résist est fonction de l'ouverture du dispositif optique de reproduction.

La méthode que nous proposons est une extension, dans le domaine de l'ultraviolet lointain ($\lambda = 121,6$ nm), de ce procédé. Elle utilise, pour la reproduction, un réseau holographique objectif travaillant à un grandissement inférieur à 1.

Pour le contrôle de qualité des circuits réalisés, il est envisageable de disposer une "loupe" travaillant à grandissement élevé ($M = 450$) dont les performances ne seront limitées que par la diffraction. Comme précédemment, le dispositif à tester est éclairé par une source (mettant la raie Ly α), son image est observée sur le réseau ou réseau travaillant dans l'ordre $m = -4$, à l'aide d'un réseau multiplicateur (Channel Plate Photomultiplier du Inst. Tech. Ltd, 500, 5700); elle peut donc être comparée à une image standard (à l'aide

de techniques de convolution opto-électronique par exemple).

Le grossissement, dans le plan vertical, est alors de 451 environ et de 269 dans le plan horizontal.

Un des objectifs du groupe pourrait donc être l'évaluation des performances de tels dispositifs en regard des solutions industrielles actuelles. Au minimum, elles devraient permettre, à court terme, de contrôler la qualité des circuits et d'étudier la résolution limite à laquelle peuvent travailler les réseaux actuellement en cours de développement.

Dans une première étape, suite aux suggestions de certains participants (notamment M. H. DOUCET et G. GAUTHIERIN) un "objectif" pour Ly α (121,6 nm) devrait permettre l'observation de l'homogénéité de sources intenses existantes. Le problème optique à résoudre est la détermination de la configuration permettant le champ le plus élevé.

Exercice 2 : Focus de plasma obtenu en expansion

Les configurations en incidence rasante sont envisageables, certaines d'entre elles correspondant au stigmatisme absolu. Il est donc possible de pouvoir obtenir, à une longueur d'onde, une "image" du plasma.

Actuellement, des solutions détaillées sont étudiées pour l'observation à 7,6 et 6 nm (transitions hydrogénéiques et héliuméiques du beryllium projet S.P.Q.R.) d'images d'un plasma créé par impact laser.

2.2.2.2. LA BIREFRINGENCE

A. Introduction

Le montage de mesure de la biréfringence Δn en l'absence de la couche de recouvrement, représenté sur la fig. 1 est le même que celui de l'ultra-violet ordinaire.

Le montage que nous avons réalisé, noté sur la fig. 2, est le même que celui de la fig. 1, mais les caractéristiques étant constantes et égales à 20° , est le montage que nous avons utilisé la plus haute luminosité. Un éprouve de 10 cm, équipé d'un film de 0,0125 mm, a été testé avec succès à 6328 Å (DUNERUM) ; A HIGH QUALITY A QUARTZ WAVELENGTH CENTER FOR LUMINESCENCE MEASUREMENT

by G. H. B. POLK, W. SIMMER, M. DREY -

Appl. Opt. 2 - 147 (septembre 1963) - à paraître dans J. Instr. Methods).

Un autre montage de ce type est en cours de test au laboratoire.

Une autre version de ce montage, noté sur la fig. 3, est en cours de test au laboratoire. Elle est basée sur un montage calibré par M. DREY, J. Instr. Methods (à paraître) ; il peut être, en particulier, adapté à un réseau à grand angle (DREY - J. Phys. 1, 13 pages (1964)).

Un tel dispositif peut être utilisé :

- pour l'étalonnage calibré de réseaux, par exemple étape de photorésines pour la photolithographie (vitesses de polymérisation en fonction de la longueur d'onde) ;
- pour toute mesure de spectrométrie d'absorption, un intérêt particulier étant dérogé, déjà, pour l'étude de polymères ;
- pour réaliser un dispositif de mesure du dichroïsme linéaire et circulaire.

B. Réseaux à réseaux réfléchissants

Le nouveau procédé de focalisation proposé permet, en particulier, de fabriquer un réseau à très grande ouverture, même pour des réseaux pratiquement réalisables. En effet, actuellement les réseaux de 10 cm de diamètre ont une surface maximale réalisable de la pupille de fraction de 0,125 mm. Si on considère un objet situé sur la normale au réseau à une distance

$$r = R (1 - P) = R \left(1 - \frac{r_0}{\lambda_0} \right)$$

.../...

et si $\lambda = 416,8 \text{ nm}$ (Ar I), $\theta = 0,852074$ dans l'ordre $m = +1$, l'ouverture du montage sera dans l'espace objet

$$\Omega = \frac{W}{r} \approx 6,76 \frac{W}{R}$$

Pour un réseau de 50 cm de rayon de courbure et une valeur de $W = W_{\text{MAX}} = 100 \text{ mm}$, $\theta = 1,39$. Dans les solutions classiques $r = R$, Ω serait 6,76 fois plus faible.

Parmi les applications on peut citer :

- le couplage d'une source avec des fibres
- l'éclairage dans l'I.R., notamment, de détecteurs
- les études de fluorescence (analyse des surfaces et des adsorbats par mesure de fluorescence induite par excitation laser)
- contrôle de mélanges gazeux dans des réacteurs chimiques
- contrôle de fin de gravure (gravure par plasma : suivi de la rate fondamentale de Si I)
- contrôle in situ de la pureté des composants à base de silicium par exemple.

VII. Métrologie

Les réseaux miroirs travaillant hors d'axe peuvent être employés comme composants des cavités lasers à argon ionisé. Actuellement, en effet, les miroirs simples travaillant hors d'axe présentent des aberrations; ces dernières sont compensées par adjonction sur le trajet du faisceau d'un objectif complexe permettant la restitution d'un faisceau cohérent dont la qualité optique est voisine de celle limitée par la diffraction.

