

ETUDE SUR LA DETECTION DES PHENOMENES AEROSPATIAUX RARES

Volume n° 2

II.4. ANNEXE : comptes-rendus de visites en France.

Ce volume contient les 47 comptes-rendus de visites effectuées en France sur le thème "**détection**".

Pour des **raisons d'encombrement**, certaines **annexes volumineuses** ont **été** supprimées, les références correspondantes **étant** alors indiquées explicitement,

Les annexes classifiées au niveau "**Confidentiel Défense**" sont regroupées **dans** le volume n° 2'. Il faut noter que les **informations** présentées **dans** le volume classifié ne sont **pas** de **nature** à modifier de **façon** sensible les conclusions de cette étude, telles **qu'elles** sont présentées dans les 5 **volumes non classifiés**.



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS : SISMIQUE - ELECTROMAGNETIQUE
OPTIQUE - CAPTEURS - METEOROLOGIE

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 00/ 0580 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

ARREXXOXX

NOM : Alain ESTERLE

NOM :

NOM :

VISA :

VISA :

VISA :

LIEU : PARIS

DATE : 21.05.80

OBJET DE LA VISITE : Prise de contact

LABORATOIRE VISITÉ : ALPENS

N° C.N.R.S. :

ADRESSE :

2, rue des Fossés St Marcel
75005 PARIS

TÉL. : 16(1)707.11.78

PERSONNES RENCONTRÉES - CONTACTÉES : Yves ROCCARD

DOCUMENT N° CT/GEPAN - 0083

DU : 10 JUIN 1982

DIFFUSION : F. LOUANGE

Yves ROCCARD est dubitatif quant aux OVNI et quant à leur détection possible.

Cependant, il est prêt à nous aider à une implantation. Il y a 3 possibilités :

- privée : il a une propriété abandonnée en Provence.
- universitaire : par un ancien élève Professeur à PARIS VI qui entretient une station sur le plateau de Valençole.
- le réseau C.E.A. qui se décompose en deux :

* réseau sismique (laboratoire de Détection et de géophysique) station en triangle (50 km de coté) dont une en Provence.

* réseau électromagnétique en triangle plus quatrième pour levée de doute. Il y manque un repérage de turbulence magnétique en haute atmosphère (barres de Selzer). Elles donnent un repérage en azimuth et distance à 1/2 degrés.

Les deux domaines privilégiés de détection selon Yves ROCCARD, seraient l'électromagnétisme et l'optique.

Il a mis au point des flashmètres qui sont sensibles au centième de lux (1/50 de la luminosité de la pleine lune), visent l'horizon sur 360° avec une ouverture de 2 à 3° et repère des tirs de MURUROA à 400 km (beau temps) (270 km (très mauvais temps)). Il serait intéressant d'adopter de tels flashmètres ou d'utiliser des cellules (visible, infrarouge jusqu'à 10 μ).

Deux tâches pourraient être soutenues par le GEPAN et confiées au C.E.A..

- Mise au point d'une détection par barres de Selzer (cf. haute atmosphère),
- étalonnage des flashmètres la nuit (bruit de fond dus aux scintillement et fréquence 50 Hz des lumières).



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :
DETECTION

MOTS-CLÉS : BALLON- RADAR - CAPTEUR -
NUAGE - SIMULATION - ELECTRICITE
ATMOSPHERIQUE - METEOROLOGIE

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 01 / 1181 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

~~APPELX D'EX~~ :

NOM : A. ESTERLE

NOM : JJ. VELASCO

NOM : B. ZAPPOLI

VISA :

VISA :

VISA :

LIEU : MAGNY - TRAPPES

DATE : 26.11.81

OBJET DE LA VISITE : Visite des installations et prise de contact

LABORATOIRE VISITÉ : E.E.R.M.
MAGNY-LES-HAMEAUX
ADRESSE : Tél. :

N° C.N.R.S. :

STATION METEOROLOGIQUE DE TRAPPES
Centre Technique et du Matériel

TÉL. : 16 (3) 051.27.90

PERSONNES RENCONTRÉES - CONTACTÉES :

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION :

Le Centre de MAGNY est un organe de l'Etablissement d'Etudes et Recherche de la Météo. Il s'occupe de prospective (physique des nuages et pluie artificielle) et d'instrumentation (capteurs). Le Centre de TRAPPES est plus appliqué, orienté vers l'instrumentation opérationnelle (dans les stations de mesures).

1. - MAGNY (JEUDI 26.11.81 AU MATIN)

QUATRE SOUS-VISITES :

1.1. - PHYSIQUE DES NUAGES

Il s'agit de reproduire dans un tube les conditions se présentant à l'intérieur d'un nuage (densité des gouttes, diamètres, phénomène de rupture ou d'accrétion). On peut faire varier séparément des paramètres physiques un à un.

1.2. - LDAR

Emission laser accompagnée d'une mesure au télescope. Le laser provoque 2 diffusions : RAYLEIGH et RAMAN. La deuxième est beaucoup plus tenue mais plus spécifique des molécules, d'où la possibilité d'analyse des pollutions, distances de visibilité, etc.

Au passage nous avons appris les essais d'éclairage de la base de nuages jusqu'à 3000 m par des projecteurs au Xénon 4 KW. Dans certaines petites stations, il existe des projecteurs 100 W très directifs (cf. projecteur HMI utilisé dans la région parisienne).

1.3. - RADAR

Il s'agit de radar doppler pour surveiller les nuages (sensibles à des particules de 500μ). La détection dépend de la taille et de la densité des gouttes.

1.4. - ELECTRICITE ATMOSPHERIQUE

Deux types d'instruments :

- mesure du gradient de potentiel soit avec un instrument déployé sur 20 m (surveillance Ariane) soit avec un instrument beaucoup plus petit (dizaines de centimètres) mais beaucoup moins précis (biométéo, étude des asthmatiques) ;

- détection de décharge par reconnaissance des ondes électromagnétiques émises par la décharge. Sensible jusqu'à 30 km, il comptabilise les décharges ; il est non directionnel. Il y a un réseau anglais de triangulation des décharges, rien en France.

A noter aussi quelques engins volants téléguidés pour analyse météo : avions (2 à 3 m) dirigeables (Dynosaure, 8 m) et petites fusées (0 à 80 km d'altitude).

2. - TRAPPES (JEUDI 26.11.81, APRÈS-MIDI)

2.1. - EN STATION

Sept stations de ballon-sondes avec 2 tirs par jour ; récupération (80 %) avec prime (4.50 F puis Atlas Météo). Au total, 9000 ballons par an (5600 en métropole). A multiplier par deux pour les ballons avec mesures de vent simple. (Fabricant : Mesural 77500 Challes). Le réflecteur radar est en papier aluminisé, pyramide double de ≈ 80 cm de haut. Les tirs ont lieu normalement à 12 H et 0 H TU \pm 45 mn. En fait, il est fort possible que les tirs soient faits avant (veilles de nuit).

2.2. - RADAR

Trois types de radar (voir annexe 3 du doc. 31181) :

- MLCI : 10 cm (très peu, très cher)
- RDN : 5 cm (THOMSON projet)
- OMERA : 3.2 cm (actuel).

Le radar RDN est actuellement à l'étude. Il devrait équiper à l'avenir l'ensemble des stations ; il faudra prévoir un réseau de transmission et d'enregistrement pour traitement des données. Actuellement traitement à l'oeil, en temps réel. L'image étant numérisée, l'information est essentiellement nuageuse (intégration sur le temps et la distance pour faire ressortir les échos). Les avions sont à peine repérés. Problème général des images numérisées et traitées qui donnent une information de plus en plus sélective.



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS : METEOROLOGIE, RADAR -
SATELLITE - TELEDETECTION - PREVI-
SIONS - CENTRE DOCUMENTAIRE

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 03 / 1181 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

APPELX D'X DE :

NOM : A. ESTERLE

NOM : JJ. VELASCO

NOM : B. ZAPPOLI

VISA :

VISA :

VISA :

LIEU : BOULOGNE (METEO. NATIONALE)

DATE : 27.11.81 (après-midi)

OBJET DE LA VISITE :

LABORATOIRE VISITÉ : DIRECTION DE LA METEOROLO-
GIE NATIONALE

N° C.N.R.S. :

ADRESSE :

77, rue de Sèvres

92106 BOULOGNE-BILLANCOURT

TÉL. : 16 (1) 604.91.51

PERSONNES RENCONTRÉES - ~~CONTACTÉES~~ : M. PERRIN de BRICHAMBAUT

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION :

DIRECTION DE LA METEOROLOGIE NATIONALE(27.11.81 APRÈS-MIDI)

Nous sommes accueillis par M. PERRIN De BRICHAMBAUT qui nous dit que la création de moyens d'observation spatiaux par l'utilisation de satellites donne à la météorologie un outil supplémentaire dans la prévision météorologique.

Les images fournies toutes les 1/2 heures par le satellite européen METEOSAT, transmises par la station de LANNION, peuvent être confrontées aux données gérées par le système de calcul informatique.

Actuellement il n'existe pas d'utilisation systématique de ces données que ce soit dans un but de description (combinées aux autres informations) ou dans un but de prévision (inclusion dans les modèles).

LISTE DES ANNEXES :

- ANNEXE 1 - EXEMPLE DE REPRESENTATION GRAPHIQUE DES PRINCIPAUX ELEMENTS DES OBSERVATIONS METEOROLOGIQUES EN SURFACE
- ANNEXE 2 - LIAISONS TELEGRAPHIQUES S.M.M.
LIAISONS TELEPHONIQUES S.M.M.
RESEAU DE TRANSMISSION DE DONNEES ET DE FACSIMILE CODE S.M.M.
LIAISONS INTERNATIONALES
- ANNEXE 3 - RADAR PANORAMIQUE 10 CM MELODI
RADAR PANORAMIQUE 3 CM POUR DETECTION DES PRECIPITATIONS
RADAR PANORAMIQUE 5 CM RODIN
RADAR METEOROLOGIQUE MOBILE "RAMO"
RADAR VENT "RAFIX"
RADAR VENT "ZEPHYR"
- ANNEXE 4 - STATIONS METEOROLOGIQUES METROPOLITAINES



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS : ELECTRICITE ATMOSPHERIQUE
ELECTROMAGNETISME - CAPTEUR

COMPTE-RENDU DE VISITE N° : 08 / 1281 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

~~APPREXIMEX~~

NOM : A. ESTERLE

NOM :

NOM :

VISA :

VISA :

VISA :

LIEU : ONERA (CHATILLON)

DATE : 16.12.81

OBJET DE LA VISITE : Prise de contact

LABORATOIRE VISITÉ : ONERA

ADRESSE :

29, Avenue de la Division
Leclerc

92000 CHATILLON

N° C.N.R.S. :

TÉL. : 16(6) 657.11.60

PERSONNES RENCONTRÉES - ~~CONTACTÉES~~ : MM. CHRISTOPHE - RICHARD

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION :

Appartenant au Département Système, ils travaillent sur la foudre, sous la responsabilité générale de M. BOULAY (Meudon) du Département de Physique (Directeur : M. TAILLET).

L'ONERA étudie la foudre du point de vue des **foudroiements d'avions**, sous contrat DRET. Ils sont en relation courante avec le CNET (M. HAMELIN - Lannion) qui s'intéresse aux perturbations du réseau hertzien et des lignes téléphoniques ainsi qu'à l'affaiblissement du signal hertzien (avec le CRPE : Centre de Recherche en Physique de l'Environnement - CNET + CNRS).

Ils ont ainsi participé ensemble au programme COPT (Convections Profondes Tropicales) en Côte d'Ivoire, sur deux thèmes : phénomènes électriques (BOULAY) et Physique de l'atmosphère (WALDTEUFEL). Le dépouillement et le traitement des expériences est en cours.

L'ONERA coopère aussi avec les USA pour le programme TRIP (Thunderstorm Research Investigation Program). En France ils ont participé à la campagne de Saint Privat en 1977 pour la localisation des décharges d'électricité statique (réseau de moulins à champ (voir document 51281) et la caractérisation des rayonnements électromagnétiques associés aux éclairs.

Enfin, l'ONERA étudie d'une manière générale le foudroiement des matériaux et la diffusion des courants dans les solides. Ils utilisent aussi un Transal **expérimental** basé au CEV de BRETAGNE.

Pour ce qui est des effets des **éclairs** sur l'environnement, ils peuvent être de trois types :

- effet de souffle (onde de choc) ;
- champ magnétique induit par le courant de la décharge (10 à 100 kA) ;
- rayonnement électromagnétique (maximum vers 100 MHz).

Ces trois effets thermiques, magnétiques et électromagnétiques pourraient peut-être être reconnus sur les végétaux environnants si les études biochimiques ont été suffisamment développées dans ce sens. Sinon, il faudrait les susciter.

7 documents fournissent des informations sur ces aspects :

--- Documents généraux :

"Research on **Artificially** Triggered Lightning in France"
(Fierro, Gary et al)

"Atmospheric and Radio Noise"
E.T. Pierce

"**Lightning** Phenomena ; Theory and Background"
J.E. Nanevich

--- Rayonnements **électromagnétiques** :

"Measurements of Electromagnetic Properties of Lightning with
10 Nanosecond Resolution"

C.E. Baum et al

"The structure of Lightning Radiation Field"

Philip Xrider et al

"**Présentation** du Phénomène"

ONERA RT 50/7154 PY

--- Effet de souffle :

"Thunder"

A.A. Few

Scientific American

A signaler aussi :

- **il** existe un système commercialisé américain pour repérer les éclairs à quelques dizaines de kilomètres (précision quelques centaines de mètres). M. **BOULAY** doit être au **courant**.
- Le LDG (**CEA-DAM**) s'est **intéressé** aux caractéristiques électromagnétiques des éclairs pour les différencier de certains autres phénomènes qu'ils essaient de détecter. Ils ont **peut** être installé un réseau.



Groupe d'Etude des
phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :
DETECTION

MOTS-CLÉS : METEORE - OPTIQUE -
CAMERA - METEORITE - MINERALOGIE

COMPTE-RENDU DE VISITE N° : 11 / 0182 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

APPELÉ DE :

<u>NOM</u> : A. ESTERLE	<u>NOM</u> : JJ. VELASCO	<u>NOM</u> : B. ZAPPOLI
<u>VISA</u> :	<u>VISA</u> :	<u>VISA</u> :

LIEU : PARIS

DATE : 14.01.82

OBJET-DE-LA-VISITE : Informations complémentaires sur les météorites

LABORATOIRE VISITÉ : Laboratoire de Minéralogie
des roches profondes et des
météorites
ADRESSE : 61, rue Buffon
75005 PARIS

N° C.N.R.S. : 04-0286

TÉL. : (1) 707.28.24

PERSONNES RENCONTRÉES - CONTACTÉES : M. PELLAS

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION :

M. PELLAS nous donne quelques renseignements sur les météorites : ils sont soit en **fer** (ferrites), soit rocheux (chondrites). Les ferrites représentent 5 % des chutes. Les chondrites peuvent être à base de carbone (chondrites carbonnées) et contenir des molécules organiques élaborées extra-terrestres. Les vitesses d'arrivée sont variables mais couramment de l'ordre de 20 km/s. Les impacts se font à 200 km/h (60 m/s). Toutefois les très massifs ne sont pratiquement pas freinés par l'atmosphère...

La densité moyenne est de 3.5. Il y a en France 66 chutes recensées jusqu'en 78, non équiréparties (absence en région parisienne et dans le Nord).

Les tailles sont très variables, de même que la dureté. Il doit y avoir un rapport 1/1000 entre la masse au sol et la masse en haute atmosphère. Il peut y avoir **détection** des grosses chutes par les séismographes (**cratère** de Saint Séverin : 300 kg avec fragmentation en une centaine d'éléments).

L'aspect des météorites est couramment lisse, sombre, poli (fusion en surface). Il est possible de reconstituer l'histoire des météorites en analysant leur composition et leur structure : durée d'exposition aux radiations cosmiques (plusieurs millions d'années) ; durée de latence dans une masse plus importante, profondeur, etc. La **spécificité** des matériaux extra-terrestres résulte de répartitions différentes d'isotopes (voir M. LORIN - Université d'Orsay - Bât. 510 - Physique des solides).

Il est possible aussi de déterminer la trajectoire d'arrivée et ainsi dans certains cas, d'établir à rebours l'origine (par exemple ceux qui viennent des **astéroïdes** Apollo, en 20.000 années).

Encore faut-il un réseau de détection optique. De tels réseaux existent en :

- ALLEMAGNE : Pr. T. KIRSTEN
Max Plank Institut für Kemphysik
Post Fach 103980
69 Fidelberg
RFA
- USA : Projet PRAIRIE
- ANGLETERRE (en 78) : s'adresser au secrétaire de la Royal
Astronomical Society
- CANADA : Ian Halliday
Herzberg Institute of Astrophysics
National Research Council of Canada
OTTAWA - K1A 0R6 CANADA
- TCHECOSLOVAQUIE : CEPLECHA

En France, selon M. PELLAS, c'est peut être auprès de l'INAG que l'on pourrait trouver le meilleur accueil à l'idée de l'implantation d'un réseau de caméras par exemple dans les observatoires. C'est aussi à l'INAG que l'on pourrait trouver le ou les chercheurs qui prendraient en charge les données et les calculs des trajectoires.

M. PELLAS signale aussi les collectes des Japonais et Américains dans l'Antartique. Il n'y a pas d'action équivalente côté français. On peut cependant y ramasser aisément des météorites jusqu'à la dernière glaciation.

Enfin, M. PELLAS a évoqué les travaux du sociologue Ron Westrum sur la place des anomalies dans la science et les réactions sociales aux événements "impossibles" :

Department of Sociology
Eastern Michigan University
YPSILANTI
MICHIGAN 48197
USA.



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME : DETECTION
MOTS-CLÉS : AVIATION CIVILE - RADAR

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 12 / 0482 /

~~XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX~~
VISITE EFFECTUÉE PAR :

APPEL Ø DE :

NOM : F. LOUANGE

NOM :

NOM :

VISA : F.L.