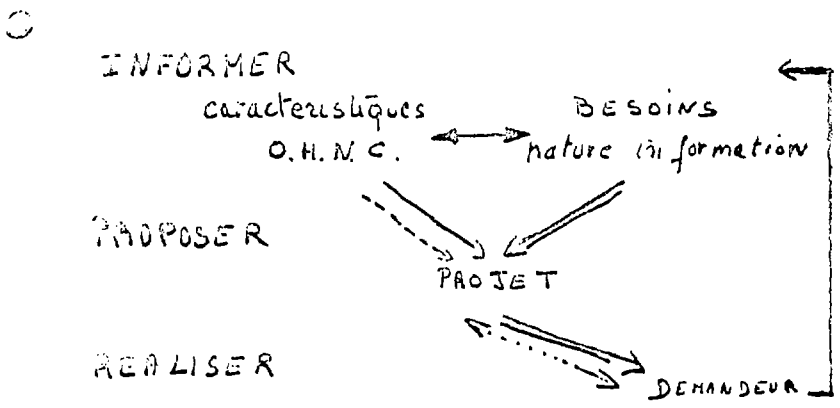
Les mêmes propriétés peuvent être utilisées dans les interféromètres holographiques (mesure de contraintes sur des objets de grandes dimensions).

Enfin, ces objectifs peuvent être utilisés en métrologie pour des mesures de rotation d'objet dans leur plan (ou d'alignement de structures périodique par rapport à une direction de référence) : en effet, pour un objet constitué par une ligne lumineuse, l'orientation de l'image diffractée est directement liée à la direction des traits du réseau. Des capteurs spécifiques d'orientation d'objet dans leur plan sont donc envisageables.

SYNTHESE DE L'EXPOSE
DE
M. POUEY (L.P.G.P.)

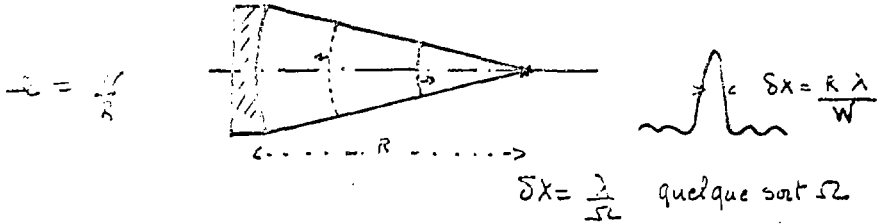
SIGNATURES SPECTRALES
SPATIO TEMPORELLES
S 3 T

- ① DISPOSITIFS dans lesquels l'onde électromagnétique sert de VECTEUR à l'information recherchée
→ Optiques Holographiques Non Conventionnelles



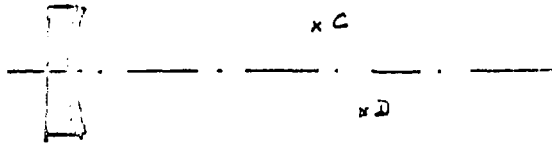
MIROIR CONCAVE

POINT STIGMATIQUE



MIROIR CONCAVE HOLOGRAPHIQUE

① miroir + photoresist



C et D deux points sources cohérents $\lambda_0 = 488 \text{ nm}$

→ franges d'interférences enregistrées

→ pas $d = d_0 + d(w, l)$

w, l courbures pupillaires

② Interaction avec surface d'onde de $\lambda = \lambda^*$

d_0 → rotation du plan principal

$d(w, l)$ → correction des effets d'ouverture

3A HAUTE RESOLUTION SPECTRALE

1. SPECTROSCOPIE MOLECULAIRE

Univ. P.M. CURIE - Univ PARIS XL.

2. DIAGNOSTICS DES PLASMAS = MESURES LARGEUR DE RAIES

a) PLASMAS FROIDS $\lambda < 300 \text{ nm}$

LP6P $\Delta\lambda \approx 0,01 \text{ nm}$

GREMI + GRECO 38 $\Delta\lambda \approx 0,001 \text{ nm}$

CEA / CEMIS
OBSERVATOIRE NEUDON

b) PLASMAS CHAUDS

CEA FAR 15PP TOKOMAKS $\Delta\lambda \approx 0,1 \text{ nm}$

SPQR

L. Sp. ATet Louique + GRECO 04

CEA 105M

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda}{0,8 \text{ mm W}} = \frac{\lambda^2}{0,8 \text{ W sun}\theta} = \frac{\lambda^2}{0,8 \text{ W P sun}\theta} \approx \frac{\lambda^2}{0,8 \text{ W}}$$

$$\text{sun}\theta \approx \text{P sun}\theta \nearrow \quad \text{W} \uparrow$$

$$N \gg \frac{s' \cos\theta}{e' m \pi \Delta\lambda} = \frac{0,8 s' \cos\theta \text{ W}}{\lambda c'}$$

$$N^2 = \frac{W}{R} = \left(\frac{W}{R}\right)^2 h' s' \frac{\cos\theta}{e'^2} = \frac{W}{R} \frac{h' \lambda}{q e'}$$

EXAMPLES

$$1) \quad \lambda = 121,6 \text{ nm} \quad \text{H Ly } \alpha \quad P = 0,25 \text{ m}$$

$$\delta = 60^\circ \quad s' = 5 \mu\text{m} \quad h' = 10 \text{ mm} \quad \frac{W}{R} = \Omega \quad W_{\text{int}} =$$

m	θ	e'	$V'_{\text{mm}} \Delta\lambda_{\text{nm}}$	R_{m}	$\Omega / \Omega_{\text{mm}^2}$
1	$12^\circ 5'$	1,1013	0,0856	$2,9 \cdot 10^{-2} \text{ W}$	$1,41 \cdot 10^{-3}$
4	50°	1	0,0214	$1,65 \cdot 10^{-2} \text{ W}$	$3,04 \cdot 10^{-3}$ ←
-1	$-12^\circ 5'$	0,8513	0,0856	$3,78 \cdot 10^{-2} \text{ W}$	$1,83 \cdot 10^{-3}$
-2	$-43^\circ 5'$	0,3853	0,0285	$6,48 \cdot 10^{-2} \text{ W}$	$3,93 \cdot 10^{-3}$

$$2) \quad \lambda = 544,5 \text{ nm} \quad \text{Ar II} \quad P = 1,05 \text{ m}$$

$$s' = 5 \mu\text{m} \quad h = 10 \text{ mm} \quad m = 1$$

δ	θ	e'	$V_{\text{mm}} \Delta\lambda_{\text{nm}}$	R_{m}	$\Omega / \Omega_{\text{mm}^2}$
10°	$10^\circ 55'$	2,02	1,8	$3,8 \cdot 10^{-3} \text{ W}$	$3,18 \cdot 10^{-3}$
30°	$31^\circ 51'$	1,763	0,63	$3,75 \cdot 10^{-3} \text{ W}$	$3,65 \cdot 10^{-3}$
50°	$55^\circ 43'$	0,3343	0,295	$3,35 \cdot 10^{-3} \text{ W}$	$6,88 \cdot 10^{-3}$

G2 HAUTE RESOLUTION SPATIALE

1 MICROLITHOGRAPHIE

- OBJECTIF A LY α 121,6 nm, A 130 nm (OZ)

LP6P + ISM JODIN YVON

- SOURCES

EC. POLY. + IEF + LP6P + LSP \bar{U} USTL.
(SERVIG^d AERONAUTIQUE + CENFAR)

- RESINES

EC NAT CHIMIE NUPHRAISE + LAB. CH. STAV. ET LAB. SH.

MOI. USTL

. LETI + CNET MEYLAN

2 DIAGNOSTICS PLASMAS CHAUDS EN EXPANSION

SPQR + EAA SPEC. ATOM. ET IONIQUE + GRECO DY

3 OPTIQUE SPATIALE

LPSP + SER. AERONAUTIQUE

4 ANALYSE SURFACES

CEA / CEN / S.

$$\Delta x' = \frac{\lambda}{g_2 W \cos \theta} = \frac{R \lambda}{W g_2} (1 + \tan \theta \cot \delta)$$

$$\Delta x' = \frac{\lambda}{g_2 \Omega} (1 + \tan \theta \cot \delta)$$

$$g_y = \sin \theta \cot \delta + \cos \theta$$

$$g_z = \tan \theta \cot \delta + 1 = g_y / \cos \theta$$

$$\delta = \frac{h' \lambda \sqrt{g}}{g_2 \cos \theta (1 + \tan \theta \cot \delta)}$$

$$\theta = -50^\circ \quad g_z = 2 \quad g_y = 2(1 - 1.7321 \cot \delta)$$

$$h = 124.6 \text{ nm} \quad \delta = 60.3252 \quad g_y = 1/76.7$$

$$\frac{\Delta x'}{h} = \frac{0.002}{\Omega}$$

incision sur δ - Efficiante - champ faible

$$\Delta X' = \frac{\lambda}{0,1 \Omega} (1 - P)$$

$$v_0 = \frac{1 - P}{(\sin \theta \cot \theta + \cos \theta)}$$

$$r = 0,1975 \quad m = 3$$

$$r' = 0,2524 R$$

$$\Delta X' = \frac{0,0339}{\Omega}$$

θ	g_y	$g_z = g_y \cos \theta$	θ
10°	0,1461	0,1448	$70^\circ 45' 92''$
30°	0,1603	0,1486	$210^\circ 55'$
50°	0,2222	0,1653	$400^\circ 35'$

Precision sur δ - Efficacité - Champ

G 3 HAUT FLUX

1/ SOURCES

LPGP + INM - CNAM

2/ SPECTROSCOPIE D'EMISSION

- MELANGES GAZEUX CONTROLÉS - REACTEURS CHIMIQUES

EMSCP + CIPAT + LPD / ESE → ONERA

- FLUORESCENCE EXCITATION LASER / ASY / PARTICULES

CEV / S. P. J. REUSSES - LIMHP - CEN / SATURNE
LGE TOULOUSE

-

3/ COUPLAGE SOURCE / DETECTEURS / FIBRES

Eni PARI 126 IR - CEN / SATURNE - ENGÉ BANGUEX
BGT

4/ IRRADIATION DE MATERIAUX

ITE BANGUEX - LPD / ESE - LGE TOULOUSE -

UMR Paris XI Lab Phys Sol.

BGT

64 METROLOGIE

CAVITES LASER

INTERFEROMETRIE

HOLOGRAPHIE

CAPTEURS

DDT

LARS TOULOUSE — LAB. OPT. NOUVEAU — 11m P.N. Curie Les P. Dives —
ONERA — INM / CMAM

SYNTHESE DE L'EXPOSE

DE

J. FLAMAND (I.S.A.-JOBIN-YVON)

Prouve microscopique	Effort adhé ;	Limitations
Standard	N ≤ 3500/mm N = 5000/mm N = 6000/mm	- Dimensions - caractéristiques des électrodes - caractéristiques microscopique etc... N ≤ 3500/mm : pour les limitées $d/4$ dans $\leq 10 \text{ } \mu\text{m}$ N ≥ 5000/mm : - fibres entières et couvert très abond - $\phi \leq 100 \times 100 \text{ } \mu\text{m}$
UHNES	40% fibres → 55% à 3500 ($4^2 \leq 5^2 \leq 6^2$) Pour U = 0,5 à 1,0 mm/mm	- $\phi \leq 50 \text{ } \mu\text{m}$ → " 50 x 100 mm - diamètre $\leq \phi/3$ - fréquence de rotation

REF ANOLLO Usine

MATRICE N°

CF 0 109549

NO DE TRAITS mm 120081mm.

SUPPORT: 40x45mm. : 15

TRAITEMENT CPAL

DIMENSIONS

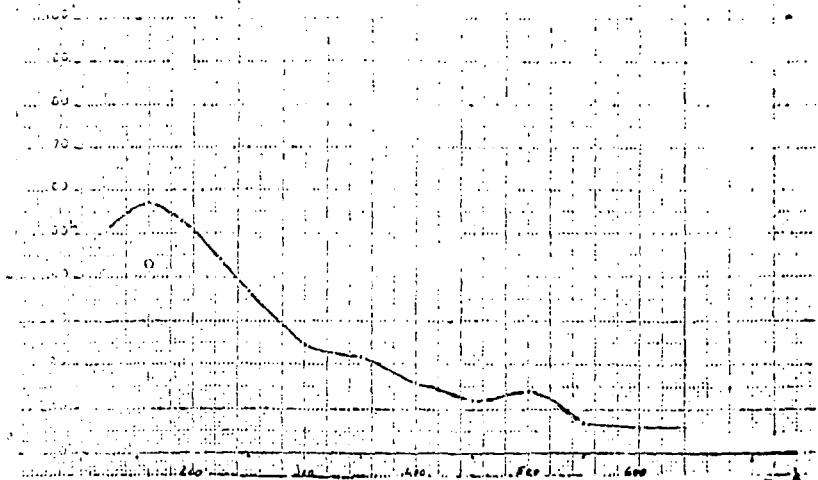
TYPE M20 UVL

TRACE :

λ DE BLAZE

RAYON DE COURBURE: 224,3 mm

EFFICACITE ABLANC (• ABSOLUE)



H 20 USINE U.V.