VISA :

VISA :

LIEU : PARIS

DATE : 22.04.82

~~XXXXXXXXXXXX~~
OBJET DE LA VISITE : Point sur les radars embarqués

LABORATOIRE VISITE : Aviation Civile
34, rue du Louvre
ADRESSE : 75001 PARIS

N° C.N.R.S. :

TÉL. : (1) 233.44.65

PERSONNES RENCONTRÉES - CONTACTÉES : M. JM. SANSOVINI

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION :

Les responsabilités de M. Sansovini au sein de l'aviation civile, et sous la tutelle du ministère des transports, concernent la sécurité des aéronefs civils (avions et hélicoptères). C'est donc un interlocuteur très qualifié pour parler des équipements embarqués, et en particulier des radars météorologiques. C'est précisément sur ces radars qu'a porté l'entretien téléphonique, car ils semblaient a priori pouvoir constituer une source d'information sur les phénomènes aériens rares.

Les avions et hélicoptères civils sont équipés de radars météorologiques capables de détecter les orages, mais il ne s'agit que d'une aide au pilote, qu'il utilise quand il le désire, et qui ne laisse aucune trace. En effet, il n'est prévu aucun dispositif d'enregistrement des données visualisées sur l'écran. Les seules exceptions sont constituées par les prototypes, qui sont équipés d'un système d'enregistrement à bord, mais ne sont jamais plus que 5 ou 6 et ne volent que sporadiquement.

Pour les pilotes, ce moyen se suffit à lui-même, et il n'y a pas de besoin supplémentaire d'information.

En conclusion, vue dans l'optique de l'étude en cours sur la détection systématique des phénomènes rares, cette catégorie de moyens et d'utilisateurs présente peu d'intérêt. Il n'y a pas de besoin, et les équipements existants ne sont pas conçus pour laisser des informations durables, contrairement aux installations au sol. Tout au plus peut-on demander que les pilotes qui détectent par hasard un phénomène inexplicable le signalent au sol (ce qui se fait déjà de toute façon), mais cela relève plus du témoignage fortuit que de la détection systématique.

oooooooooooooooooooooooooooo



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS :

ASTRONOME AMATEUR - ASTRONOMIE

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 13/ 0482 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

~~ARREXÉ~~ ~~DE~~ :

NOM : F. LOUANGE

NOM :

NOM :

VISA : *F.L.*

VISA :

VISA :

LIEU : PARIS

DATE : 23.04.82

OBJET DE LA VISITE : Prise de contact avec la S.A.F.

(Société Astronomique de France)

LABORATOIRE VISITÉ :

NA

N° C.N.R.S. :

ADRESSE :

Studio Peret

126, rue du Faubourg St Martin

75010 PARIS

TÉL. : (1) 206.96.91

PERSONNES RENCONTRÉES - CONTACTÉES : M. WESSLER (membre du comité de rédaction)

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION :

I. Objet de l'entretien.

L'un des domaines d'investigation prévus a priori pour la détection systématique des phénomènes aérospatiaux rares est celui de l'astronomie d'amateurs. On peut en effet considérer l'ensemble des astronomes amateurs comme un potentiel d'observation systématique du ciel, et se demander si des procédures d'échange d'information (dans les deux sens) sont envisageables et souhaitables, dans la mesure où il existe des organes de coordination chez ces amateurs.

Il se trouve que M. Weïssler, qui a déjà eu affaire au GEPAN à propos des réseaux de diffraction, est depuis longtemps (1963) membre du comité de rédaction de la revue "L'astronomie", que publie la Société Astronomique de France, l'une des plus importantes sociétés d'astronomes amateurs de France. Un premier contact a donc été pris avec lui, au cours duquel il a décrit sa vision des astronomes amateurs français et de la façon dont le problème de la détection des phénomènes rares pourrait être abordé avec eux.

II. Les astronomes amateurs en France.

M. Weïssler estime qu'il doit y avoir de l'ordre de 10000 astronomes amateurs en France. Il existe une multitude de clubs communaux, départementaux ou d'entreprises, tandis qu'au niveau national quelques associations importantes se partagent les effectifs. Les deux plus importantes sont :

Société Astronomique de France (SAF)
3 rue Beethoven
75016 PARIS tél. : (1) 224 13 74

Association Française d'Astronomie (AFA)
115 rue Charenton
75012 PARIS tél. : (1) 628 38 61

En ce qui concerne la SAF, elle compte actuellement environ 4800 adhérents (ce nombre avait atteint 6500 du temps de la conquête spatiale) .

A travers un noyau d'environ 150 personnes très actives, la SAF garde des liens assez étroits avec les astronomes professionnels.

Dans ces milieux, tout ce qui touche aux OVNI's déclenche des réactions particulièrement passionnelles, dans un sens ou dans l'autre (plus que chez les professionnels). Les phénomènes rares n'intéressent que peu l'astronome amateur moyen.

III. Les instruments.

Parmi les membres de la SAF, M. Weïssler estime qu'on peut recenser environ 2000 instruments, dont la plupart sont fabriqués par les astronomes amateurs eux-mêmes. D'après M. Weïssler, les lunettes achetées toutes faites (en majorité japonaises) sont de mauvaise qualité, alors qu'au contraire celles qui sont faites par les astronomes présentent une très grande cohérence entre eux (normes imposées par la SAF), et un niveau de qualité tout-à-fait professionnel.

L'instrument type (environ 1500 à la SAF) est un télescope de 200 mm fabriqué par son utilisateur, de type équatorial, c'est-à-dire monté sur un support mobile qui suit le mouvement horaire. Environ 10 % des astronomes amateurs font de la photographie.

L'instrument équatorial décrit précédemment n'est évidemment pas apte à suivre un satellite ou une étoile filante, et la probabilité qu'il détecte un phénomène fugitif paraît faible.

Par ailleurs, il existe une minorité d'astronomes qui observent des nébuleuses à l'aide de télescopes de Schmidt (primaire sphérique et correction par une lame asphérique). Les instruments ont un champ angulaire important, de l'ordre de 20 à 30°, et Y. Weïssler estime leur nombre en France à une centaine, y compris les professionnels.

M. Weïssler signale l'existence d'un livre qui présente l'

aspect des objets stellaires observés à travers tous les instruments (des jumelles courantes au plus puissant télescope). A préciser,

IV. Détection des phénomènes rares.

On peut a priori imaginer la contribution des astronomes amateurs à ce problème par deux approches complémentaires :

- Asynchrone : quand un astronome observe un phénomène rare, il en transmet l'information par une procédure connue de tous.
- Synchrones : il existe une procédure permettant de transmettre à un grand nombre d'astronomes la question : "avez-vous observé telle zone du ciel à telle date Pendant tel intervalle de temps ?",

Selon M. Weisler, il n'est pas impossible de motiver les astronomes amateurs pour ce type d'actions, mais il est indispensable de faire passer le message "par en haut", c'est-à-dire par les professionnels via la tête des associations, sous peine de provoquer les réactions passionnelles indiquées précédemment.

Affaire à suivre.

oooooooooooooooooooooooooooo



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS : CAPTEUR - NUAGE - RADAR
METEORE

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 14 / 0482 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

APPREXIMÉ :

NOM : F. LOUANGE

NOM : A. ESTERLE

NOM :

VISA : *F.L.*

VISA :

VISA :

LIEU : ISSY-LES-MOULINEAUX

DATE : 29.04.82

OBJET DE LA VISITE : Prise de contact

LABORATOIRE VISITÉ : C.R.P.E.

ADRESSE :

38/40 rue du Gal. Leclerc
92131 ISSY-LES-MOULINEAUX

N° C.N.R.S. : 00-4010

TÉL. : (1) 638.44.44

PERSONNES RENCONTRÉES - ~~CONTACTÉES~~ : Plusieurs.

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION :

Un rendez-vous avait été pris au SRPE à Issy-les-Moulineaux avec M. Barouch. Celui-ci étant absent (mère décédée), des collègues à lui ont aimablement accepté de faire une présentation des activités au CRPE, et de répondre aux questions relatives à la détection de phénomènes aérospatiaux rares. Les informations intéressantes recueillies sont regroupées dans les paragraphes qui suivent, et des extraits de documentations utiles sont joints en annexe.

I. Le C.R.P.E.

Le Centre de Recherches en Physique de l'Environnement terrestre et planétaire est un laboratoire commun au CNET et au CNRS. Depuis 1/81, il est implanté à St Maur (et non plus à Orléans) et à Issy-les-Moulineaux. Son domaine d'étude est l'atmosphère neutre et ionisée, décomposée en trois zones : l'atmosphère dense (siège des phénomènes météorologiques), la haute atmosphère neutre et ionisée, et la magnétosphère (entièrement ionisée).

En ce qui concerne le centre d'Issy-les-Moulineaux, les 3 principaux volets d'activité sont :

- Haute et moyenne atmosphère (>80 Km)
- Basse atmosphère et propagation
- Ondes dans les plasmas naturels (magnétosphère).

L'équipe "basse atmosphère" ne dispose que des appareils suivants :

- Radars Doppler météorologiques (système RONSARD)
- Sondeurs acoustiques Doppler (ou sodars).

Les radars sont utilisés pour étudier les mouvements des nuages (exemple : campagne COPT en Côte d'Ivoire), et ne permettent pas l'enregistrement systématique des mesures brutes. Les sodars sont destinés à l'étude des turbulences nuageuses.

Il existe un projet de radar pour sonder la stratosphère (10 à 50 Km), car il n'y a pas actuellement de détection faite depuis le sol sur cette zone.

Par ailleurs, de 1965 à 1980, la dynamique de la haute mésosphère (80 à 110 Km) a pu être étudiée à l'aide de radars météoriques, dont le principe de fonctionnement paraît intéressant du point de vue de la détection des phénomènes aérospatiaux rares.

II. Les radars météoriques.

Il rentre en permanence de nombreuses météorites dans l'atmosphère, mais la plupart ne sont pas observables à l'oeil nu car leur nombre varie en raison inverse de leur taille. Ce phénomène peut se décomposer en un fond continu (isotrope) et des averses (venant d'une direction). Observé depuis la terre dans une direction donnée, il apparaît donc sous une double modulation :

- synchrone, due à la rotation de la terre
- asynchrone, due aux averses.

Chaque météorite laisse derrière elle une traînée ionisée, composée à la fois d'air ionisé et de débris, qui se trouve soumise à l'action du vent.

Un radar météorique utilise donc les météorites comme des traceurs : de type Doppler, il mesure la vitesse radiale des traînées qui se trouvent dans un plan perpendiculaire à son axe de visée. Avec une mesure de distance complémentaire, on peut ainsi reconstituer les mouvements des vents à haute altitude, les ondes de gravité, etc... ■

Le CRPE a disposé de 2 radars de ce type, émettant en continu à 30 MHz, et qui étaient les seuls en France. L'un des deux a été transporté à plusieurs endroits, et en particulier à Porto-Rico. Avec une ouverture de 20°, ils disposaient d'une puissance de l'ordre de 4 KW qui leur permettait de détecter 200 à 400 événements/heure.

Ces radars ne permettent pas de garder trace de tous les échos apparaissant sur leurs écrans. En raison du grand

nombre d'évènements pris en compte, ils procèdent à une reconnaissance automatique (mini-ordinateur couplé) : à tout écho détecté, on applique un critère de forme correspondant à la formation de la traînée et à sa diffusion dans l'air ambiant (voir texte en annexe), ainsi qu'une discrimination de distance.

Les radars météoriques du CRPE sont maintenant "à la casse" et les données accumulées pendant 15 ans suffisent à alimenter les études prévues dans ce domaine.

III. Actions possibles.

A priori, les utilisateurs de ces radars ne s'intéressent pas aux météorites en elles-mêmes. Cependant, l'un des chercheurs du CRPE, Monsieur Delcourt, s'est penché sur le problème de l'astronomie de position à partir d'impacts de météores. Etant le seul à entretenir un lien avec les météoritistes, il devra être contacté pour fournir un complément d'information sur les utilisations possibles des radars météoriques.

La météorologie n'est pas du tout concernée par ces études, qui touchent des tranches d'altitude beaucoup trop élevées pour ses préoccupations.

La possibilité d'utiliser le principe des radars météoriques pour des télécommunications de type militaire a été évoquée, mais aucune référence précise n'a pu être fournie.

En ce qui concerne l'étranger, il existe des radars météoriques émettant en continu ou en impulsions (20 & 50 Hz), en particulier aux U.S.A. (un radar détectant 6000 à 8000 évènements/jour a été évoqué). Ils sont tous équipés de moyens de reconnaissance automatique. L'adresse d'un laboratoire de physique de l'atmosphère utilisant un tel radar a été donnée :

Prof. Roper
Georgia Institute of Technology
Atlanta
U.S.A.

oooooooooooooooooooooooooooo

140482

NOTA : Dans ce Compte-Rendu, le terme "météorite" est utilisé abusivement pour désigner un corps solide entrant dans l'atmosphère (en réalité une météorite représente le cas très particulier où un corps solide atteint la surface de la terre).

**CENTRE NATIONAL D'ETUDES
DES TELECOMMUNICATIONS**

**CENTRE NATIONAL DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**NOTE TECHNIQUE
CRPE / 105**

*rapport d'activité CRPE
pour l'année 1980*

Le département HMA du CRPE a **déjà** depuis de nombreuses années acquis, avec les radars météoriques, une compétence aussi bien théorique qu'expérimentale dans l'étude de la dynamique de la mésosphère. L'année 1980 marque la fin de **l'engagement** des chercheurs de HMA dans l'acquisition des données de ces radars. Le savoir-faire et les connaissances théoriques acquises vont naturellement trouver leur emploi dans le développement de moyens nouveaux d'investigation : la diffusion incohérente dans la mésosphère (avec EISCAT et Saint-Santin), qui donnera accès à la chimie et à la dynamique de la région 60-80 kilomètres, et l'utilisation de radars cohérents dans la stratosphère, dont le développement fait actuellement l'objet d'une étude de faisabilité.

IV.1 DYNAMIQUE DE LA HAUTE MESOSPHERE : ETUDES PAR RADARS METEORIQVES

L'utilisation du radar météorique à 2 émetteurs s'est poursuivie en 1980 avec 6 campagnes d'enregistrements d'une durée moyenne de 10 jours. Avec cette série d'expériences s'achève définitivement l'exploitation de cet instrument. On dispose maintenant d'un ensemble complet de mesures à toutes les époques de l'année qui vont permettre la description affinée des mouvements de petite échelle (222).

Les expériences ont **été** coordonnées avec :

- des mesures optiques de **l'émission** nocturne de **l'oxygène** atomique à 557.7 nm. (223) réalisées dans la même zone d'observation **avec** le photomètre installé à Saint-Santin par M. Petitdidier (dans le cadre de la RCP 545) ;

- des mesures de vent en stratosphère et mésosphère effectuées à partir du radar cohérent de SOUSY (RFA) par J. Rottger. L'objectif de ces mesures est de valider les données de vent obtenues par le radar de SOUSY à partir des échos météoriques qu'il reçoit (traités **jusqu'ici** comme des **parasites**) ;

- la campagne européenne "**Energy Budget**" qui a regroupé sous la responsabilité de D. **Offerman** une somme de moyens au sol ou en vol (ballons, fusées) considérable en novembre 1980.

Dans le même temps, l'exploitation des données du radar météorique du CNET implanté à Porto Rico et qui fonctionne sous la responsabilité du Pr. Roper s'est

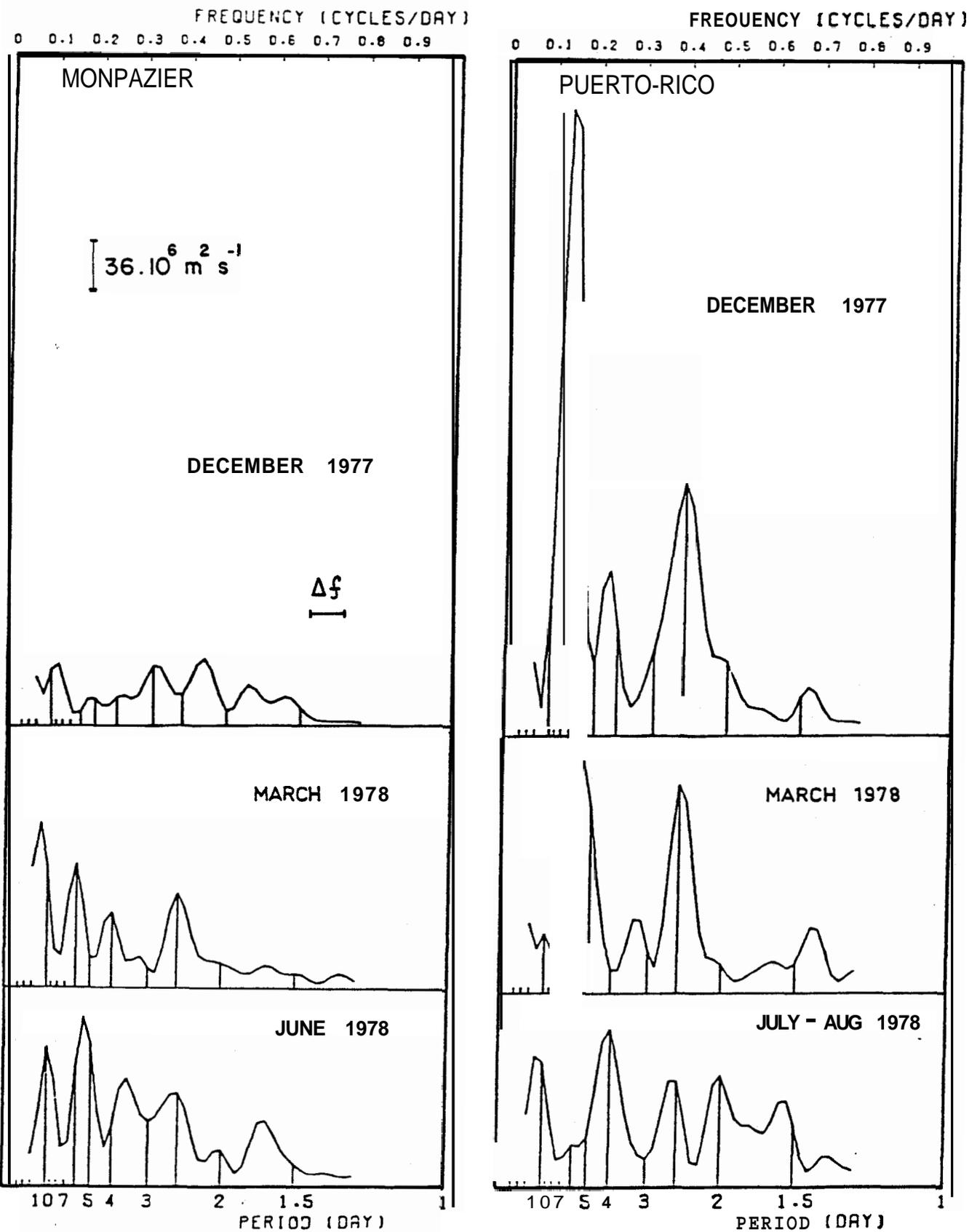


Figure 1 (IV): Spectres de puissance du vent zonal, moyennés sur toute la zone d'altitudes météoriques, pour trois des campagnes de mesures qui ont eu lieu à Monpazier (44°N) et Porto Rico (18°N) en 1977-1978. $S(f)$ représente la définition spectrale.

poursuivie avec, en particulier, le traitement d'une série de mesures effectuées en août 1980, coordonnées avec une expérience de mesure des vents **mésosphériques** à partir du sondeur **d'Arecibo** par une équipe dirigée par le Pr. S. **Kato**. La station a été visitée en juillet 1980 par J.L. Fellous qui s'est assuré de la maintenance excellente de l'appareillage. Toutes ces expériences coordonnées ont fourni des résultats intéressants et pour chacune d'elles, des publications conjointes sont envisagées.