NO DE TRAITS mm 1200

support : 40 X 45

ANGLE DE BLAZI

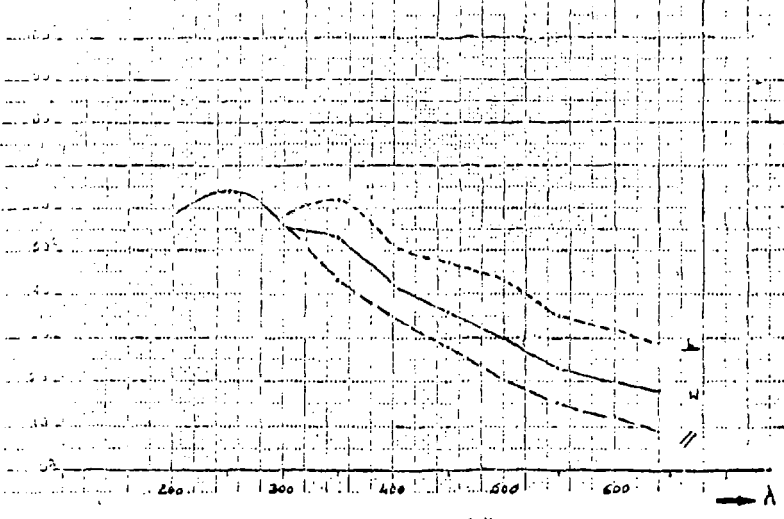
DIMENSIONS

trace :

de BLAZI

RAYON DE COURBURE : 224,29

EFFICACITE RELATIVE





A

Coat/mm

1000/mm

1000/mm

1000/mm

1000/mm

1000/mm

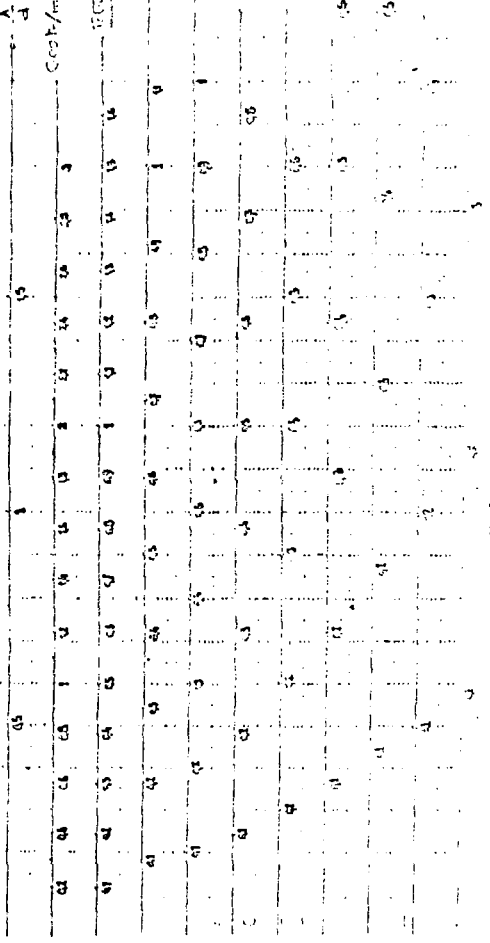
1000/mm

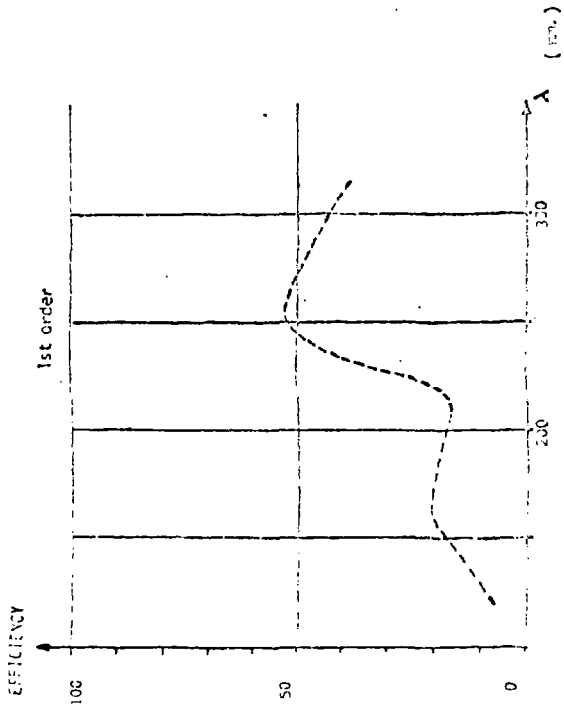
1000/mm

1000/mm

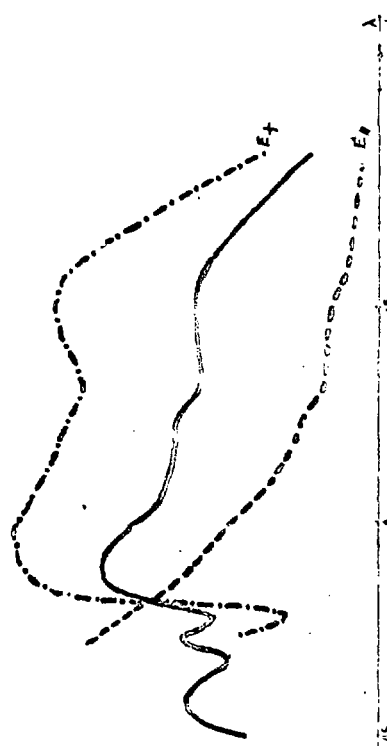
1000/mm

1000/mm





GRAPHING 4.5.2.0 S.7/6a



$\frac{\lambda}{d}$

Cent/mm

Watt/cm

Watt/cm

Watt/cm

Watt/cm

Watt/cm

Watt/cm

Watt/cm

Watt/cm

Watt/cm

T H E O R I E :
CAS INCIDENCE NORMALE
M. POUÉY (L.P.G.P.)

SYNOPSIS. - Conditions de stigmatisme des réseaux concaves holographiques utilisés en incidence normale.

Note (A) de Michel ROUÏY, présentée par M. André Harnchaï.

_____ - Tous les procédés actuels de focalisation des réseaux concaves holographiques dérivent des solutions particulières de l'équation de la focale tangentielle. L'objet de cette note est de montrer que, dans le cas de l'incidence normale, on peut s'affranchir de cette limitation, en satisfaisant au principe de Fermat indépendamment dans l'espace objet et l'espace image. L'équation de focalisation caractérisant le lieu des points stigmatiques est alors déterminée en considérant, en premier lieu, les conditions sous lesquelles les termes aberrants du troisième ordre sont annulés. Le montage correspondant, dont les performances ne sont limitées que par la diffraction, peut être utilisé pour les diagnostics des plasmas chauds et la lithographie dans l'ultraviolet lointain.

Abstract. - Actual design rules for holographic concave grating devices are derived from peculiar solutions of the tangential focus equation. However, the normal incidence devices, by satisfying the Fermat's principle independently in the object and the image space, a new focusing condition for the location of the stigmatic coma-free points could be derived. This condition is obtained by considering first the conditions for which the third order aberration terms vanish. The object may be located everywhere on the spherical holographic grating's normal (radius of curvature H), the focus of the diffracted images being a circle, whose radius is proportional to H and the grooves density, and passing through the summit and the curvature center of the grating.

Assurent simultanément la focalisation et la dispersion des radiations lumineuses polychromatiques les réseaux concaves sont couramment utilisés en spectroscopie dans l'ultraviolet proche et lointain. Toutes les configurations relatives permettant l'obtention d'images diffractées monochromatiques sont décrites dans nos premiers travaux de Rowland (1) qui a montré, en appliquant une forme adaptée au

(2)

principe de Fermat du cas d'un réseau concave à traits équidistants et parallèles, que le lieu de focalisation était déterminé par l'équation paraxiale $T + T' = 0$, T et T' caractérisant respectivement la focale tangentielle objet et la focale tangentielle image pour les rayons passant par le centre du réseau. Le plan de mise au point correspondant peut notamment être déduit, soit des solutions mathématiques particulières de l'équation précédente (montage de Rowland et de Weissworth⁽¹⁾), soit d'une solution approchée travaillant au grandissement 1 (montage Seya-Henrioka⁽¹⁾) ; les termes non constants du chemin optique doivent être alors limités par un choix approprié de la longueur l , et de la hauteur L du réseau à partir de critères caractérisant la qualité de l'image⁽²⁾. Selon une note antérieure⁽³⁾, nous avons montré qu'il est possible d'améliorer la qualité des images obtenues, en employant la méthode de compensation des aberrations, c'est à dire en déplaçant le centre de la sphère de référence par rapport à la position paraxiale ; l'équation de focalisation généralisée étant alors donnée par $T + T' = \epsilon$, dans laquelle ϵ caractérise le défaut de mise au point assurant une compensation des termes aberrants du quatrième ordre ; la valeur de ϵ doit alors être adaptée à l'importance des aberrations⁽²⁾. Ce procédé de focalisation a été, en particulier, utilisé pour la conception et la réalisation de différents monochromateurs à simple rotation du réseau⁽⁴⁾.

Si l'on utilise un réseau holographique réalisé à partir d'un système de diffraction produit par deux sources cohérentes (points C et D) issues d'un même laser⁽⁵⁾, on peut introduire, au niveau de la pupille, des variations de phase susceptibles de compenser celles qui résultent des déformations de la surface d'onde diffractée par le réseau. On peut alors obtenir pour une longueur d'onde, une image corrigée de l'astigmatisme, des aberrations sphériques, la contribution des termes de coma à l'élargissement de l'image étant minimisée⁽⁴⁾⁽⁵⁾. Le stigmatisme rigoureux peut être notamment obtenu pour une longueur d'onde en utilisant les points de "Weierstrass" d'un réseau holographique concave de rayon de courbure R : les deux points sources C et D, de longueur d'onde λ_0 situés dans le plan horizontal contenant la normale au réseau et les points objet A et image B situés dans le même plan doivent être conjugués hamiltoniens par rapport au cercle de rayon R centré sur la normale au réseau ; en incidence normale les points C et A sont situés au centre de courbure du réseau, donc sur le cercle de Rowland. Toutes ces configurations sont associées (au minimum dans un des espaces) à des solutions

(3)

particulieres de l'équation de la focale tangentielle. Cette conception ne se justifie plus si pour une longueur d'onde λ , on considère le problème résolu, c'est à dire si le réseau objectif fixe est stigmatique. L'objet de cette note est de montrer que, dans le cas de l'incidence normale, le chemin optique aberrant peut être annulé au quatrième ordre près, indépendamment de la position de l'objet et dans l'espace image, si l'on détermine en premier lieu les conditions dans lesquelles les termes aberrants du 3^{ème} ordre sont nuls.

Pour un point objet A (r, α) et un point image B (r', α') ($r = ke$ et $r' = k'e'$ étant les distances objet et images, α et α' les angles d'incidence et de diffraction) de deux points sources C (r_c, α_c) et D (r_d, α_d) ($r_c = R/\rho_c$ et $r_d = R/\rho_d$ caractérisant la distance de C et D au sommet du miroir, α_c et α_d les directions respectives par rapport à la normale), le chemin optique aberrant s'exprime par

$$\begin{aligned} (2) \quad \Delta(r, \alpha) &= C_{02} w^2 + C_{03} w^3 + C_{04} w^4 + C_{20} z^2 + C_{21} z^2 w + C_{22} w^2 z^2 + C_4 z^4 + \dots \\ &= \sum_{ij} C_{ij} w^i z^j \end{aligned}$$

si le point source C et l'objet A sont situés sur la normale au miroir, l'équation de diffraction étant donnée par

$$(3) \quad \sin \alpha = m \lambda = P \sin \alpha,$$

avec $P = m \lambda / \lambda_c$. Chacun des coefficients C_{ij} contient deux fonctions identiques dépendant respectivement de α, r, n, r_c et de α', r', n, r_d , c'est à dire de paramètres caractérisant indépendamment l'espace objet et l'espace image. Par exemple

$$(4) \quad C_{02} = -\frac{1}{2R} [T + PH + T' - PH']$$

$$\text{avec } T = \frac{e^2 - R^2}{e^2} = \cos \alpha = \frac{1}{e} = 1; \quad H = n_c \cos^2 \alpha = \cos \alpha$$

$$T' = \frac{e'^2 - R'^2}{e'^2} = \cos \alpha'; \quad H' = n_c \cos^2 \alpha' = \cos \alpha'$$