L'analyse des données acquises simultanément à basses et moyennes latitudes (**Monpazier, 45°N** ; **Porto Rico, 18°N**) a permis de mettre en évidence les variations latitudinales des mouvements organisés de différentes échelles : ondes planétaires, marées, ondes de gravité. Les figures 1, 2, 3 présentent quelques-uns des résultats les plus marquants. Des ondes planétaires de périodes 6 jours et 60 heures ont pu être mises en évidence simultanément dans les deux stations en mars 1978 (figure 1) et on a pu apprécier la variation de leur amplitude en fonction de la latitude (247). L'observation des marées (figure 2) a montré une bonne concordance entre les variations latitudinales observées et celles que prédit le modèle théorique de R. Bernard, sauf en ce qui concerne la phase de la marée semi-diurne (205). Enfin, on a pu montrer que le spectre d'énergie des ondes de périodes de deux à huit heures ne varie pas d'une manière significative en fonction de la latitude (225).

IV2 PHOTOCHEMIE DE LA MESOSPHERE : ETUDES PAR DIFFUSION INCOHERENTE

On sait que la région 60-80 km d'altitude est une zone de transition importante dans l'atmosphère. Au-dessus, la neutralité globale du milieu **ionisé** est assurée par l'existence des ions positifs et des électrons ; au-dessous, l'**électro**-neutralité de l'atmosphère n'existe que par la présence d'ions négatifs. Ce sont ces derniers qui prennent le relais des électrons pour assurer une continuité électrique du sol à l'ionosphère, continuité dont l'importance (relations Soleil-Terre, variations climatiques) commence seulement à être soupçonnée. Les ions négatifs sont **formés** à partir de chaînes de réaction photochimiques complexes qui sont étudiées en laboratoire (notamment au CRPE). Cependant un grand nombre d'inconnues demeurent quant au comportement réel de ces variations dans la mésosphère et la stratosphère (conditions de pression, variations en température, rôle de la dynamique, etc.).

L'action de l'équipe "atmosphère moyenne" sur ce thème s'est développée dans deux directions, en collaboration avec le **C.E.P.H.A.G.** (Grenoble) et l'Institut d'Aéronomie (Bruxelles) :

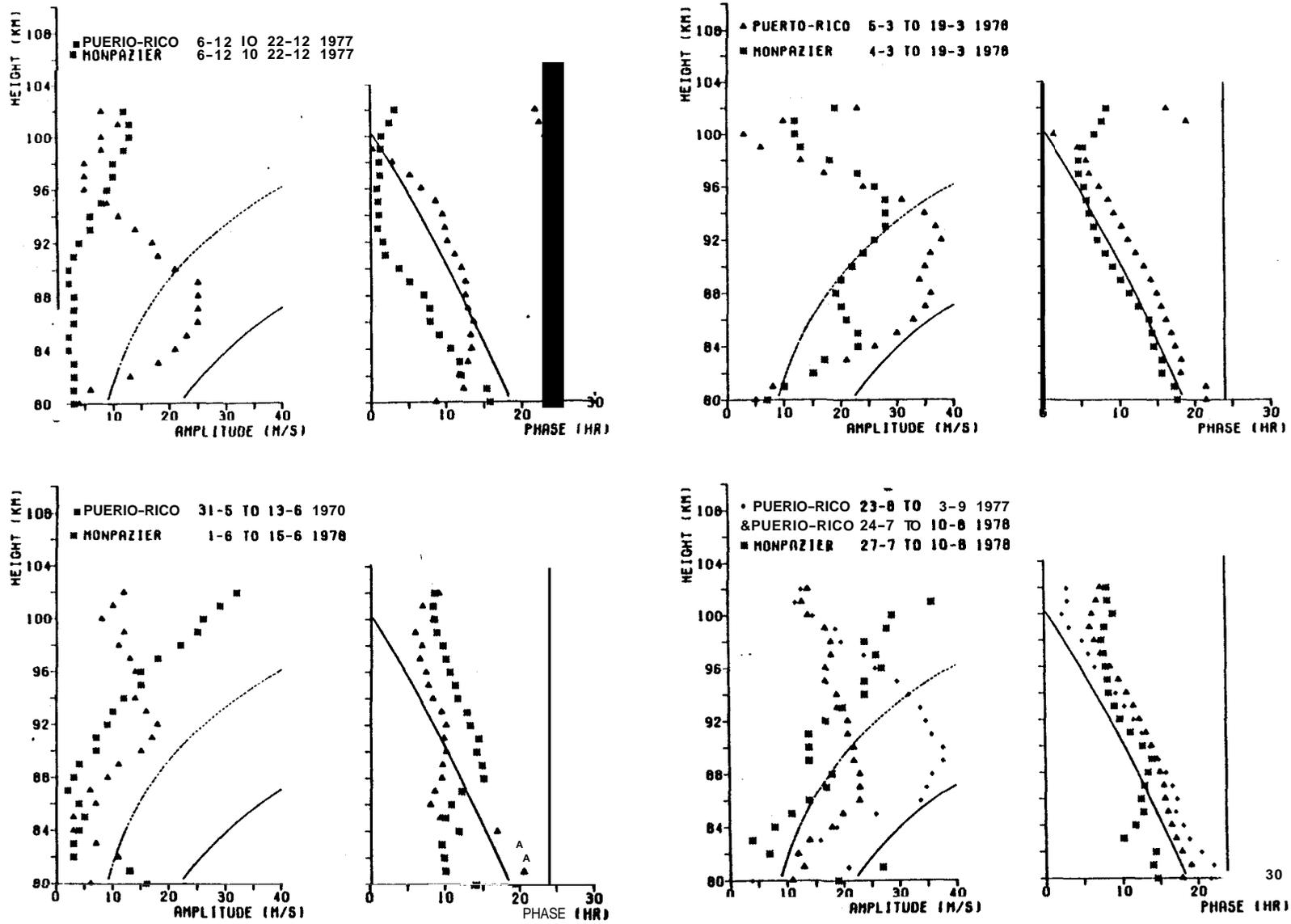


Figure 2 (IV) : Comparaison des paramètres de la marée semi-diurne à Porto Rico (triangles) et Monpazier (étoiles) au cours de 5 campagnes de mesures. L'amplitude et la phase de l'oscillation semi-diurne du vent zonal sont indiquées (la phase représente l'heure locale du maximum de vent vers l'est). Un modèle théorique utilisant les modes S_2^1 , S_2^2 , S_2^3 et S_2^4 est aussi représenté (trait continu pour 18°N et tireté pour 45°N).

SPECTRE D'ENERGIE
MONPAZIER (■) DU 2-6-78 AU 14-6-78
PORTO-RICO (+) DU 25-7-78 AU 9-8-78
KIRUNA (.) DU 11-8-74 AU 20-8-74

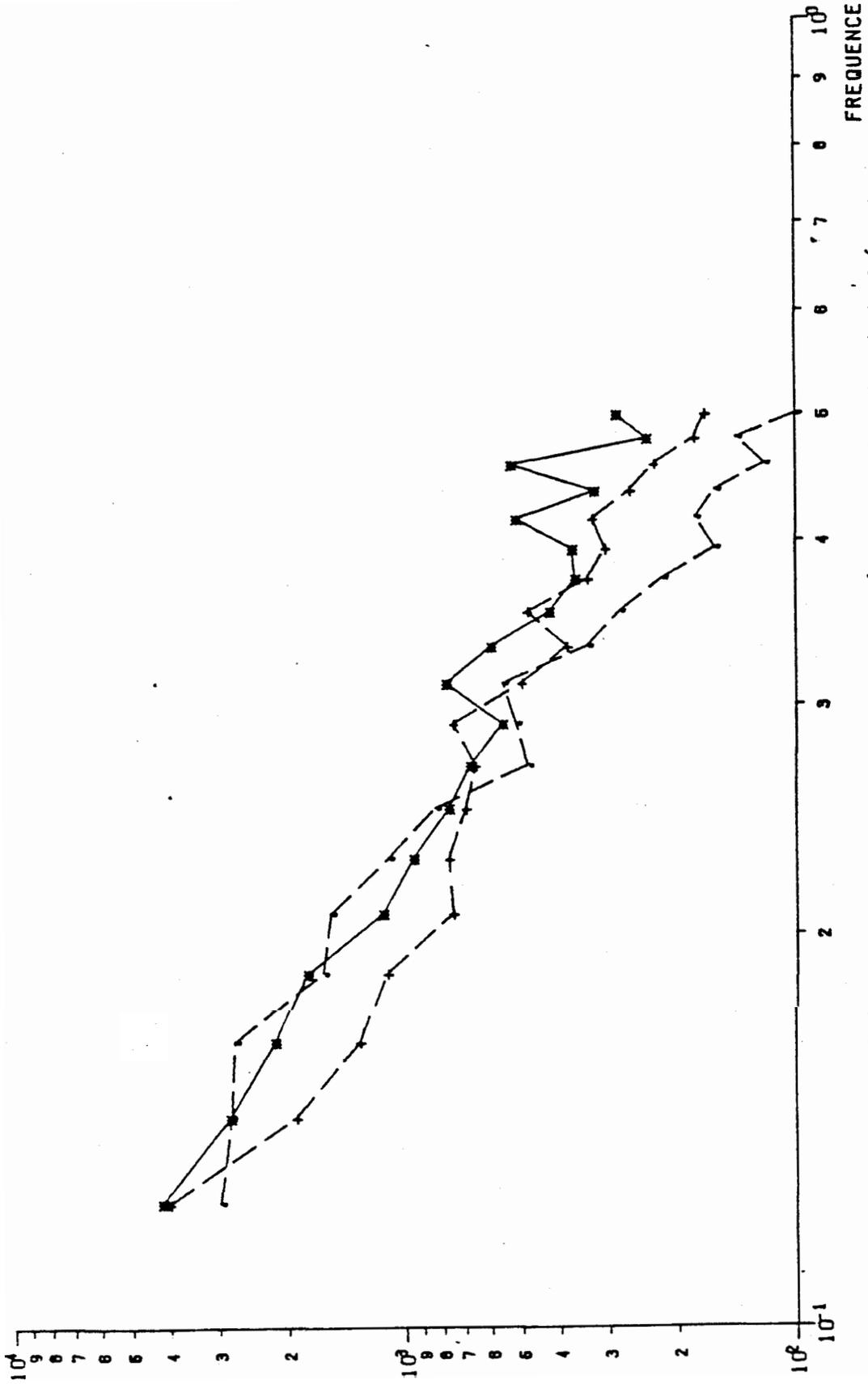


Figure 3 (IV) : Variations moyennes du spectre d'énergie en fonction de la fréquence pour trois campagnes de mesures effectuées en été à Monpazier du 2 au 14/06/1978 ; à Porto Rico du 25/07/1978 au 09/08/1978 ; à Kiruna du 11 au 20/08/1974.

UNIVERSITE DE PARIS VI

THESE

présentée pour l'obtention
du diplôme de Docteur de 3^e cycle

Spécialité : Physique
Mention : Géophysique

par

M. Patrick ROBERT

**ETUDE EXPERIMENTALE DE LA REPARTITION
DES TRAINÉES METEORIQUES DANS LA HAUTE ATMOSPHERE
ET ETUDE THEORIQUE DE L'INFLUENCE
DE LA DISTRIBUTION SPATIALE DES METEORES**

tenue le 10 juin 1974 devant la Commission d'examen, composée de :

M. J.	BLAMONT	Président
M. J.	DELLOUE	Examinateur
M. M.	GLASS	Examinateur
M. J.	DELCOURT	Examinateur
M. J.	CHAPRONT	Examinateur

CHAPITRE I

DONNEES EXPERIMENTALES ET UTILISATION

I - 1 - PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN RADAR METEORIQUE

La vaporisation dans l'atmosphère Terrestre des météorites rapides qui y pénètrent produit, entre 80 et 100 km d'altitude, des traînées fortement ionisées par rapport à l'air ambiant (densité **linéique** de l'ordre de 10^{13} électrons/mètre).

Suivant la taille de la météorite, ces traînées peuvent être observées par des moyens photographiques (pour les gros corps de rayon supérieur au mm et de masse supérieure à 20 mg) ou par des moyens radio-électriques (pour les plus petits corps, ceux-ci étant les plus nombreux) (Mac Kinley, 1966).

Dans ce dernier cas, on utilise un radar météorique dont le principe est le suivant : (SPIZZICHINO, REVAK, 1966).

Une onde de fréquence convenable pour se propager sans absorption ni réflexion dans l'atmosphère et pour être réfléchiée par les traînées, est émise dans une direction donnée. L'onde réfléchiée est détectée si, d'une part, la puissance émise est suffisante, et si d'autre part l'orientation de la traînée est compatible avec la situation relative des stations d'émission et de réception (**Fig. I-1**).

Le signal reçu (écho météorique) est caractérisé par une montée rapide qui correspond à la formation de la traînée ionisée et une descente plus lente (fig. I-2) qui correspond à la diffusion de l'ionisation dans l'atmosphère ambiante.

La durée de l'écho est courte, de l'ordre de quelques dixièmes de seconde.

La localisation dans l'espace du point de réflexion spéculaire de l'onde sur la traînée est effectuée à partir de la mesure de la distance de ce point à la station d'observation, et de sa direction, obtenue par un système de goniométrie (REVAH, Annales de Géophysique, 1969).

Dès sa formation la traînée est entraînée, et éventuellement déformée par le vent à l'altitude considérée, ce qui induit une variation de fréquence par effet Dûppler entre l'onde émise et l'onde réfléchie.

La mesure de cette variation de fréquence, qui se traduit expérimentalement par une mesure de différence de phase, entre l'onde émise et l'onde reçue, fournit la composante radiale de la vitesse du vent au point considéré.

Le traitement du signal reçu permet de détecter les échos qui ont un rapport signal sur bruit suffisant (de l'ordre de 10 dB) et de convertir, à l'aide d'un programme sur ordinateur, les observations brutes qui sont essentiellement des déphasages en données plus directement utilisables, à savoir pour chaque écho :

- la localisation horizontale et l'altitude du point de réflexion.
- la composante **zonale** ou méridionale, en ce point, du vent supposé horizontal.

De plus la mesure du temps de décroissance de l'écho fournit une deuxième détermination de l'altitude. En effet, pour les traînées dites sous-denses (densité linéique inférieure à 10^{14} électrons par mètre) la puissance réfléchie **décroit** suivant une loi exponentielle du temps de la forme

$$P = P_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

La constante de temps τ est fonction de la longueur d'onde λ utilisée et du coefficient de diffusion **ambipolaire** D de l'ionisation dans l'air, soit

$$\tau = \frac{\lambda^2}{32 \pi^2 D \sin^2 \gamma}$$

γ est le demi angle de diffusion (fig. I-1)...

Le coefficient D est une fonction empirique de l'altitude H par l'**intermédiaire** d'un modèle de densité atmosphérique isotherme, (l'atmosphère est en équilibre hydrostatique), soit :

$$\log_{10} D = 0,067 H - 5,6$$

(GREENHOW et NEUFELD, 1955)

(H est en km et D en m^2/S)

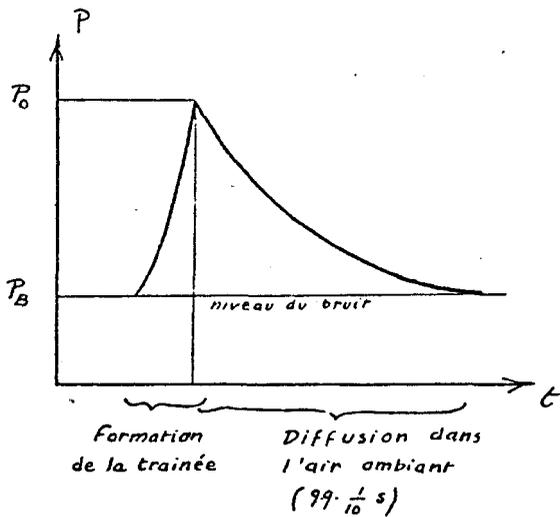


Fig. I-2

Forme du signal reçu

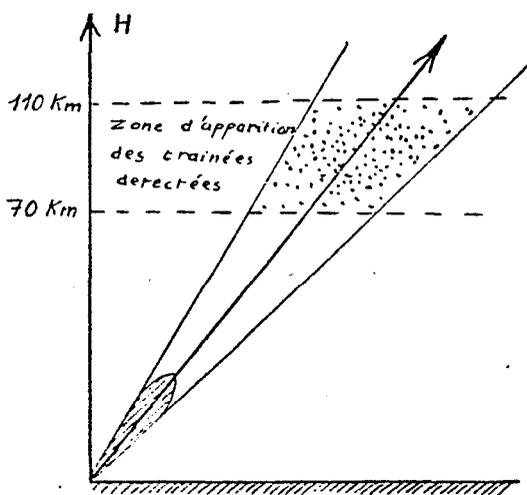


Fig. I-4

Localisation des échos météoriques

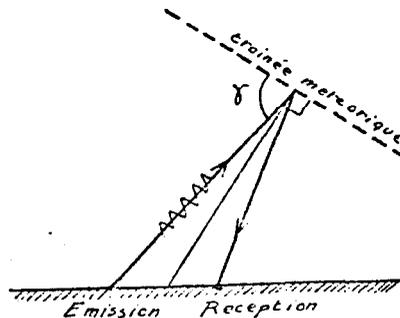


Fig. I-1

Orientation d'une trainée détectée

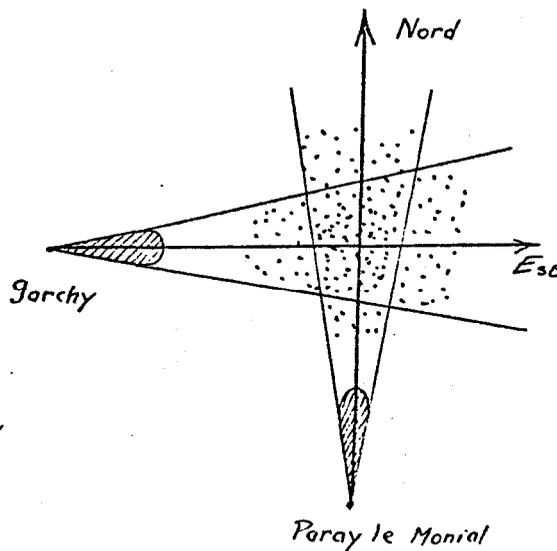


Fig. I-3

Axes de tir des radars du C. N. E. T.