(4)

et

$$(5) \quad C_{20} = -\frac{1}{2\lambda} (S_2 + PK_2 + S_2' - PK_2')$$

$$\text{avec } S_2 = \frac{1}{e} - \cos\alpha = T ; \quad K_2 = n_c - \cos\alpha$$

$$S_2' = \frac{1}{e'} - \cos\alpha' ; \quad K_2' = n_n - \cos\alpha' .$$

On montre alors aisément que dans l'espace objet si $n = 0$ les termes de **cos** sont nuls et que $T + PK_2 = S_2 + PK_2$; les termes du second ordre seront donc nuls si

$$(6) \quad \frac{1}{e} = 1 - P(n_c - 1)$$

Il n'est donc pas nécessaire de localiser le point source A au centre de courbure de réseau ; il peut être localisé n'importe où sur la normale au réseau et, en particulier, à l'infini. La position du point C est alors déduite de la relation (4). Si de plus $n_c = -\frac{P}{e}$, les termes correspondants du quatrième ordre sont nuls.

Dans l'espace image, si $n_n \sin\alpha' = \frac{\sin\alpha}{e} + \frac{P \sin\alpha}{e'}$, tous les coefficients aberrants sont proportionnels à $T' - PK_2' = S_2' - PK_2'$, le lieu des images stigmatiques étant donc donné par

$$(7) \quad r' = R (\sin\alpha \cot\alpha + \cos\alpha)$$

Il est donc clair que dans le processus suivi, on considère, à l'inverse de ceux généralement utilisés, tout d'abord les conditions dans lesquelles les termes en λ^2 et λ^4 du chemin optique aberrant peuvent être annulés.

Le lieu des images diffractées stigmatiques est donc un cercle de rayon $r' = R/(2\sin\alpha)$, passant par le sommet du réseau et son centre de courbure, centré sur la direction du rayon diffracté déterminé par $\tan \alpha_0 = \cot\alpha + 1$.

Si le coefficient de dispersion est constante et a pour valeur $\lambda_D \sin \alpha$ ($m R$)⁻¹, la résolution pratique, pour une fente de sortie de largeur s' , a pour valeur $\lambda_D \sin \alpha R s'^{-1} = \sin B \sin^2 \alpha R s'^{-1}$. Pour obtenir, pour une longueur d'onde donnée (λ_D fixée), une résolution pratique donnée avec une fente de largeur s' , on pourra donc soit optimiser le produit $R \sin^3 \alpha$, soit optimiser le produit $R \sin^2 \alpha$ si les conditions expérimentales imposent une direction de diffraction.

Les mêmes problèmes de focalisation présentent un grand intérêt tant pour les plasmas que les plasmas chauds, pour lesquels des études de profils de raies spectrales sont nécessaires, que pour la lithographie dans l'ultraviolet extrême. Les travaux théoriques complémentaires devront être toutefois entrepris pour déterminer les configurations particulières (choix de α) permettant l'observation d'interférences spectrales dans lesquels, compte tenu des largeurs de fentes utilisées (celle de la surface élémentaire de détecteurs multicanaux) les images diffractées pourront être considérées comme non aberrantes.

17. Références

- 1) G. H. Seward, Techniques of Vacuum Ultraviolet Spectroscopy (Wiley, New York, 1967).
- 2) M. Plesy, Rev. Opt. Phys. Atom., 64, 1974, p. 1616.
- 3) M. Plesy, Rev. Phys. St. Paris, 272, 1971, p. 1200.
- 4) M. Plesy, Compt. Rend., 30-C 4, 1978, p. 163.
- 5) M. Plesy, J. Flomand et G. Pleuchard, Optical Instr. and Tech. (Optel) (Masson, 1976, p. 117).
- 6) M. Plesy, Sup. J p n. J. Spec. Soc., 1974, p. 6.

Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas
 Université Paris XI, Bâtiment 212
 91405 ORSAY Cédex

L I S T E D E S M E M B R E S
D U G R O U P E D E T R A V A I L S 3 T

- 1 - REPRÉSENTANT DES ADMINISTRATIONS
- 2 - PARTICIPANTS
- 3 - OBSERVATEURS AYANT DEMANDÉ À ÊTRE TENUS
AU COURANT DES RÉSULTATS

MADAME M. BOUSSON
E.D.R.P., DIRECTION DES ETUDES ET RECHERCHES
17 AVENUE DU GÉNÉRAL DE GAULLE - 92160 CLAMART
(1) 765.41.17

Monsieur A. CATILLON
I.R.I.I., S.I.R.I.T.
17 RUE DESCARTES - 75231 PARIS CEDEX 05
(1) 634.33.33 / 634.35.35

Monsieur M. CHEVALLIER
C.N.R.S., CHARGÉ DE MISSION S.P.T.
15, QUAI ANATOLE FRANCE - 75700 PARIS
(1) 555.92.25

Monsieur A. FERRE
E.D.E.R.P.,
UNIVERSITÉ PARIS XI, BATIMENT 336 - 91405 ORSAY CEDEX
(3) 941.70.95

MADAME A. LITMAN
C.N.R.S.-ANVAR, CHARGÉE DE MISSION AUX RELATIONS INDUSTRIELLES
AVENUE DE LA TERRASSE - 91190 GIF-SUR-YVETTE
(3) 507.78.28, POSTE 095

Monsieur M. LIZOT
C.N.R.S., S.I.R.
19, BOULEVARD VICTOR - 75005 PARIS ARMEES
(1) 532.43.21, POSTE Co.32

MONSIEUR P. NGHIEM
D.N.M.
8-10 RUE CRILLON - 75004 PARIS
(1) 274.26.26

MADAME S. PROTHIER
A N V A R, DIRECTION DES APPLICATIONS DE LA RECHERCHE
43, RUE CAUMARTIN - 75436 PARIS CEDEX 09
(1) 266.93.10