La mesure expérimentale de la constante de temps, quand elle est possible, c'est-à-dire pour des échos **sous-denses** dont la décroissance n'est pas trop perturbée, permet donc une deuxième détermination de l'altitude H.

Cette deuxième **détermination** (notée HD dans la suite) est, a priori, moins précise puisqu'elle s'appuie sur un modèle d'atmosphère isotherme. La première détermination de H, obtenue par goniométrie, est entachée d'une erreur **d'origine** connue, de faible valeur (inférieure au km), et constitue la valeur de référence (REVAH, 1966).

Plus loin, on constatera que les écarts HD-H sont petits dans la majorité des cas ; ainsi cette valeur HD peut-elle servir à détecter une erreur systématique sur la mesure de l'altitude par goniométrie.

I - 2 - LES RADARS METEORIOUES DU C. N. E. T.

Le C.N.E.T. **dispose** d'un système de 2 radars météoriques, explorant la même région de l'espace, mais dont les directions des axes de visée sont perpendiculaires, afin de mesurer les composantes **zonales** et méridionales du vent au-dessus de la **région dijonnaise**.

Le radar de GARCHY, en **service** depuis 1965, tire vers **l'Est** avec un angle de site de 45° .

Celui de PARAY LE **MONIAL**, mis en service seulement en 1971, tire vers le Nord, à un site de 45° également.

Leurs coordonnées sont respectivement :

(46, 26 N, 4, 07 E) pour GARCHY et
(45, 36 N, 4, 97 E) pour PARAY.

La distance entre l'émetteur et le récepteur est faible (de l'ordre de 30 km en 1966, et de 2 km en 1970), devant la distance moyenne à la traînée (de l'ordre de 130 km) ; en conséquence les stations d'émission et de réception peuvent être considérées comme confondues en une station unique (fig. I-3 et 4).

La puissance **émise** en ondes entretenues, pour chaque radar, est de l'ordre de 4 kW et on peut détecter des puissances réfléchies jusqu'à 10^{-16} W (- 130 dBm), ce qui correspond au niveau du bruit naturel.

On ne considère lors du dépouillement que les échos ayant un rapport signal sur bruit supérieur à 10 dB, ce qui correspond, en présence uniquement de bruit naturel, à des niveaux supérieurs à - 120 dBm.

Cela permet d'avoir une précision pour un rapport Signal sur bruit de 20 dB, de $0,7^\circ$ sur les angles, de 503 m sur la distance et de 0,7 m/s sur la vitesse Doppler.

I - 3 - DONNEES EXPERIMENTALES TIREES DES ECHOS METEORIQUES

Dans le cas du radar de GARCHY on dispose des nombreuses campagnes d'enregistrement effectuées depuis sa mise en service.

Chaque campagne, d'une durée de trois à dix jours d'enregistrement continu (soit de l'ordre de 75 à 250 heures, exceptionnellement **devantage**) fournit suivant la saison 100 à 500 échos par jour, dont 50 à 80 % environ avec une mesure de HD.

Dans le cas du radar de PARAY-le-MONUL, on dispose seulement d'une campagne de 3 jours (72 h) dont on vient d'achever le dépouillement, une autre étant actuellement en cours de **dépouillement**.

Celle-ci a fourni environ 500 échos, dont 400 avec une mesure de HD. Ces dernières **sont** essentielles car l'étalonnage relatif à la localisation dans l'espace n'étant pas encore effectué à l'époque, on ne dispose pour cette campagne que de l'altitude HD.

I - 4 - TRAITEMENT ET UTILISATION DES DONNEES

4 - 1 Utilisation générale pour l'étude de la dynamique de l'atmosphère

Les informations contenues dans les échos météoriques ont été **jusqu'ici** principalement utilisées pour l'étude des mouvements de l'atmosphère dans la gamme des altitudes explorées par le radar (80 - 110 km), par SPIZZICHINO (**II**), REVAH (**II**), GLASS (**II**), FELLOUS (**II**) et MASSEBEUF (**II**) (Thèses et publications du groupe radar météorique du CNET, 1965 à 1973).

Dans cette zone d'altitude, le vent est supposé horizontal, et la mesure de la vitesse radiale permet de déterminer une composante horizontale $v_i(x, y, H, t)$ selon une direction proche de **l'Est** (radar de GARCHY) et du Nord (PARAY LE MONIAL).



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS : CENTRE DOCUMENTAIRE -
ELECTRICITE ATMOSPHERIQUE - RADAR -
CAMERA

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 15 / 0482 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

ARRETÉ DE :

: F. LOUANGE

: A. ESTERLE

NOM :

VISA : *F.L.*

VISA :

VISA :

LIEU : PARIS

DATE : 29.04.82

OBJET DE LA VISITE : Discussion sur la détection

LABORATOIRE VISITÉ : S.G.D.N.

N° C.N.R.S. :

ADRESSE :

51, Boulevard Latour-Maubourg
75007 PARIS

TÉL. : (1) 555.92.30

PERSONNES RENCONTRÉES - CONTACTÉES : I.C.A. DARZENS

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION :

Monsieur Darzens occupe depuis 5 mois le poste de chef du BAST. A ce titre, un rendez-vous avait été pris avec lui, à la fois pour mieux connaître le fonctionnement de ce bureau, et pour discuter des voies d'investigation possibles en matière de détection de phénomènes aérospatiaux rares.

Les différents points abordés, ainsi que les personnes qui se sont jointes à la conversation dans l'après-midi, sont présentés de façon regroupée dans les paragraphes qui suivent.

I. Le B.A.S.T.

Le S.G.D.N. (secrétariat Général de la Défense Nationale) est un organisme interministériel, dépendant du Premier Ministre, dont la vocation est la protection civile.

Le Bureau des Affaires Scientifiques et Techniques effectue une "veille technique" dans tous les domaines pouvant être concernés par la défense. Une grande partie de son travail consiste donc à entretenir des relations avec des laboratoires universitaires, industriels et étatiques, et à recenser les travaux scientifiques effectués dans les domaines d'intérêt. Le BAST édite un bulletin mensuel (veille scientifique) et des notes particulières sur des sujets ponctuels. Il effectue également des travaux à la demande des ministères.

Le BAS? comporte actuellement 7 sections :

- ST1 : Physique générale (optique, électronique)
- ST2 : Chimie, Matériaux
- ST3 : Science du globe (marine), Science de l'ingénieur (robotique)
- ST4 : Biologie
- ST5 : Informatique, Télématique

- ST50 : Télécoamunications, Détection électronique (radars)
- ST6 : Physique lourde (fusion et énergie dirigée)

La section ST6, en la personne de Madame Bagnère, collabore déjà avec le GEPAN dans le domaine de la MHD.

II. Foudre en boule.

Une étude sur la foudre en boule avait été menée au BAST, et une note préparée sous forme manuscrite (par P. Chovalon ou M. Cazor ?), mais pas éditée. M. Darzens n'étant pas au courant propose d'en envoyer une photocopie au GEPAN dans la mesure où ce manuscrit est lisible.

Dans le cadre des études menées par l'ONERA sur la foudre, M. Taillé est présenté comme une personne à consulter car très renseignée sur la foudre en boule (déjà rencontrée par M. Zappoli).

Monsieur Delcroix, directeur de Sup'Elec et directeur d'un laboratoire de physique des plasmas, a également travaillé sur la foudre en Soule. A contacter éventuellement.

III. Détection nucléaire.

Il semble qu'un réseau de détection nucléaire, fondé sur des moyens optiques, existe au moins à l'état de projet. L'ETCA travaille sur ce sujet, ainsi peut-être que le LDG, une des difficultés consistant à différencier un orage d'une explosion nucléaire. La discrimination des éclairs lumineux se fait sur la variation d'intensité. Le L3G aurait abordé l'aspect sismique, tandis que l'ETCA aurait étudié la détection sous les angles électromagnétique et optique.

Ces informations vagues restent à vérifier et à préciser.

IV. Détection radar et optique.

Le sujet des réseaux de surveillance aérienne par radars étant abordé, M. Darzens a fait venir M. Wachtel (poste 34 044), spécialiste de cette question. Les radars militaires présentent l'avantage sur les civils de signaler systématiquement toutes les anomalies décelées. Les radars météorologiques détectent le "coeur d'eau" et les orages, mais ne donnent lieu à aucun enregistrement de données.

Dans le domaine optique, des caméras sont utilisées pour observer des satellites, en particulier au GRGS (Groupe de Recherche en Géodésie Spatiale). Aux U.S.A., le GBDSS effectue une surveillance de l'espace : en se fondant sur des cibles radar, ce système permet de suivre en particulier les satellites russes (la chute de COSMOS 954 a ainsi pu être suivie).

Les travaux concernant le météotron (production de pluie artificielle par chauffage) s'appuient sur une caméra 2 π stér. pour observer les mouvements des nuages. Voir M. Dessens (Clermont-Ferrand).

V. Possibilités de contacts.

Comme l'a fait remarquer le Colonel Guyaux, également présent, le BAST est en contact permanent avec tous les ministères, et offre donc des possibilités intéressantes pour les prises de contact avec de nouveaux services étatiques ou organismes.

oooooooooooooooooooo



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS :

AVIATION CIVILE

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 18/ 0582 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

APPEL $\bar{\sigma}$ DE :

NOM : F. LOUANGE

NOM :

NOM :

VISA : *F.L.*

VISA :

VISA :

LIEU : PARIS

DATE : 06.05.82

OBJET DE LA VISITE : ~~XXXXXXXXXX~~ Prise de contact

LABORATOIRE VISITE : Aviation Civile
3, avenue de Friedland
ADRESSE : 75003 PARIS

N° C.N.R.S. :

TÉL. : (1) 563.19.00

PERSONNES RENCONTRÉES - CONTACTÉES : M. DURIEUX

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION :

Monsieur Durieux se trouve aux Etats-Majors de la navigation aérienne, donc, comme il le reconnaît, assez loin du "terrain". Il me rappelle les accords en vigueur avec le GEPAN, selon lesquels toute information concernant la détection par un pilote ou un contrôleur du trafic aérien d'un phénomène non-identifié est transmise automatiquement.

Les activités de l'aviation civile se décomposent en deux groupes :

- SCTA (Service du Contrôle du Trafic Aérien) : ensemble des personnels opérationnels
- STNA (Service Technique de la Navigation Aérienne) : développement des matériels et des équipements (au sol).

Il est logique de contacter en premier le STNA, afin de recenser les moyens techniques dont ils disposent, avant d'aborder éventuellement plus tard les procédures opérationnelles associées. M. Durieux fournit 2 points de contact au STNA :

- M. Janton, ingénieur en chef
- M. Colaïtis, de l'équipe radar
246 rue Lecourbe
75015 PARIS tél.: 828 40 20

M. Durieux s'est intéressé à la foudre au sein du STNA, en raison de ses effets destructifs sur les équipements au sol (balises, stations d'émission/réception), qui se révélaient très coûteux. Aujourd'hui, il ne se fait plus rien dans ce domaine.

Par ailleurs, la construction des aéronefs n'étant pas de la responsabilité de l'aviation civile, le foudroiement de ceux-ci n'est pas étudié. A cet égard, M. Durieux signale qu'il faudrait contacter :

- l'ONERA
- le STTE, qui est un jeu l'homologue militaire du STNA.



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS : ELECTRICITE ATYOSPHERIQUE

NUAGE - CAPTEUR

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 20 / 0582 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

APPELÉ DE :

NOM : A. ESTERLE

NOM : A. PICHEL

NOM :

VISA :

VISA :

VISA :

LIEU : UPS/TOULOUSE

DATE : 06.05.82

OBJET DE LA VISITE : Prise de contact - Etude des possibilités de collaboration

LABORATOIRE VISITÉ : Labo. de Physique de l'Atmosphère

N° C.N.R.S. :

ADRESSE : 118, route de Narbonne
31400 TOULOUSE

TÉL. : (61) 53.11.20

PERSONNES RENCONTRÉES - CONTACTÉES : ~~CONTACTÉES~~ M. PICCA poste 545

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION :

Après présentation du **GEPAN** au Professeur PICCA (chargé de cours à l'**UPS** et Directeur du labo de Physique de l'**Atmosphère** au sein de l'Université), sont évoqués les thèmes de recherches susceptibles d'entraîner une collaboration entre le labo et le **GEPAN** dans le cadre d'une orientation à l'échelle régionale.

Le Professeur PICCA souligne la spécificité de son labo en matière de physique des nuages et électricité atmosphérique. (Une campagne de mesure sur les nuages a été effectuée.) Il précise également que la foudre en boule ne peut pas être expliquée en physique actuellement. Des mesures du champ électrique atmosphérique (initialisation des éclairs) sont faites en collaboration avec l'**ONERA (Boulay)**. M. CHAUZY a participé à une campagne en Afrique dans le cadre d'une thèse qu'il prépare à ce sujet. (Modélisation des nuages convectifs) : Programme COPT en Côte d'Ivoire, cf. visite 100182.

En ce qui concerne l'étude des plasmas, M. PICCA conseille de voir M. Benoît CATIN, plus spécialisé, et qui mène des études fondamentales sur le sujet.

DETECTION ENVIRONNEMENT AEROSPATIAL

Le Pr. PICCA signale que les appareils qui détectent la foudre sont actuellement peu nombreux en France et que **leur** installation à une grande échelle au plan national serait trop coûteuse. Par contre, il se montre intéressé par un appareil qui comptabiliserait les coups de foudre. Le **GEPAN** lui explique que l'étude et le développement de tels systèmes de détection de phénomènes rares pourraient être envisagés d'ici un an ou deux (en collaboration avec les labos intéressés et sous proposition **commune**).

A noter que ce type d'appareil fonctionne **déjà** à l'étranger notamment aux USA.

En ce qui concerne le rayonnement atmosphérique (optique, apparence) M. PICCA nous indique le nom de son collègue qui s'occupe plus spécialement de ce domaine : M. **SAPORTE**.

Une collaboration avec le **GEPAN** intéresserait le Pr. PICCA, notamment dans le cadre d'un correspondant du **GEPAN** dans le laboratoire associé qui est en train de se monter et qui comporterait :

- le labo de Physique de l'Atmosphère du Pr. PICCA,
- Le labo de Physique des Aérosols du Pr. **FONTAN**,
- Le Centre de Recherches Atmosphériques Henri **DESSENS** (MM. SAUVAGEOT - DESSENS).

ACTION

1. Le GEPAN se mettra en contact avec le Centre de Recherches **Atmosphériques**.
CAMPISTROUS par Lannemezan
TÉL. : (62) 98.04.24
2. Le GEPAN va préparer des propositions concrètes en liaison avec la Direction du CNES et les labos rencontrés.
3. Le GEPAN se propose de' recontacter M. PICCA et pourra être amené à lui demander conseil ou une appréciation dans le cadre d'une éventuelle enquête nécessitant la spécialisation du labo. (Grêle).



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS : RADAR - METEORE

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 23/ 0582 /

~~VISITE EFFECTUÉE PAR~~ :

APPEL \bar{O} DE :

NOM : F. LOUANGE

NOM :

NOM :

VISA : *F.L.*

VISA :

VISA :

LIEU : PARIS

DATE : 06.05.82

OBJET ~~DE LA VISITE~~ : Prise de contact et questions complémentaires sur
le radar météorique (Cf. CRV N° 14/0482)

LABORATOIRE VISITÉ : CRPE

N° C.N.R.S. : 00-4010

ADRESSE : 38/40 Av. Gal. Leclerc
92131 ISSY-LES-MOULINEAUX

TÉL. : (1) 638.50.18

PERSONNES RENCONTRÉES - CONTACTÉES : M. DELCOURT

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION :

Monsieur DELCOURT, dont le nom avait été cité à plusieurs reprises lors de la visite au CRPE du 29/04/82, appartient au groupe "Ondes dans les Plasmas Naturels" d'Issy-les-Moulineaux. Il mène cependant des travaux très en marge de ceux des autres chercheurs de son groupe. S'intéressant à l'astronomie des aéroïdes, il est spécialiste des radars "bistatiques" (communication entre 2 points distincts en utilisant la réflexion sur les traînées ionisées créées par les rentrées de météores dans la haute atmosphère). Au cours de l'entretien, il a précisé les points suivants :

I. Radars météoriques.

Les radars aéroïdes (mono ou bistatiques) ne peuvent détecter les météorites elles-mêmes que si elles ont une taille importante. En effet, le radar travaillant sur une certaine dynamique de puissance, il faut considérer les sections efficaces respectives des traînées ionisées et des corps : un météore "courant" a un diamètre de l'ordre du millimètre, et crée une traînée de plusieurs dizaines de kilomètres de long (composée essentiellement des molécules du corps) !

LES radars météoriques tels que ceux qu'avait le CRPE pour l'étude des vents à très haute altitude comportent des critères de rejet d'échos très sévères. En effet, le but n'étant pas d'obtenir de nombreux échos, et l'appareillage comportant certaines lacunes, les efforts tendent à sélectionner les échos les plus "propres".

II. Communications par radars bistatiques.

Il y a une trentaine d'années s'étaient développés des systèmes militaires de communication par réflexion d'ondes sur des traînées de météores. Les messages étaient transmis par courtes impulsions, correspondant à la détection de traînées.

Après avoir été totalement abandonnée, il semble que cette technique ait récemment soulevé à nouveau l'intérêt des militaires.

Dans le domaine de l'astronomie des météores, ce type de radars est également utilisé, et M. Delcourt, par exemple, a travaillé avec une liaison établie entre la Hollande et le sud de la France. Plusieurs pays ont également mené ce type de travaux (URSS, USA, UK, Australie), mais M. Delcourt qui a gardé tous les contacts pense que seuls les Russes les poursuivent encore aujourd'hui.

Il sentionne une énorme installation américaine destinée à calculer les trajectoires de météores, à l'aide de 2 stations respectivement implantées à Cambridge (près de Boston) et à Havana (Ohio); selon lui, aucun résultat intéressant n'a pu être obtenu, et les expérimentations ont cessé.

D'une façon générale, il semble que ce type de radar soit en voie de disparition. Par ailleurs, certains satellites sont équipés de compteurs d'impacts de météores.

Il faut noter que dans les radars bistatiques, les critères de rejet d'échos sont beaucoup moins sévères que ceux des radars météoriques monostatiques; ils sont donc plus aptes à détecter d'éventuels phénomènes imprévus.

III. Météores et météorites.

Dans une certaine mesure, on peut considérer les météores comme une notion continue (chute permanente), et les météorites comme une notion aléatoire (période non prédictible). Dans le premier cas, on a affaire à des poussières d'origine cométaire, tandis que les météorites ont une origine plus souvent stéroïdale.

D'après M. Delcourt, le projet américain PRAIRIE (Middle West) est toujours opérationnel, mais n'a permis jusqu'à présent de récupérer, par trajectographie, qu'environ 3 météorites. A vérifier.

Monsieur Delcourt semble intéressé par l'idée d'une détection systématique des phénomènes aérospatiaux rares, et il précise qu'il ne souhaite pas particulièrement restreindre son champ de recherche aux seuls météores.

Il est convenu qu'un deuxième contact sera pris avec lui, lorsque le dossier "météorite" aura progressé au cours de l'enquête.

oooooooooooooooooooo



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS : AEROSOL - NUAGE

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 24 / 0582 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

APPEL Ø DE :

: F. LOUANGE

NOM :

NOM :

VISA :

F.L.

VISA :

VISA :

LIEU : PARIS

DATE : 06.05.82

OBJET DE LA VISITE : Prise de contact

LABORATOIRE VISITE : P.I.R.E.N.

N° C.N.R.S. :

ADRESSE :

282, Bd. Saint-Germain
75007 PARIS

TÉL. : (1) 550.28.32

PERSONNES RENCONTRÉES - CONTACTÉES : M. SOMMERIA

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION :

Indépendamment des 7 secteurs scientifiques dont relèvent ses différents laboratoires, le C.N.R.S. mène plusieurs programmes interdisciplinaires. Parmi ceux-ci, le PIREN (Programme Interdisciplinaire de Recherche sur l'Environnement), dirigé par Monsieur M. AUBRY, paraissait intéressant à contacter au titre de l'enquête sur la détection.

Une première conversation téléphonique avec une personne au PIREN a permis de savoir qu'il s'agissait d'une dizaine de groupes "ad hoc" concernés par l'étude de différents mécanismes de l'environnement humain. Chaque groupe est constitué de 10 à 15 personnes, et distribue des crédits à des laboratoires. Parmi les thèmes d'étude des groupes du PIREN (la santé, l'eau, les déchets, ...), un seul pouvait éventuellement avoir un rapport avec la détection des phénomènes aérospatiaux rares : l'environnement atmosphérique régional.

Un second contact téléphonique a donc été pris avec le responsable du groupe "Environnement atmosphérique régional" : M. Gilles SOMMERIA.

Il en est ressorti qu'en fait les principaux mécanismes de l'environnement étudiés étaient :

- le brouillard et le gel
- les émanations d'oxyde d'azote
- les cycles de certains constituants chimiques (par exemple l'ozone).

Ces études ne mettant en jeu aucun équipement de détection particulier, M. Sommeria a plutôt suggéré de contacter le CRPE et l'ONERA.

Il n'y a donc pas lieu de poursuivre les contacts avec le PIREN.

oooooooooooooooooooooooooooo



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS : RADAR - OPTIQUE -

SATELLITE - CAPTEUR

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 27 / 0582 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

~~APPENDICE~~ :

NOM : A. ESTERLE

NOM :

NOM :

VISA :

VISA :

VISA :

LIEU : TOULOUSE

DATE : 10.05.82

OBJET DE LA VISITE : Enquête détection : projet de collaboration

LABORATOIRE VISITÉ : CNES (CST)

DTI/MS

N° C.N.R.S. :

ADRESSE :

TÉL. :

PERSONNES RENCONTRÉES - ~~CONTACTÉES~~ : M. CARROU

DOCUMENT N° CT/GEPAN - 0077

DU : 28 MAI 1982

DIFFUSION : F. LOUANGE

J'expose à CARROU le travail entrepris par le GEPAN de recensement des systèmes de détection présents et futurs. Il commence par m'exprimer son intérêt pour le traitement de données qui seraient obtenues sur les chutes de météorites. Une telle détection optique conduirait à des mesures en azimut et sites et, s'il y a plusieurs stations, leur traitement s'appuierait sur les mêmes logiciels que les calculs de trajectoire de satellite (GIN). Le seul problème de principe serait d'obtenir les données numérisées, c'est-à-dire une détection magnétique par CCD.

Pour ce qui est des détections de satellites, les systèmes en vigueur en France sont: de deux types :

- Radar (primaire) 5 GHz par écho de peau. Il s'agit de radar militaire et d'un radar à Kourou. La portée est de 500 à 600 km.
- Bande S (secondaire avec répondeur) 2 GHz à Prétoria, Toulouse (AUSSAGUEL) et Kourou. Il s'agit du réseau CNES en cours d'élaboration qui devrait fonctionner jusqu'en 1990 (voir Revue de Projet RESEAU 2 GHz)

Ces deux systèmes ont en commun des lobes étroits (1 à 2°) et n'ont de sens que si l'on connaît la trajectoire cherchée avec une assez bonne précision.

En France, au GRCS du CERGA de GRASSE ont été développées des études de détection optique de satellites. Barlier était dans le coup ; prendre contact avec lui.

Aux USA, les systèmes radar portent jusqu'à 3 à 4000 km. Actuellement, se développe un projet de détection optique fondé sur 3 télescopes étroits corrélés avec des plus importants qui permettront de détecter entre 3000 km et l'orbite géostationnaire (voir Article dans le N° 829 d'Air et Cosmos du 11.10.80).

A l'avenir, le CNES prévoit 2 stations en orbite géostationnaire assurant une visibilité de plus de 95 % de tous les satellites. Les USA prévoient un réseau de trois stations en géostationnaire avec détection permanente de tous les satellites (projet TDRSS : Tracking Data Relay System Satellites).

Tous ces projets sont avec répondeur sur les satellites.



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS : ACOUSTIQUE - RADAR -

IONOSPHERE - ELECTRICITE ATMOSPHE-
RIQUE

COMPTE-RENDU DE VISITE N° : 28 / 0582 /

~~VISITE EFFECTUÉE PAR :~~

APPEL $\bar{\sigma}$ DE :

NOM : F. LOUANGE

NOM :

NOM :

VISA : *F.L.*

VISA :

VISA :

LIEU : PARIS

DATE : 07.05.82

OBJET ~~REXNA XXXIS KIX~~ : Prise de contact

LABORATOIRE ~~VISITE~~ : CEPHAG
E.N.S. d'Electronique et de
Génie Physique

N° C.N.R.S. : 07-0093

ADRESSE :

BP 46

38042 SAINT-MARTIN-D'HERES

TÉL. : (76) 44.82.45

PERSONNES ~~RENCONTRÉES~~ - CONTACTÉES : M. LACOUME

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION :

Le Centre d'Etudes des Phénomènes Aléatoires et Géophysiques de Grenoble, installé dans les locaux de l'ENSI d'Electrotechnique et de Génie Physique sur le campus universitaire, est dirigé par le professeur J.L. LACOUME. Ses activités concernent le traitement du signal, en particulier dans deux grands domaines d'application :

- l'acoustique sous-marine (en relation avec la Marine Nationale),
- la géophysique externe (environnement de la terre).

En ce qui concerne la géophysique, un groupe du CEPHAG travaille avec la sonde ionosphérique 54 en Suède, et deux autres activités sont intéressantes à prendre en compte pour le problème de la détection :

- Les sondeurs incohérents du CNET : il s'agit de radars à grande distance (>100 Km) qui émettent de très fortes impulsions aux environs de 1GHz (fréquence qui traverse l'atmosphère). La très faible partie de l'énergie émise qui est rétrodiffusée fournit des informations sur les couches ionisées. De ce fait, les objets "étrangers" (avions, ...) sont très gênants, même lorsqu'ils se trouvent dans les lobes secondaires du diagramme de rayonnement. L'objectif de cette activité n'est en aucun cas d'étudier ce qui se passe dans les basses couches de l'atmosphère.

L'équipe du CNET, installée au C.R.P.E., est dirigée par M. PAUER, tandis que le CEPHAG est représenté par Y. G. LEJEUNE et deux autres chercheurs.

- L'étude des ondes électromagnétiques à très basse fréquence (1 Hz et au-dessous). Des campagnes de mesures sont effectuées, pour observer les bruits de la magnétosphère : les déformations du champ magnétique ont des signatures particulières.

D'après M. Lacoume, les phénomènes qui nous intéressent, et en particulier dans le domaine de l'électricité atmosphérique,

ne sont pas détectables dans ces gammes de très basses fréquences. En revanche, la gamme du KiloHertz est très favorable à la détection des orages, pour la raison suivante :

Dans une gamme qui s'étend de quelques KHz à 20-30 KHz, la terre et la basse ionosphère se comportent comme deux conducteurs, et forment une sorte de guide d'ondes sphérique. Toute émission d'un point quelconque du globe dans cette gamme est donc reçue partout. Un éclair d'orage forme une bonne antenne, et M. Lacoume a fait dans le passé de la goniométrie pour localiser un foyer orageux distant de 2000 à 3000 Km. La marine utilise cette gamme pour la communication et le positionnement.

M. Lacouae conseille de se mettre en rapport avec les personnes suivantes :

- M. DELLOUE, au laboratoire de physique de l'exosphère de l'université de Saris VI,
- Mlle CORCUFF, au LPHA (Laboratoire de Physique de la Haute Atmosphère) de l'université de Poitiers.

oooooooooooooooooooo



Groupe' d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :
DETECTION

MINERALOGIE

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 29 / 0582 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

ARRETE' PAR :

NOM : F. LOUANGE

NOM :

NOM :

VISA : *F.L.*

VISA :

VISA :

LIEU : ORSAY

DATE : 11.05.82

OBJET DE LA VISITE : compléments sur les météorites et leur étude,
première approche de la définition du besoin en
détection systématique

LABORATOIRE VISITÉ : Groupe Pluridisciplinaire
d'analyse ionique

N° C.N.R.S. :

ADRESSE : Laboratoire de physique des
solides

Université de Paris-Sud

TÉL. : 91405 ORSAY
(6) 941.53.62

PERSONNES RENCONTRÉES - CONTACTÉES : M. LORIN

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

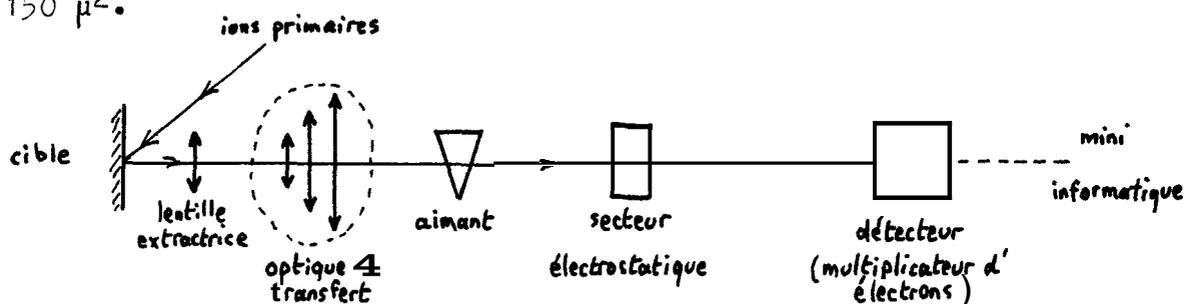
DU :

DIFFUSION :

Au cours d'une journée passée à Orsay, Monsieur LORIN s'est montré très intéressé par la perspective de mise en place d'un système de détection, et a expliqué un grand nombre de points qui sont regroupés et exposés dans les lignes qui suivent.

I. Analyse ionique.

M. Lorin a montré et décrit l'analyseur ionique dont il dispose pour effectuer ses mesures isotopiques. Il s'agit d'un modèle IWS 3F commercialisé par CAMECA et amélioré localement. Le fonctionnement de cet appareil, illustré par le schéma ci-dessous, est fondé sur le bombardement de l'échantillon à analyser par un flux d'ions primaires; des ions secondaires sont focalisés et détectés en même temps qu'une image complète de la surface de l'échantillon. Celui-ci doit se présenter sous la forme d'une surface polie d'environ $150 \times 150 \mu^2$.



Les ions primaires ont une énergie cinétique totale de l'ordre de 5 à 10 KeV.

L'optique de transfert se comporte comme un zoom réglable qui permet d'isoler dans la cible un détail de 2μ .

L'aimant se comporte comme un filtre en rigidité magnétique.

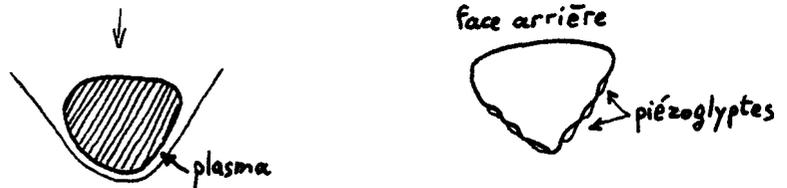
Le secteur électrostatique se comporte comme un filtre en énergie, et permet d'atteindre une excellente résolution en masse, de l'ordre de 1/5000 en relatif.

L'installation du laboratoire de M. Lorin comporte un pilotage en champ électrique, et est la seule à réaliser le contrôle du champ électrique à la surface de l'échantillon.

II. Météorites.

En examinant le dossier (texte et photos) sur la chute présumée d'une météorite près de Madrid en Juillet 1979, M. Lorin a apporté un certain nombre de précisions sur les aspects habituels de ces objets.

En général, une météorite est froide, et peut même être recouverte de givre. En effet, la température d'équilibre d'une pierre à une unité astronomique ($=150 \times 10^6$ Km = distance terre-soleil) est de l'ordre de 0°C . Dans le cas d'un fer, plus rare, elle est d'environ 100°C . La traversée de l'atmosphère est très rapide, et il se forme un cône de plasma à l'avant tandis que l'arrière reste froid. Si la surface externe à l'avant s'échauffe, cela est trop bref pour gagner le coeur de la météorite, ce qui a pu être vérifié en analysant la thermoluminescence des objets et en constatant qu'elle était restée nominale dans le coeur.



Par ailleurs, on constate parfois que l'avant de la météorite a été ablaté : les piézoglyptes que l'on y voit, qui ont l'apparence de traces de doigts, sont des marques de fusion. C'est par exemple le cas de la météorite de Washington County, et de celle de St Séverin, trouvée en 1966 dans les Charentes : l'avant avait été fortement ablaté (objet passé de 400 Kg dans l'espace à 270 Kg au sol), mais l'arrière n'avait pratiquement pas été altéré et portait encore le message de l'interaction du rayonnement cosmique solaire. En 1969, on a trouvé à Pueblito de Allende (Mexique) les restes d'un objet qui était passé de 4 tonnes à 2 tonnes au sol, mais dont une partie était restée quasiment intacte.

Le cas de Madrid, où des traces de fusion du sol ont été trouvées, pourrait correspondre soit à une météorite ferreuse, soit à l'explosion de l'objet au contact d'une pierre (le rapport $1/4$ entre la profondeur du cône et son diamètre est caractéristique d'une explosion).

D'une façon générale, les matériaux d'origine extraterrestre authentique sont rares. Le nombre des objets entrant dans l'atmosphère varie en $1/M^n$ où M est la masse de l'objet et n un exposant dont la valeur est de l'ordre de 1.5 à 2. Des études sur ce point se sont appuyées sur l'observation des microcratères de la surface lunaire.

Les scientifiques s'intéressent à la poussière interplanétaire, dont une grande partie est d'origine cométaire et porte des effets très marqués du rayonnement cosmique sur les isotopes rares. Ils étudient aussi les objets plus volumineux que sont les météorites, dont les orbites sont souvent proches de celles des astéroïdes (sans que l'on puisse réellement démontrer qu'elles en proviennent). On distingue plusieurs populations distinctes de météorites, une grande partie d'entre elles étant de type carboné (comme l'astéroïde Cérès, de 1000 Km de diamètre),

III. Points de contact.

A la liste de laboratoires français fournie dans sa lettre au Mars 82 (en annexe), M. Lorin ajoute le suivant :

Laboratoire René Bernas
Centre de spectrométrie de masse
Université d'Orsay (Bât. 108)
91406 ORSAY

qui est essentiellement axé sur les problèmes nucléaires, mais s'intéresse aussi à des questions d'astrophysique. En particulier, M. Michel MAURETTE, ancien élève de l'américain Walter, étudie l'interaction solide/particules de basse énergie (de l'ordre du KeV).

Monsieur J.P. BIBRING fait de la spectroscopie dans l'infrarouge, et est concerné par le projet "COMET" qu'appuie le CNES, et qui permettra de collecter des poussières dans les essaims de météores à partir de la station soviétique SALIOUT. Il existe aussi des projets pour utiliser des avions; (les ballons

semblent poser des problèmes techniques).

L'adresse en Allemagne présentée dans le compte-rendu N° 110182 est erronée, et il faut lire :

Prof. T. KIRSTEN

Max Plank Institut für Kernphysik

Postfach 103980

69 Heidelberg (R.F.A.)

Le directeur de cet institut, que connaît M. Lorin et qui est le chef de T. Kirsten, est le Professeur LECHTIG. Il est très engagé dans le domaine spatial, et entre autres dans le projet GIOTTO. Spécialiste de la poussière, il dispose d'un LAMA (spectromètre de masse à laser).