MONSIEUR G. PIEUCHARD
C.N.R.S., DIRECTION DE LA VALGRIGATION
15, QUAI ANATOLE FRANCE - 75700 PARIS
(1) 555.92.25

- J. THOMAS
E.N.S.C.P., Département Mécanique Chimiques en phase plasma
11, rue P. et M. CURIE - 75005 PARIS
(1) 033 42 03
- A. LAROCHEVITZ
Université Paris VI, LA 150 Réactions et Rayonnement
14, rue P. et M. CURIE - 75231 PARIS CEDEX 05
(1) 033 92 13
- A. SERRA
C.E.A., Département S.E.C.R.
B.P. n° 16 - 21120 IS SUR TILLE
(03) 03 13 03, poste 50 50
- J. LEBLANC
I.N.P.G., Département S.I.G. -
C.E.N.S. - 05 A, rue des Martyrs - 30001 GRENOBLE
(70) 07 41 11, poste 4635, 3457
- J. COUILLON
C.E.A. Saclay - Service Physique Atomes et Surfaces
91191 Gif-sur-YVETTE
(6) 033 20 55
- J. LEBLANC
C.E.A./S.P.P.
Boîte Postale n° 5 - 92260 FONTENAY-AUX-ROSES
(1) 034 75 57
- A. CHENET
Université de Toulouse, C.P.A.T.
110, Route de Narbonne - 31662 TOULOUSE
(61) 53 00 18
- M. BOUDET
C.E.A. Limeil
B.P. n° 27, 94190 VILLENEUVE SAINT-GERGES
(0) 539 90 60
- A.C. CASIER
Université Paris-Nord - C.N.R.S., L.I.M.N.P.
Avenue Jean-Baptiste Clément - 93430 VILLETANEUSE
(5) 021 61 70
- J. CHAFFIER
Direction Technique D.E.T.
02, rue Curie - 75340 PARIS CEDEX 19
(1) 203 94 90
- A. COLETTI
Ecole Supérieure d'Electricité - C.N.R.S.
Laboratoire de Physique des Décharges -
91190 Gif-sur-YVETTE
(0) 941 00 40
- A. GROSJE
Centre Technique du Saic
10, Avenue de Saint-Mandé - 75012 PARIS
(1) 344 06 20
- M. COXIER
Université Paris XI, ERA 719
Spectroscopie Atomique et Ionique - L'Atomium 350
91405 ORSAY CEDEX
(6) 941 77 10

- (1) A. BARIER I.S.A. Jobin-Yvon, Département de Physique
19, rue du Canal - 91160 LONGJUMEAU
(6) 909 34 93
- A. DEY CAS C.E.A., Serv. Phys. Neutronique et Nucléaire de
Bruyères-le-Châtel - 92542 MONTROUGE CEDEX
(6) 490 92 80 poste 40 89
- J.P. DELACROIXIERE C.N.R.S.
L.P.S.P.G.P. N° 10
91070 VERRIERES-LE-BUISSON
(6) 920 10 60, poste 305 - 272
- C. DECKER C.N.R.S., Lab. Photo. Gén., Ecole Nationale Sup. de Chimie
3, rue Werner - 68200 MULHOUSE
(69) 42 70 20
- J. DEKOTA T.Y.P.
55, rue Abondance
92105 BOULOGNE
(1) 625 10 90, poste 531
- C. DEUTSCH Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas/CNRS
Université Paris XI, Bâtiment 212 - 91405 ORSAY CEDEX
(6) 941 64 04
- A. DUCLET Ecole Polytechnique/CNRS/ Lab. Physique des Milieux Ionisés
91126 PALAISEAU CEDEX
(6) 919 41 16/15
- (2) J. FLAMAND Instruments S.A. Jobin-Yvon, Opt. Réseaux
16, rue du Canal - 91160 LONGJUMEAU
(6) 909 34 93
- C. FLOUQUER U.E.R. des Sciences Créano/CNRS, E.R.A. 907 GREMI
45046 ORLEANS LA SOURCE
(38) 03 22 16, poste 006
- G. GAUTHIERIN Université Paris XI - Inst. Electronique Fondamentale
Bâtiment 226 - 91405 ORSAY CEDEX
(6) 941 76 11
- A. GOLDMAN Ecole Supérieure d'Electricité/CNRS -
Laboratoire de Physique des Décharges et GRECO 75
Plateau du Moulon - 91190 GIF-sur-YVETTE
941.60.40
- F. GUSTAIL C.N.R.S. - Service Aéronomie
G.P. N° 3 - 91370 VERRIERES-LE-BUISSON
(6) 920 10 60
- A. GRANER Université Paris XI, Lab. Infrarouge
Bâtiment 356 - 91405 ORSAY CEDEX
(6) 941 75 27

.../...

- M. MARTIN
 Ecole Supérieure d'Electricité,
 Laboratoire de Physique des Décharges
 Plateau du Moulon - 91100 GIF-sur-YVETTE
 (6) 941.80 40, poste 1639
- L. MEYER
 Université P. et M. Curie/CNRS - ER 136
 Spectr. Moléculaire
 4 Place Jussieu TOUR 13 - 75230 PARIS CEDEX 05
 (1) 336 25 25, poste 4403
- P. JAEGLÉ
 Université Paris XI, ERA 719,
 Spectr. Atomique et Ionique et GRECO I.L.M.
 Bâtiment 350 - 91405 ORSAY CEDEX
 (6) 941 75 57
- F. LAURAY
 Observatoire de Meudon - CNRS
 92150 MEUDON BELLEVUE
 (1) 554 75 30
- G. LEVSOUC
 Univ. Sci. Tech. du Languedoc, Lab. Spectr. II
 Place Eugène Bataillon - 34060 MONTPELLIER CEDEX
 (67) 63 61 44, poste 422
- J. MARTOUC
 Université Paris VII/Ecole Supérieure d'Electricité
 Laboratoire de Physique des Décharges
 Plateau du Moulon - 91100 GIF-sur-YVETTE
 (6) 941 80 40, poste 1638
- M. MARTINOT
 C.N.R.S., L.A.A.S.
 7, Avenue du Colonel Roche - 31400 TOULOUSE
 (61) 25 21 47
- G. RAYCOX
 C.N.R.S. Lab. Génie Electrique - L.A.304
 116, Route de Narbonne - 31062 TOULOUSE
 (61) 52 30 67
- V. NEUMAN
 F.O.T. - Z.I. Route d'Etampes
 45300 PITHIVIERS
 (36) 30 20 61
- J. PICARD
 L.E.T.I.-C.E.A.
 05 X - 38041 GRENOBLE CEDEX
 (76) 97 41 11, poste 5160
- N. POULY
 Université Paris XI/CNRS-Laboratoire de Physique des
 Gaz et des Plasmas
 Bâtiment 212 - 91405 ORSAY CEDEX
 (6) 941 66 15 - 941 79 14 - 941 70 59
- P. de PUJO
 C.E.A. C.E.N. Saclay, Serv. Physique des Atomes et des
 Surfaces
 Bâtiment 62 - 91191 GIF-sur-YVETTE CEDEX
 (6) 508 24 45