M. Lorin cite également les noms des scientifiques suivants :

- M. CZEZLECHA (Tchécoslovaquie), qui a étudié la météorite de Pribram (1959),
- M. Mc CROSKY (USA), qui a localisé (Prairie) et étudié la météorite de Lost City (1970) et celle de Innisfree (1979),
- M. REVELLE (Canada;), qui étudie les interactions des météorites sur l'atmosphère, et sait établir une relation entre le phénomène lumineux (météore) et la nature de la météorite.
- M. WETHERILL (USA), que connaît M. Lorin, dont les études portent sur les trajectoires et les heures d'arrivée des météores et météorites. M. George Wetherill est à la Carnegie Institution (Washington D.C.), et semble bénéficier de contacts personnels avec les militaires. Il a donc très probablement des renseignements sur les systèmes optiques perfectionnés dont ceux-ci disposent.

Quelques grands projets concernant l'étude des météores et météorites ont également été évoqués par M. Lorin :

- Collecte de poussières interplanétaires (dans les averse), à l'aide d'avions U2 volant à 20000m (altitude correspondant à la limite entre deux régimes de chute). Ce projet est issu de l'université de Saint Louis, où

le Professeur R. WALTER et Mr. BROWNLEE disposent d'un personnel nombreux et aobile. Une campagne de vols avait déjà eu lieu, mais les restrictions de crédit de la NASA rend la reprise de cette activité très onéreuse assez incertaine.

- Le projet PRAIRE a permis de faire des études très positives sur les météores. Par exemple, des paradoxes comme celui de la masse lumineuse des météores (rapport masse/lumière émise) ont pu être expliqués. L'aspect de trajectographie des chutes de météorites n'est qu'une partie de ce projet.
- Le projet ASTEREX, qui va être représenté à l'ESA, consiste à envoyer une sonde au-delà de Mars, pour étudier 2 ou 3 astéroïdes. L'étude de la caméra et de l'imagerie est menée par M. CRUVELLIER.

IV. Détection.

Une première discussion a eu lieu sur la formulation des besoins en matière de détection. M. Lorin s'est engagé à fournir des valeurs numériques pour les paramètres dimensionnants suivants (valeurs souhaitées, sans aucune contrainte) :

- Fourchette d'altitudes observées,
- Angle solide d'observation,
- Seuil d'intensité lumineuse vue du sol, en fonction de la longueur d'onde,
- Taille angulaire du phénomène observé, en fonction de la longueur d'onde,
- Vitesse angulaire maximale (distribution),
- Durée du phénomène,
- Fréquence d'occurrence du phénomène (distribution),
- Précision requise sur la détermination du point d'impact au sol.

Quelques questions complémentaires devront également être examinées par M. Lorin :

- y a-t-il un besoin de données de type spectrophotométrique ?
- peut-on utiliser des données radar sur les traînées ionisées (cf. CRPE), de type albedo en fonction de la longueur d'onde ?
- est-il souhaitable de recueillir des données de type sismologique ? (aux USA, on a pu détecter la chute d'une météorite de 1g à l'aide d'un microbarographe).
- saurait-on traiter des données relatives aux sons émis par la majorité des météorites qui tombent au sol ?

M. Lorin semble a priori très motivé par l'idée d'un dispositif "intelligent", fondé sur un traitement en temps réel d'images de type vidéo.

En ce qui concerne les types de phénomènes lumineux susceptibles d'être détectés, il cite les nuages "noctilucents", que certains astronomes étudient dans les hautes couches de l'atmosphère.

Dans un tout autre ordre d'idées, à propos d'analyse de corps volatiles du type "cheveux d'anges"¹, M. Lorin dit qu'une analyse ionique n'est pas impossible (en quelques heures), mais que des résultats seraient obtenus plus facilement et plus rapidement en mode comptage (dans une enceinte), à l'aide d'un LAMA. Pour ce type de problème, à part l'Allemagne, il conseille de consulter le Professeur MEYER, chimiste de Metz.

oooooooooooooooooooo

UNIVERSITE DE PARIS-SUC
CENTRE D'ORSAY
LABORATOIRE DE PHYSIQUE DES SOLIDES
ASSOCIE AU C.N.R.S. (L.A. N° 2)
BATIMENT 510 91405 ORSAY

TELEPHONE : 941 53 52

TELEX FACORS 692166 F

GEPAN

Monsieur A. ESTERLE
Groupe d'Etude des Phénomènes Aérospatiaux
Non-identifiés

Centre National d'Etudes Spatiales
18, avenue Edouard Belin
31055-Toulouse Cedex

Cher Monsieur,

Je communique aujourd'hui par le même courrier à Mlle Keller les références de quelques ouvrages et périodiques dans lesquels paraissent les travaux effectués sur les météorites, et d'une manière plus général: sur les Échantillons extra-terrestres. J'en profite pour vous communiquer la liste des laboratoires ou formations de recherche qui, à ma connaissance, sont activement engagées, en France, dans des études analytiques de matière extra-terrestre.

+ Laboratoire de Minéralogie-Cristallographie

Université Pierre et Marie Curie

4, place Jussieu 75230-Paris Cedex 5

Mme M. Christophe Michel-Lévy

Pétrographie et minéralogie des météorites

+ Laboratoire de Minéralogie

Muséum National d'Histoire Naturelle

61, rue de Buffon

75005-Paris

M. P. Pellas

Effets d'irradiation et histoire thermique des météorites

+ Groupe Pluridisciplinaire d'Analyse Ionique

Laboratoire de Physique des Solides

Université de Paris-Sud

M. J.C. Lorin

Effets isotopiques dans les météorites

+ Centre d'Etudes Nucléaires de Bordeaux-Gradignan

Université de Bordeaux-Gradignan

Le Haut-Vigneau

33170-Gradignan

M. G. Simonoff et S. Régnier

Effets d'irradiation et mesure d'âges d'exposition au rayonnement cosmique par spectrométrie de gaz rares

+ Centre des Faibles Radioactivités

Laboratoire mixte CNRS-CEA

B.P. n°2

91-Gif-sur-Yvette

M. Y. Yokohama et J.L. Reyss

Comptage à bas niveau de radioactivités à vie courte

M. G. Valadas

Mesure de thermoluminescence induite par irradiation

+ Institut de Physique du Globe
5, rue Descartes
67084-Strasbourg Cedex
M. H.M. Westphal
Mesure de propriétés magnétiques et de paléointensité

+ Laboratoire de Géochimie-Cosmochimie
Université Paris VII
4, place Jussieu
75230-Paris Cedex 5
M. C. Allègre
Datations U-Pb, Pb-Pb, Rb-Sr

Je reste à votre disposition pour vous fournir un tableau des groupes actuellement engagés dans ce domaine d'étude en Europe avec des techniques complémentaires. J'espère que vous avez pu trouver les appuis nécessaires pour monter ce réseau de surveillance photographique du ciel dont il a été question lors de la réunion du 21 janvier dernier. Les données fournies par un tel réseau de détection intéressent plusieurs disciplines, aussi je souhaite vivement que vous réussissiez à faire aboutir ce projet.

Je vous prie de croire, cher Monsieur, à l'assurance de ma cordiale considération.



J.C. LORIN



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :
DETECTION

MOTS-CLÉS :
CAMERA

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 30 / 0582 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

APPELÉ DE :

NOM : F. LOUANGE

NOM :

NOM :

VISA : FL

VISA :

VISA :

LIEU : PARIS

DATE : 11.05.82

OBJET DE LA VISITE : Prise de contact avec le service d'aéronomie

LABORATOIRE VISITÉ : C.N.R.S.
Service d'Aéronomie

N° C.N.R.S. : 00-3501

ADRESSE : Fort de Verrières - BP 3
91370 VERRIERES-LE-BUISSON
(rencontre effectuée à PARIS)

TÉL. : (6) 920.10.60

PERSONNES RENCONTRÉES - CONTACTÉES : M. AIMEDIEU

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION :

Au cours d'un entretien de deux heures à Paris, M. AIMEDIEU a pris connaissance de l'enquête entreprise par le GEPAN, passé en revue les activités du Service d'Aéronomie (il est membre du conseil du laboratoire) et les équipements susceptibles de présenter un intérêt pour la détection de phénomènes aérospatiaux rares, et commenté l'annuaire du CNRS dans la même optique.

L'impression globale est qu'il n'y a pas de lien évident entre les activités de Verrières-le-Buisson et le sujet de l'enquête. Les paragraphes suivants reproduisent les informations fournies les plus significatives.

I. Activités du Service d'Aéronomie.

Dans le domaine de la climatologie, le Service n'est doté d'aucun équipement particulier.

*

L'étude de la stratosphère (10 à 45 Km d'altitude) met en jeu des photomètres embarqués dans des nacelles pointées vers le soleil, et dont les temps de réponse sont assez lents. En collaboration avec l'Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique (Y. ACKERMAN), des nacelles remplies d'appareils photo sont lâchées dans le but de mesurer la transparence de l'atmosphère.

L'équipe chargée des ballons est maître d'oeuvre de la "Montgolfière Infra Rouge" (MIR), qui est un véhicule capable de rester plusieurs mois en altitude (en descendant la nuit, et en remontant le jour porté par l'échauffement), et dont la première campagne d'utilisation est prévue en 1983.

En matière de LIDAR (laser qui éclaire l'atmosphère, couplé à un télescope qui mesure le spectre de la lumière rétrodiffusée), M. Aimédieu pense que l'établissement du R.E.M. à Magny-les-Hameaux est mieux équipé, disposant d'engins mobiles (voir MM. LOITIERE et RENAUT).

La luminescence du ciel est étudiée à l'observatoire de haute Provence à l'aide de photomètres.

Ces mesures de luminescence du ciel dans l'infrarouge permettent de suivre l'émission nocturne du radical OH, qui s'accumule dans les zones de pression de la mésosphère ("ondes de OH"). Elles mettent en jeu des appareils photographiques munis d'objectifs et d'amplificateurs de brillance, dont le coût est faible. A ce propos, M. Aïmedieu précise que M. HERSE, responsable de ces mesures, est l'un des spécialistes les plus compétents de France (avec M. COUTCHMI à Meudon) en photographie astronomique dans l'infrarouge. M. Hersé est impliqué dans une expérience prévue pour Spacelab.

Il existe un projet PIRAMIG, auquel participe M. Hersé sous la direction de Madame LEVASSEUR-REGOUR, qui consiste en un photomètre embarqué sur le vol SALIOUT franco-soviétique.

Monsieur Pierre CONNES, du Service d'Aéronomie, est le plus grand spécialiste mondial de la spectrométrie par transformation de Fourier (voir l'interféromètre de Michelson modifié par P. Connes). Il porte un intérêt tout particulier à la recherche de civilisations extraterrestres.

II. Revue des laboratoires du CNRS.

M. Aïmedieu, qui connaît de nombreuses personnes dans les différents laboratoires du CNRS, a feuilleté et commenté l'annuaire du CNRS. En particulier, il a relevé les noms suivants :

- M. LABEYRIE, du Centre des Faibles Radioactivités (où l'on étudie entre autres l'émission de radon par la terre) est présenté comme une personne très ouverte à la discussion.
- M. DELLOUE, professeur à Paris 6 et responsable d'une station atmosphérique près de Manosque, se serait intéressé, avec M. GARNIER, aux événements de Valensole.
- Mme LENOBLE, responsable du laboratoire d'optique atmosphérique de Villeneuve d'Ascq, disposa de moyens de détection radiométriques qui peuvent présenter un intérêt.



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS : METEOROLOGIE - CAPTEUR -

TELEDETECTION - NUAGE - RADAR

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 31 / 0582 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

~~APPELÉ~~ DE :

NOM : F. LOUANGE

NOM : A. ESTERLE

NOM :

VISA : *F.L.*

VISA :

VISA :

LIEU : PARIS

DATE : 18.05.82

OBJET DE LA VISITE : Nouvelle organisation de l'ERM

LABORATOIRE VISITÉ : Service Central de la
Météorologie Nationale
ADRESSE : 2, Avenue Rapp
75016 PARIS

N° C.N.R.S. :

TÉL. : (1) 555.95.02

PERSONNES RENCONTRÉES - CONTACTÉES : M. ANDRE

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION :

Monsieur André travaille à l' E.R.M. (Etablissement d'études et Recherches de la Météorologie), et doit prendre la direction du nouvel établissement de Toulouse des Septembre prochain.

Après s'être fait présenter les activités présentes et futures du GEPAN, M. André a expliqué en quoi consistait la réorganisation de l'E.R.M., et fait un inventaire des activités des différents établissements.

I. Réorganisation de l' E.R.M.

L'établissement d'études et recherches de la météorologie nationale emploie environ 300 personnes réparties dans divers centres : Brest, Lannion, Paris, Grenoble, Biscarrosse, ..., et prochainement Toulouse. Les thèmes de recherche et les orientations sont discutés au niveau central, soit de l'E.R.M. soit de la Météorologie Nationale, selon l'importance du sujet.

Le but principal de la réorganisation en cours est de pallier l'actuel foisonnement des études, en associant le plus étroitement possible :

- les développements instrumentaux,
- les études expérimentales,
- les études théoriques de modélisation.

La futur établissement de Toulouse emploiera environ 100 personnes, dont une grande partie viendra de Magny-les-Hameaux. En effet, une fraction des activités de Magny sera transférée avec les personnels concernés à Toulouse.

Dans le cadre de cette réorganisation, il est prévu de créer à Toulouse un bureau chargé de faire l'interface entre les recherches propres de l'E.R.M. et l'environnement régional, et éventuellement national dans une étape ultérieure. La personne chargée de cette mise en place est M. BESSEMOULIN.

II. Activités de l'établissement de Toulouse.

Les activités prévues pour Toulouse se classent dans 3 domaines.

II.1. Etude des écoulements :

Il s'agit de réaliser, sur une échelle réduite (1 à 2 Km d'épaisseur et quelques Km ou centaines de Km de distance horizontale) une étude expérimentale et une modélisation numérique des écoulements météorologiques. On analyse ainsi de manière très fine l'influence d'un relief local (exemple : le mistral), pendant des périodes bien précises.

L'utilisation de sondeurs acoustiques SODAR se fait en coopération (mise en commun de moyens) avec le CRPE et le laboratoire de météorologie physique de Clermont-Ferrand. A l'aide d'un SODAR triple, on établit des profils de vent, tandis que des stations aobiles de radiosondage mesurent la pression, la température, l'humidité, ... Aucun LIDAR n'est encore disponible.

Un réseau PATAC de stations météorologiques automatiques au sol est en cours de développement dans le sud-ouest (objectif : 84 ou 85). Il s'agit d'améliorer la prévision locale en resserrant le maillage : ces stations seront régulièrement espacées de 10 Km, et fourniront de façon automatisée les mesures traditionnelles (température, pression, ...). Ce projet dépend du service météorologique métropolitain, et il est dirigé par M. VAN GRUNDER BEEK du centre météorologique régional de Bordeaux.

II.2. Etudes climatiques :

Les problèmes abordés ici sont assez semblables à ceux de la météorologie dynamique, mais au niveau planétaire, et donc à une très grande échelle (en espace et en temps : variations saisonnières). Il s'y rattache l'étude des transferts de rayonnement par la stratosphère. Des mesures in situ permettent le suivi des molécules de type JO , N_xO_y , O_3 , ...

Des expérimentations faites en coopération avec l'ONERA (voir à

Paris M. GIRARD) permettent d'étudier les variations de la photochimie en fonction de la latitude. Pour cela, un avion vole d'un pôle à l'autre à une altitude de 10 à 12 Km.

II.3. Développements instrumentaux :

Ce secteur d'activité a pour objectif de promouvoir de meilleurs instruments, aussi bien pour les réseaux de stations que pour les études de prévision. On y trouve en particulier :

- des capteurs du rayonnement
- des stations automatiques
- des bouées équipées (océans)
- des systèmes interactifs (manipulation d'images satellitaires ou de modèles numériques)

M. André indique que les images de METEOSAT ne sont pas très utilisées, mais qu'il existe un système de traitement d'images interactif à Boulogne dont le responsable sst M. CAYLA (téléphone : 604 91 51).

III. Activités des autres centres.

Le centre de Brest est spécialisé en météorologie maritime, celui de Grenoble dans l'étude de la neige. A Paris rst élaborée la prochaine version de modèle météorologique (en coopération avec le GARP).

En ce qui concerne Magny-les-Hameaux, il reste, après réorganisation, 3 domaines d'activité. Certains autres domaines sont transférés à Toulouse, tandis que d'autres sont progressivement abandonnés (exemple : ballons "Dinosaure"). Les 3 domaines sont :

- Téledétection : principalement par RADAR et LIDAR.
Il est projeté d'implanter un réseau RADAR couvrant toute la France, et permettant de réaliser des animations (comme avec les images satellitaires).
Il existe un projet de développement de LIDARS plus sou-

ples d'emploi que l'appareil actuel (voir M. RENAULT).
On utilise aussi de petits avions télécommandés.

- Physicochimie : cette nouvelle activité vise à étudier les pluies acides, et d'une façon générale le transport de la pollution à longue distance.
Des instruments de mesures microphysiques ou physico-chimiques sont embarqués à bord d'avions, et l'on espère pouvoir réaliser une modélisation numérique de ces phénomènes (à grande échelle).
- Microphysique nuageuse : il s'agit d'étudier les interactions de la condensation avec les écoulements dynamiques. Ceci se fait à l'aide de "chambres à nuages" où sont reconstitués des nuages et suivies les gouttes d'eau qui se forment.
A côté de Magny se trouve le centre d'aviation météorologique, qui dispose de 2 avions (un monomoteur et un bimoteur) grâce auxquels sont prélevées des mesures de température et d'humidité. L'un des deux est également équipé d'un radar Doppler qui permet de mesurer la vitesse des vents.

IV. Ecole de météorologie.

En même temps que le nouvel établissement de l'E.R.M. à Toulouse se crée dans cette même ville une Ecole de la météorologie (à Toulouse Mirail). La première rentrée aura lieu en Octobre, et quelques centaines d'élèves y seront accueillis, tandis qu'une vingtaine de personnes y travailleront de façon permanente.

L'école formera des techniciens, des ingénieurs des travaux (recrutés sur concours en Maths Spéc., avec 3 ans d'études) et des ingénieurs de la météorologie (diplômés de certaines écoles d'ingénieurs, avec 2 ans d'études).

Les élèves-ingénieurs feront tous des travaux de fin d'études, d'une durée comprise entre 6 mois et un an, et l'école est ouverte à toute proposition de stage, pourvu que le sujet proposé ait un rapport avec la météorologie.

La personne à contacter à ce sujet est le directeur adjoint,
plus spécialement chargé de la scolarité : M. DE MOOR.

En ce qui concerne une éventuelle participation de l' E.R.M.
de Toulouse à une structure régionale créée autour du GEPAN,
Y. ANDRE pense que rien ne s'y oppose, dans la mesure où l'on
pourrait intégrer certains thèmes de recherche abordés dans le
programme propre de la Météorologie Nationale.

oooooooooooooooooooooooooooo



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS :

ASTRONOMIE - CAPTEUR - OPTIQUE

COMPTE-RENDU DE VISITE N° : 32 / 0582 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

APPELÉ DE :

NOM : A. ESTERLE

NOM : JJ. VELASCO

NOM : B. ZAPPOLI

VISA :

VISA :

VISA :

LIEU : Observatoire du Pic du Midi

DATE : 25.05.82

OBJET DE LA VISITE : Prise de contact

LABORATOIRE VISITÉ : OPMT (Observatoire du Pic
du Midi de Toulouse.)

N° C.N.R.S. :

14-0009
04-0285

ADRESSE : Université de TOULOUSE III
9, rue du Pont de la Moulette
65200 BAGNERES DE EIGORRE

TÉL. : A Bagnères : (62) 95.19.69 - Au Pic : (62) 34.30.30

PERSONNES RENCONTRÉES - ~~CONTACTÉES~~ : Jean-Paul ZAHM

DOCUMENT N° CT/GEPAN - 0078

DU : 28 MAI 1982

DIFFUSION : F. LOUANGE

Partis à 7 H 15 de Ramonville, nous sommes à 10 H à La Mongie et prenons le téléphérique à 11 H (le deuxième tronçon ne peut transporter que 8 passagers et servait ce matin-la au **ravitaillement**).

Accueillis à 11 H 30 par M. ZAHN, nous allons à la "bibliothèque" (apparemment seule salle de réunion de cette espèce de navire). Zahn écoute l'exposé général sur le **GEPAN** et ses orientations. Il se montre curieux et intéressé. Il semble approuver les choix et les méthodes. En retour, il nous explique les activités de l'Observatoire et ses spécialités :

- * observation de la couronne solaire (deux télescopes à occultation discale) ;
- * photographies à hautes-résolutions (télescope de 1 m et surtout nouveau **télescope** de 2 m depuis 1980).

Restent une observation nocturne des **poussières** atmosphériques par le triplet du manganèse dans la diffusion du rayonnement solaire, une station météorologique classique (température, pression, etc.) avec un opérateur.

Rien là-bas ne permet l'observation grand champ (les télescopes ont une ouverture de 1 minute) et la détection de phénomènes rares. Cependant, M. Zahn cite l'instrumentation que M. HURLEY (CESR TOULOUSE) compte implanter à l'Observatoire de Haute Provence pour détection des sursauts **gamma** et leur composante optique éventuelle. (Il s'agirait d'une caméra vidéo grand champ, à vérifier à Toulouse, Cf. CR N° 3610582).

M. Zahn a lu le rapport **Condon**, il connaît les grands courants du problème, il est prêt à collaborer dans la mesure du possible. Concrètement cela signifie : .

- * Aucun problème pour implanter à l'Observatoire un éventuel instrument de **dé-**tection du ciel nocturne, **conçu** pour observer les phénomènes **aérospatiaux** rares.
- * On se reverra à Toulouse à la fin de l'été, sur le complexe scientifique ; Zahn souhaite un exposé sur le **GEPAN** devant l'ensemble des membres de l'Observatoire.
- * L'Observatoire pourrait faire partie d'un Groupement de laboratoires institué sur la région sur le thème de l'étude des phénomènes rares ; projet à discuter.
- * En cas d'observation nocturne dans la région, il sera toujours possible de demander si quelqu'un de l'Observatoire n'aurait pas remarqué quelque chose à l'heure correspondante.



Centre National des Etudes Spatiales
Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS :

ASTRONOMIE - CAMERA - OPTIQUE -
SATELLITE

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 33 / 0582 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :
~~XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX~~

APPEL Ø DE :

NOM : F. LOUANGE

NOM :

NOM :

VISA : *F.L.*

VIS* :

VISA :

LIEU : GRASSE

DATE : 24.05.82

OBJET DE LA VISITE : ~~XXXXXXXXXXXX~~ Prise de contact

LABORATOIRE : ~~XXXXXX~~

C.E.R.G.A.

N° C.N.R.S. : 04-0252

ADRESSE :

Avenue Copernic

06130 GRASSE

TÉL. : (93) 36.58.49

PERSONNES RENCONTRÉES - CONTACTÉES : M. BARLIER

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION :

Le Centre d'Etudes et de Recherches Géodynamiques et Astronomiques est constitué d'un centre administratif et scientifique situé à Grasse, et d'un observatoire implanté sur le plateau de Calern, à 1250 mètres d'altitude (environ 20 Km de Grasse). Au cours d'un entretien téléphonique, Monsieur BARLIER a fait une brève présentation des équipements d'observation utilisés au CERGA, qu'il a complétée en envoyant le jour-même une documentation écrite complète sur les activités de ce centre.

I. Télescope de Schmidt.

L'INAG a installé au CERGA l'un des plus gros télescopes de Schmidt du monde. Il est utilisé en permanence, et pour des tâches très diverses, parmi lesquelles on peut noter la recherche d'astéroïdes et l'étude des comètes. Des matériels et des méthodes photographiques très perfectionnées sont mis au point "derrière" le télescope.

Le champ de ce télescope est d'environ $5^{\circ} \times 5^{\circ}$, et on trouvera en annexe le détail de ses caractéristiques.

II. Interféromètres.

Le CERGA met au point des systèmes interférométriques aussi bien optiques qu'infrarouges. Ces techniques, qui visent à améliorer le pouvoir de résolution angulaire, sont spécifiquement destinées à l'observation des corps célestes lointains, et ne présentent aucun intérêt immédiat pour la détection de phénomènes imprévisibles.

III. Télémétrie Laser (satellites).

Dans le cadre des activités du G.R.G.S. (Groupe de Recherches de Géodésie Spatiale), qui regroupe le CNES, l'IGN, le Bureau des Longitudes et l'Observatoire de Paris/CERGA, ce dernier dispose de trois types d'instruaents :

- un récepteur Doppler,
- un laser de télémétrie, visant des satellites porteurs de réflecteurs,
- un laser de télémétrie visant les réflecteurs déposés par la NASA sur le sol lunaire.

Là encore, **il** s'agit d'équipements spécifiques qui ne peuvent on aucun cas fonctionner comme détecteurs.

Monsieur BARLIER a également mentionné l'existence de caméras destinées à suivre des satellites artificiels, avec un champ angulaire ce l'ordre de 1 à 2°.

Si **cela** devait se révéler utile par la suite, une visite des installations du CERGA serait tout-+-fait envisageable.

oooooooooooooooooooooooooooo

3

PHOTOGRAPHIE ET ASTRONOMIE

LE TÉLESCOPE DE SCHMIDT

Depuis environ un siècle, les astronomes utilisent la photographie. Contrairement à l'œil, l'émulsion photographique peut intégrer, c'est-à-dire accumuler l'énergie reçue. L'observateur peut alors laisser l'image se construire lentement en faisant des poses qui peuvent durer plusieurs heures.

Pendant les premières décennies de son utilisation, la plaque photo a permis de nombreuses découvertes qui ont modifié profondément la conception de l'Univers : découvertes massives d'astéroïdes, ces petites planètes qui, comme la Terre, tournent autour du Soleil, découvertes de galaxies, ces énormes familles d'étoiles qui peuplent l'Univers.

Toutefois, les imperfections de l'émulsion photographique limitaient son application à des études relativement grossières.

A partir des années 1930, un nouveau type de télescope, inventé par Bernhardt Schmidt permettait d'augmenter considérablement la puissance de la photographie en multipliant par cent environ la quantité d'information accessible lors d'une prise de vue ; en d'autres termes, là où il fallait cent clichés pour établir par exemple la cartographie d'une région du ciel, un seul était désormais nécessaire !

Cette facilité d'acquisition permet la recherche et la détection d'objets particuliers ainsi que l'étude simultanée de vastes étendues du ciel... cependant, la quantité de données recueillies est telle qu'on commence seulement, en 1981, à savoir comment l'exploiter totalement.

L'Institut National d'Astronomie et de Géophysique a installé au C.E.R.G.A. un des plus gros télescopes de Schmidt du monde ; l'équipe qui en a la charge fournit des clichés aux astronomes français ou étrangers qui en font la demande, participe à l'exploitation scientifique de certains des programmes et mène des recherches dans le domaine de l'extraction de l'information contenue sur les clichés ;

◀ Amas des Pléiades dans la constellation du Taureau photographié au télescope de Schmidt du C.E.R.G.A. le 8 septembre 1978 **avec** une pose de 30 minutes. Il s'agit d'un amas jeune **d'environ** 100 millions **d'années** situé à 300 années lumière. Les **nébulosités** qui entourent les étoiles proviennent de la **réflexion** de la lumière sur des nuages de poussières situés en amère. Les images à structure triangulaire sont prouquées par des reflets à l'intérieur du télescope.

elle a aussi pour rôle d'améliorer les performances des émulsions et de l'**instru-**ment.

Les domaines d'utilisation du télescope de **Schmidt** sont presque aussi vastes que l'astronomie ; nous nous contenterons de survoler les programmes **actuellement** engagés sur le télescope qui vont de l'**étude** du **système** solaire à celle des amas de galaxies !

- Système Solaire :
 - Recherche d'astéroïdes,
 - Détermination précise des orbites d'astéroïdes,
 - Etude des comètes,
 - Recherche et étude des satellites lointains des grosses planètes.
 - Préparation des occultations par les grosses planètes ou leurs satellites.
- **Astronomie** Galactique :
 - Étude des régions de formation d'étoiles.
 - **Étude** des restes de Super Novae,
 - Étude des amas et des étoiles jeunes,
 - Etude de la dynamique de la Galaxie.
 - Détermination des distances,
 - Recherche d'objets "anormaux" (trop rouges ou trop bleus).
- **Astronomie** Extragalactique :
 - Étude des galaxies proches,
 - Etude des amas de galaxies,
 - Recherche de Quasars,
 - Etude de galaxies "actives".

L'UTILISATION DUN CLICHÉ

Le mode d'utilisation le plus important des clichés pris **avec** le télescope de Schmidt est la comparaison soit de deux clichés pris à des époques différentes, soit de deux clichés obtenus dans des domaines spectraux distincts (couleurs différentes).

Bien qu'on parle de couleur, les clichés destinés à l'exploitation scientifique sont en "noir et blanc" ; simplement, ils sont pris à travers un filtre qui isole une région du spectre de la lumière. Quelques clichés sont cependant directement obtenus

"en couleur" mais leur utilisation scientifique est plus délicate : ils sont essentiellement destinés à l'enseignement, l'**illustration** ou la décoration !

La comparaison de clichés pris à des époques différentes nous renseigne sur les variations des objets célestes tant du point de vue de leur position (détermination des mouvements propres ou de la parallaxe des étoiles, détermination des trajectoires des corps du système solaire) que du point de vue de leur éclat (détermination de la variabilité des étoiles).

La comparaison de clichés pris dans des couleurs différentes permet de déterminer la nature des objets observés et de les classer en vue de **leur** étude statistique ; elle permet aussi de déterminer la répartition des étoiles dans les galaxies et celle de la matière dans les nébulosités.

Ces études statistiques sont très importantes car elles sont **le seul** moyen d'accès aux **modèles** d'évolution des étoiles. La durée de vie d'une étoile varie de quelques millions à quelques milliards d'années ; il est donc impossible d'en observer

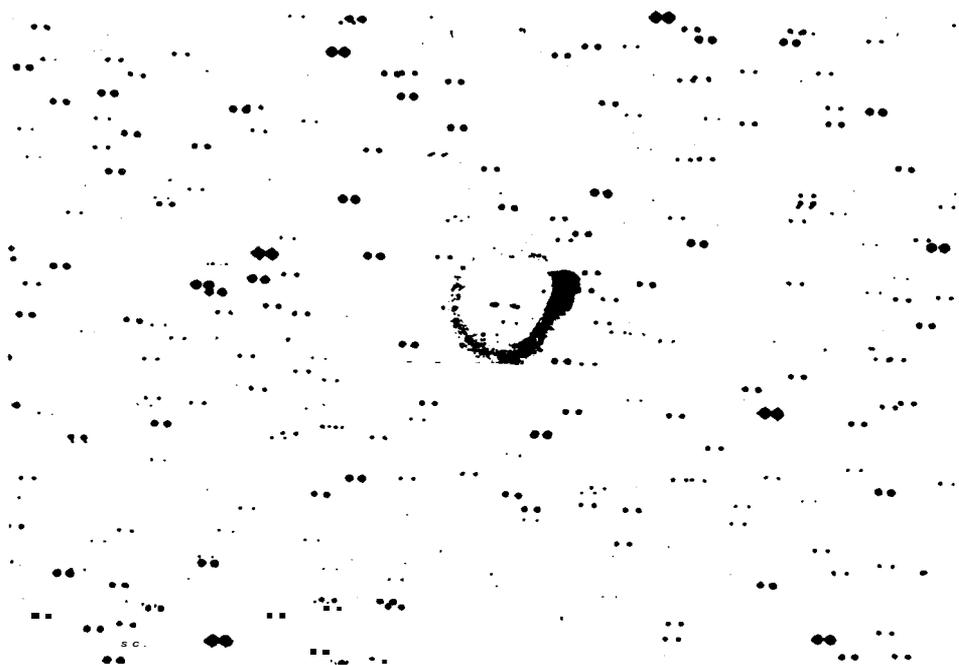


Photo K. Tomita - INAG/CERGA

CERGA, astéroïde n° 2256 découvert le 1^{er} novembre 1978 sur une plaque prise au télescope de Schmidt. Contrairement aux étoiles qui donnent une **image** circulaire sur la plaque, l'astéroïde * laisse une traînée provoquée par son **mouvement** dans le ciel au cours de la pose. Ce cliché **résulte** de deux poses successives qui dédoublent toutes les images.

* (entouré sur le cliché)

l'évolution, autrement que par des moyens **détournés**, exactement comme on pourrait déterminer un schéma **descriptif** de la vie d'un homme à partir de l'étude statistique de **clichés** de foule.

La grande dimension du champ accessible au télescope permet en outre de recueillir de l'information sur de nombreux objets qui n'intéressent pas forcément l'astronome auteur du programme d'observation. La plaque joue le rôle d'un filet de pêche qui ramasse tout sur son passage, en particulier les images des **astéroïdes** et des satellites artificiels qui passent pendant la pose entre l'instrument et le champ photographié. L'équipe du télescope de Schmidt examine systématiquement tous les clichés afin de détecter ces sous-produits de programmes dont l'étude est d'importance pour la connaissance du système **solaire**.

L'exploitation de ces clichés **se** fait de plus en plus à l'aide de moyens informatiques puissants répartis dans plusieurs centres, en particulier l'**observatoire** de Nice dont une équipe s'est spécialisée dans le dépouillement des clichés astronomiques.

HISTOIRE D'UN CLICHÉ

Les plaques photographiques utilisées viennent des États-unis. Elles sont préalablement lavées au fréon afin d'éliminer les particules d'emballage et les poussières qui se sont déposées sur l'émulsion pendant le transport.

Ensuite, les plaques sont **hypersensibilisées** : c'est-à-dire que leurs propriétés photographiques sont modifiées **afin** de les adapter au mieux aux conditions de prises de vue astronomiques : poses très longues sur des intensités lumineuses très faibles. Cette opération se fait en général en cuisant l'émulsion dans une atmosphère d'azote et d'hydrogène pendant un temps variant d'une à cinq heures.

Ainsi traitée, la plaque est utilisée dans le télescope pour une pose variant de quelques minutes à trois heures ce qui permet d'enregistrer les images de plusieurs millions d'étoiles. La puissance de l'appareil **permettrait** de photographier une bougie à 30,000 kilomètres !

Ce travail nécessite la présence continue de spécialistes pendant les périodes d'observations qui coïncident **avec** les périodes où le ciel est très noir, c'est-à-dire autour de **la** Nouvelle Lune.



Photo Leclerc

CARACTÉRISTIQUES DU TÉLESCOPE

Diamètre du miroir : 152 cm · *Diamètre de la lame* : 90 cm
Distance focale : 3 161.04 mm
Echelle de plaque : 65,25 secondes d'arc par millimètre
Dimensions des plaques: 300 x 300 mm, épaisseur 1 mm. les plaques sont courbées au centre du télescope. la flèche atteint 3,5 mm.

Dimensions du champ : 5° 16' x 5° 16'

Le **MIROIR** est en Cer-Vit, céramique vitrifiée à coefficient de dilatation quasi nul.

La **LAME** est en silice synthétique, beaucoup plus transparente à la lumière ultra-violette que le verre.

Le **télescope** est équipé de deux lunettes-guides de 30 cm de diamètre.

Les parties optiques (miroir, lame et objectifs des lunettes-guides) ont été réalisées par Jean Texereau.