- J. RABET
 Université Paris XI/CNRS - Lab. de Physique des Solides
 Bâtiment 516 - 91405 ORSAY CEDEX
 (1) 141 53 14
- (11) P. RIBUENE
 F.R.I. - 7.1. Route d'Etampes - 45300 PITHIVIERS
 (30) 30 24 01
- R. ROUSSE
 I.N.M./C.N.A.M.
 202 rue Saint-Martin - 75141 PARIS CEDEX 03
 (1) 271 24 14, poste 022
- S. ROUSSEAU
 Faculté des Sciences de Rouen - Lab. Optique
 3, rue Vaugouin - 75005 PARIS
 (1) 435 05 26
- (12) P. SAMUEL et C. SAMUEL
 B.B.T. - 32 rue Curial - 75940 PARIS CEDEX 19
 (1) 203 94 00
- F. SCHOL
 Univ. Sciences et Technique du Languedoc,
 Lab. Chimie Macromoléculaire
 Place Eugène Bataillon - 34056 MONTPELLIER CEDEX
 (67) 63 91 44, poste 842, 843
- M. SROOGONCK
 Université P. et M. Curie/CNRS - CR 198 Plasmas Ionisés
 TOUR 12 15, 4 Place Jussieu - 75230 PARIS CEDEX 05
 (1) 336 25 25, poste 4314
- S.C. THEVENIN
 C.E.A.-C.E.N. Saclay, Dép. Physique des Particules
 91191 GIF-sur-YVETTE
 (1) 908 42 46
- C. VERET
 C.N.R.S.A., Div. Optique
 29, Avenue de la Division Leclerc - 92320 CHATILLON
 (1) 657 11 60
- A. YI-YAN
 C.N.E.T./P.A.N./P.M.S./D.C.T.
 196, rue de Paris - 92220 BAGNEUX
 (1) 638 54 36

11. J.J. BESBOT
C.I.T.-ALCATEL
33, rue Emeriau - 75725 PARIS CEDEX 15
(1) 571 10 10
- A. BROCHOLE
Université d'Orléans, Labo. GREMI et GRECO 38
U.E.R. des Sciences, 45046 ORLEANS
(38) 6522 16
- J.C. BROCHON
Université Paris XI
L. U. R. E., Bâtiment 209 C - 91405 ORSAY CEDEX
(6) 941 82 70
- A. DARAYOL
D.R.E.T., S.C.R.
26, Boulevard Victor - 75896 PARIS ARMEES
(1) 552 43 24
- J. CHAUVEY
C.E.N.G./D.R.F.G.
05 X - 38041 GRENOBLE
(76) 97 41 14
- A. DAKARY
C.N.R.S., LA 171, Eq. de Spectroscopie
156 bis, Cours Fauriel
42023 SAINT-ETIENNE
(77) 25 20 23, poste 439
- J.P. FORTLENER,
C.E.A./C.E.N.S., Service D.E.I.N.
91190 GIF-sur-YVETTE
(6) 908 28 34, poste 656
- J. GASTINEAU
Lab. Nat. SATURNE / S D
B.P. N° 2 - 91190 GIF-sur-YVETTE
(6) 908 83 12
- L. GIRAL
Université Science et Technique du Languedoc
L36, Chimie Organique Structurale
Place Eugène Bataillon - 34060 MONTPELLIER CEDEX
(67) 63 91 44
12. A. MALHERBE
MATRA, Cir. Couches Minces
B.P. 203 - 93 Avenue Victor Hugo
92802 RUEIL MALMAISON
(1) 749 03 45
13. J. NAGEL
Société QUANTEL
Avenue de l'Atlantique - 91405 ORSAY
(6) 907 66 19
- G. NOLLEZ
C.N.R.S. - Institut d'Astrophysique
90 bis, Boulevard Arago - 75014 PARIS
(1) 320 14 25
- A. PARILLO
C.N.R.C. - C.R. 140, Recherche Biologique
Place Eugène Bataillon - 34060 MONTPELLIER
(67) 63 91 44, poste 654

.../...

- (I) P. PECHERY
Kodak Pathé
30, rue des Vignerons - 94300 VINCENNES
- M. PICOT
C.A.E.T. Meylan, Département Micro-électronique
Chemin du Vieux Chêne - B.P.42 - 78240 MEYLAN
(76) 90 90 70
- N. SADEGHI
Université de Grenoble I, Laboratoire de Spectr. Phys.
D.P. N° 53 - 38041 GRENOBLE
(76) 54 81,52
- M. SMIGIELSKI
Institut Franco Allemand
12 rue de l'Industrie - 68301 SAINT-LOUIS NIRTH
(89) 69 00 03
- F. THEVENIN
C.E.A./C.E.M.
B.P. N° 561 ORUYERES LE CHATEL
92542 MONTRUCOSE CEDEX
(6) 490 92 80, poste 4072
- (I) M. VAILLANT
MAZDA
11, Quai Dédion Douteau - 92600 PUTEAUX
(1) 772 00 63, poste 314
- (I) M. VERDIER
ELECTRO-CHARTZ
B.P. N° 525 - 77140 NEMOURS
(6) 420 03 00
- (I) M. ANTOINE
Société Transfert Technique
08570 LA FERTE ICHTERS
(29) 22 65 20