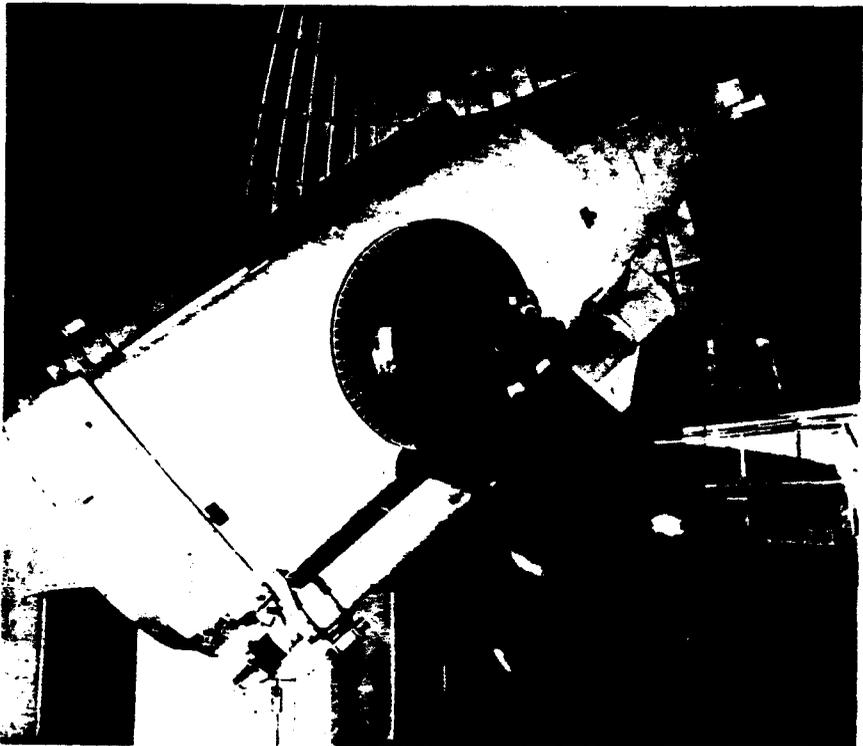


Photo Leclerc



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS :

MILITAIRE - RADAR

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 34 / 0582 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

APPELÉ DE :
~~XXXXXXXXXX~~

<u>NOM :</u> F. LOUANGE	<u>NOM :</u>	MM:
<u>VISA:</u> <i>F.L.</i>	<u>VISA :</u>	<u>VISA :</u>

LIEU : PARIS

DATE : 25.05.82

OBJET DE LA VISITE : Prise de contact

LABORATOIRE VISITÉ : Etat-Major de l'Armée de l'Air
ADRESSE : Bureau des Programmes de Matériel
24 Bd Victor (Bât. 24, 5ème étage)
75015 PARIS

N° C.N.R.S. :

TÉL. : (1) 552.22.17

PERSONNES RENCONTRÉES - CONTACTÉES : Lieutenant-colonel TINELLI

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION : (Annexe Classifiée CONFIDENTIEL DEFENSE)

Au cours de l'entretien, le Lt.Cl. TINELLI a fait une présentation des systèmes de couverture RADAR dont dispose l'armée de l'air, et organisé de futures visites sur des sites intéressants. Les possibilités éventuelles d'adapter les moyens existants aux besoins associés à la détection de phénomènes aérospatiaux rares ont été évoquées et discutées.

Le détail des informations recueillies est fourni dans l'annexe classifiée de ce compte-rendu.

oooooooooooooooooooo

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE

N° /DEF/EMAA/BPE

PARIS, le 5.05.1982



Le Colonel GUILLERMIN,
Chef du Bureau de prospective et d'études de
l'Etat-major de l'armée de l'air

à

Monsieur Alain ESTERLE,
Chef du Groupe d'étude des phénomènes aéro-
spatiaux non identifiés.
Centre Spatial de TOULOUSE.

O B J E T : Détection des phénomènes aérospatiaux rares.

Référence : Lettre n° 54/CT/GEPAN du 19 avril 1982.

En réponse à votre lettre citée en référence, j'ai l'honneur de vous donner mon accord pour que Monsieur François LOUANGE, actuellement employé à l'E.T.C.A., prenne contact avec le Lieutenant-colonel TINELLI de l'Etat-major de l'armée de l'air, Bureau des programmes de matériels. Ce dernier pourra communiquer à Monsieur LOUANGE, qui devra être titulaire d'une décision d'accès aux informations SECRET-DEFENSE, certaines caractéristiques techniques des radars de défense aérienne concernant la capacité de détection de phénomènes aérospatiaux rares.

S'agissant d'une éventuelle possibilité d'adaptation des radars à une telle détection, je tiens à vous préciser que le système de détection mis en oeuvre par l'Armée de l'air a été optimisé pour remplir au mieux la mission prioritaire de défense aérienne qui lui a été confiée. En conséquence aucune adaptation des radars militaires - ce qui entraînerait inévitablement des contraintes, notamment financières - ne peut être envisagée avec pour objectif de participer à une mission qui ne ressort pas à l'Armée de l'air.

Le Chef du Bureau de prospective
et d'études de l'EMAA,

Le Colonel GUILLERMIN

copie à :

E.M.A.A./TRANS.

E.M.A.A./BPM.



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :
DETECTION

MOTS-CLÉS : SISMIQUE - GEOMAGNETISME
METEORITE - ELECTRICITE ATMOSPHERIQUE

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 35 / 0582 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

~~APPELÉ DE :~~

NOM : F. LOUANGE

NOM :

NOM :

VISA : *F.L.*

VISA :

VISA :

LIEU : PARIS

DATE : 26.05.82

OBJET DE LA VISITE : Prise de contact

LABORATOIRE VISITÉ : Institut de Physique du Glo-
be

N° C.N.R.S. : 14-0002

ADRESSE : Université de Paris VI
4, Place Jussieu
75230 PARIS CEDEX 05

TÉL. : (1) 336.25.25 (Poste 48.80)

PERSONNES RENCONTRÉES - ~~CONTACTÉES~~ : MM. MADARIAGA - GAULON

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION :

I. Contact préliminaire avec l'I.P.G.

Vers la mi-Mai, un premier contact téléphonique **avait** été pris avec l'Institut de Physique du Globe de **Paris**. En l'absence du directeur **Monsieur** Allègre, son adjoint Monsieur POIRIXR avait bien voulu donner quelques précisions sur les activités de l'IPG, ainsi que des noms d'interlocuteurs qualifiés.

Les disciplines abordées à l'IPG sont :

- La sismologie,
- la géochimie,
- l'étude des matériaux terrestres,
- l'océanographie,
- le géomagnétisme.

En matière de sismologie, **il** est **tout-à-fait** envisageable que l'on puisse détecter la **chute d'une météorite**, **car** le seuil de détection des appareils est très faible (magnitude 1). **Les** interlocuteurs les plus qualifiés dans ce domaine sont Messieurs MADARIAGA et GAULON.

En ce qui concerne le magnétisme, des études sont faites sur les variations lentes (séculaires) et sur les variations plus rapides (temps de réponse de quelques minutes) qui correspondent par exemple aux fortes anomalies observées en cas d'**orage** magnétique. Le directeur du laboratoire de géomagnétisme est Monsieur **LE MOUËL**.

Enfin, M. POIRIER **signalait** que la foudre n'est pas **détectable** par des moyens sismologiques, mais **qu'en** revanche elle est la source de **nombreux** problèmes dans les stations de **mesure** (en particulier dans les Pyrénées).

II. Réseaux de stations sismologiques.

Il existe en France métropolitaine **3** réseaux de stations **sismo-**

logiques, et un quatrième est en cours de construction. Il y a également des réseaux implantés aux Antilles et à la Réunion.

En France, l'I.P.G. de Strasbourg contrôle leu réseaux suivants :

- Nice,
- Fossé rhénan (collaboration et échanges avec la RFA),
- Aix (en construction, dans la basse vallée de la Durance).

L'I.P.G. de Paris contrôle le réseau d'ARETTE (Pyrénées), dont Monsieur GAULON est responsable. Ce site se trouve au sud de la ville d'Oloron-Sainte-Marie (64400).

Il s'agit dans tous les cas de réseaux denses d'environ 1000 Km² (30 Km x 30 Km), où plusieurs stations de mesure sont réparties de façon à peu près régulière. Dans le cas d'Arette, 8 stations sont disposées à environ 10 Km les unes des autres, et reliées à un site central par l'intermédiaire de relais.

Chaque station dispose d'un détecteur d'événements, qui opère un filtrage analogique sur les signaux bruts. Ce n'est que lorsque plusieurs évènements sont transmis simultanément (dans le même intervalle élémentaire de temps) par différentes stations que le site central stocke l'information en archive (papier et bande magnétique). En outre, 5 des 8 stations sont équipées d'un enregistreur sur papier pour les données brutes, le choix de ces 5 stations parmi les 8 pouvant varier en fonction de l'activité sismologique et de l'état des matériels. Ces données brutes sont conservées à Paris, car on les utilise pour des travaux de localisation a posteriori (l'heure est codée sur ces enregistrements).

Si une météorite tombait sur la surface couverte par un réseau, il est probable qu'elle ne donnerait pas naissance à un "évènement" reconnu par la logique du système, mais qu'elle serait détectée par les enregistreurs sur papier, ce qui permettrait de localiser son point d'impact. D'après MY. MADARIAGA et GAULON, il ne poserait pas de problème de conserver aussi longtemps que nécessaire les enregistrements bruts sur papier, si le GEPAN le souhaitait. M. GAULON s'est engagé à chercher et à transmettre les paramètres caractérisant le seuil de sensibilité des appareils de mesure (énergie cinétique ou autre).

III. Géochimie.

Ce n'est qu'assez récemment que les spécialistes ont mis en évidence l'important dégazage de la terre : des gaz s'échappent pratiquement de partout, y compris des zones inactives, avec des flux très variables dans le temps. En dehors du gaz carbonique et du méthane, on trouve presque partout, sans savoir encore l'expliquer, du radon (gaz radioactif).

Des chercheurs utilisent ces gaz comme des marqueurs, en particulier en URSS et en Chine, mais aussi en France (à Nice, et à Clermont où un nouveau capteur différentiel de Radon est en cours de développement). Le Radon est mis en évidence dans les nappes d'eau souterraines, où l'on immerge des émulsions photographiques spéciales que l'on révèle ensuite dans des bains spéciaux.

Dans certains pays à forte activité sismique (Grèce, Turquie, Japon, Chine), il est courant d'observer des phénomènes lumineux juste avant ou pendant les séismes (il existe même des photos au Japon). Ils apparaissent comme des halos qui diffusent, ou même comme des structures en forme de "paravent" rappelant des aurores en plus petit. On suppose généralement, bien que cela n'ait pas été démontré, que ces phénomènes sont provoqués par des aérosols (suspension dans l'air de particules lourdes ionisées, qui sont normalement neutres).

On trouve de tels aérosols autour de centrales électriques, et l'on a constaté que s'ils n'avaient pas d'effet sur les humains, ils perturbaient les animaux, et en particulier les bovins (interactions avec les conduits respiratoires). Les aérosols expliqueraient ainsi le comportement bizarre de certains animaux en Chine.

IV. Géomagnétisme.

Les sismologues ont découvert assez récemment que des contraintes mécaniques exercées sur des roches avaient pur effet la création d'un champ magnétique local, bien que ce phénomène

soit encore mal expliqué, Par exemple, on a constaté à Arette des variations de l'ordre de quelques γ sur une durée de un mois. Pour cette raison, des séries de mesures sont effectuées périodiquement sur les réseaux,

Le principe de ces mesures, qui se font par campagnes d'une semaine de durée, est différentiel : une station étant choisie comme référence (représentant le champ magnétique moyen de la région), des mesures γ sont enregistrées en continu, tandis qu'on déplace un magnétomètre entre plusieurs bornes, dans le but d'y mesurer la différence du champ avec la référence. Ces mesures, dont la précision est de l'ordre du γ , sont faites en moyenne pendant 10% du temps, et permettent d'étudier les variations sur des durées de l'ordre d'une année.

Le spécialiste de ces questions est Monsieur POZZI (poste 49 32).

V, Electricité atmosphérique.

Dans le domaine des ondes sismiques, le couplage entre l'air et la terre est extrêmement faible. Les coups de foudre au sol, de même que les explosions nucléaires en atmosphère, ne sont donc pas détectables à l'aide de sismographes.

En revanche, la foudre cause de nombreux dégâts dans les stations des réseaux, par l'intermédiaire du secteur. Après des études sur ce point, les stations sont progressivement équipées de dispositifs de filtrage (TRANSORB).

oooooooooooooooooooo



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS :

ASTRONOMIE - OPTIQUE - CAMERA

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 36/ 0582 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

~~ARRELE DE~~ :

NOM : A. ESTERLE

NOM : JJ. VELASCO

NOM :

VISA :

VISA :

VISA :

LIEU : TOULOUSE

DATE : 28.05.82

OBJET DE LA VISITE : Projet de collaboration

LABORATOIRE VISITÉ : Centre d'Etude Spatiale des
Rayonnements

N° C.N.R.S. : 00-8002

ADRESSE : 9, Avenue du Colonel Roche
31400 TOULOUSE

TÉL. : (61) 53.13.13.

PERSONNES RENCONTRÉES - CONTACTÉES : M. HURLEY

DOCUMENT N° CT/GEPAN - 0079

DU : 08 JUIN 1982

DIFFUSION : F. LOUANGE

M. HURLEY étudie les sursauts gamma et cherche à les mettre en corrélation avec des éclairs optiques. Pour cela, il a mis au point des instruments d'observation optique grand champ ; à partir des sursauts gamma repérés par satellites, il se propose d'examiner les enregistrements optiques correspondants en date et direction. Deux instruments sont en cause :

- 1) Caméra telephot (O.H.P.-LA0032 Nov. 81 M. Fehrenbach, J.L. Chevassut)
Il s'agit d'une caméra video de 105° de champ pouvant détecter des sources de magnitude 6, à temps de pose réglable. Le réglage se fait à O.H.P. mais l'appareil va être implanté à l'O.P.M.T. pour l'été. Il a déjà été utilisé en Norvège pour observer les aurores boréales provoquées par Arcade 3. L'inconvénient du système est le coût des cassettes : 10 000 F/mois et la limitation du champ.
- 2) Caméra Nikon à objectif fish-eye et poses de 2 minutes. La caméra utilise des bobines de 8m de film. Le coût sera moindre, mais ce n'est qu'un projet.

Ces deux systèmes ont été développés très rapidement, en relation avec les observations actuelles par satellite des sursauts gamma.

A plus long terme, les projets instrumentaux peuvent et doivent être repensés complètement (système intelligent de détection). Actuellement HURLEY s'était adressé au CNES (pour l'achat des cassettes) qui l'a renvoyé à l'INAG. Il serait bien sûr intéressé à participer à un projet général sur la détection de phénomènes adrospatiaux rares, organisé dans la région. Dès maintenant, il peut fournir les cassettes de Norvège pour des essais de traitement et cet automne les cassettes enregistrées cet été au Pic.

Sur le plan des projets à plus long terme, HURLEY cite un réseau optique de détection de Super Novi aux USA, sur lequel il n'a pas de renseignements mais il va essayer de se renseigner. Surtout, il parie du projet de l' Air Force GEODSS (Sky and Telescope May 1982 p.469-473) pour lequel existent des propositions d'adaptation en vue de l'observation non seulement des satellites mais aussi des météores, novi, et autres phénomènes lumineux fugitifs et alléatoires. HURLEY est le correspondant français pour cette idée, et aux USA Bruce H. Margon (1 Administration Bldg, U. of W., Seattle, Washington 98 195).

Affaire à suivre.



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS : MILITAIRE - RADAR

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 40 / 0682 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

APPEL D'ORIGINE :

: F. LOUANGE

NOM :

NOM :

VISA : *F.L.*

VISA :

VISA :

LIEU : EVRY

DATE : 07.06.82

OBJET DE LA VISITE :

Compléments sur la couverture radar de l'Armée de l'Air

LABORATOIRE VISITÉ : Société ISR (Informatique de Systèmes et de Réseaux)

N° C.N.R.S. :

ADRESSE :

523 Terrasse de l'Agora
91034 EVRY CEDEX

TÉL. : (6) 077.90.75

PERSONNES RENCONTRÉES - CONTACTÉES :

MM. VARGEL, PUGET (avec le Lt. Cl. Tinelli)

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION : (Annexe Classifiée CONFIDENTIEL DEFENSE)

Cette visite, organisée par le Lt.Cl. TINELLI, avait pour but de préciser les caractéristiques du système STRIDA de couverture radar dont dispose l'armée de l'air. La société I.S.R., essentiellement issue de l'ancienne division militaire d'IBM France, a en effet réalisé la partie informatique du système actuel, et est maître d'oeuvre du nouveau système qui doit être implanté dans les années qui viennent,

Accueillis par le directeur commercial, M. VARGEL, nous nous sommes fait présenter le système en détail par un spécialiste, M. PUGET.

Les informations ainsi recueillies sont reproduites dans l'annexe classifiée de ce compte-rendu,

.....

oooooooooooooooooooo



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :
DETECTION
MOTS-CLÉS : CENTRE DOCUMENTAIRE - OPTIQUE - CAPTEUR - TURBULENCE

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 41 / 0682 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

APPELÉ DE :
XXXXXXXXXX

NOM : A. ESTERLE	NOM :	NOM :
ISA :	VISA :	VISA :

IEU : PARIS DATE : 17.06.82

OBJET DE LA VISITE : Information générale

LABORATOIRE VISITÉ : S.G.D.N. 51 Bd Latour Maubourg	N° C.N.R.S. :
DRESSE : 75007 PARIS	
TEL. : (1) 555.92.30.	
PERSONNES RENCONTRÉES - CONTACTÉES : MM. DARZENS, GUYAUX	

DOCUMENT N° CT/GEPAN - 0088 DU : 24 JUIN 1982

DIFFUSION : F. LOUANGE

Le Colonel GUYAUX me promet une photocopie d'un article de Barenblatt sur les disques stables de poussières dans l'atmosphère :

"Les Nouvelles de Moscou" n° 29 juin 1982 p. 10.

Il m'informe aussi que le document de synthèse sur les théories de "foudre en boule" est à la frappe (priorité zéro, ce sera long).

Il m'apprend aussi que Mr RODDIER, astronome à Nice (ERA 070669) faisait une thèse de 3e cycle sur les étoiles binaires. A cette occasion, en étudiant leur scintillement, il a mis au point une méthode pour calculer le vent instantané, en vitesse et direction, en quelques minutes, à n'importe quelle hauteur. Cela pourrait être précieux pour les calculs d'impact de météorites (cf. n° 37/0682).

Par ailleurs; il signale que les militaires devraient être intéressés par la foudre en tant que schéma naturel et spontané des futures armes à faisceaux d'électron (transport d'énergie en quelques millisecondes sur des kilomètres).

De même, ils devraient s'intéresser aux chutes de météores pour 3 raisons :

- transmissions : voir radar météoriques cf. visite au CRPE n° 140482 . . .
- études de modèles d'atmosphères
- études du déplacement d'un solide de petite taille dans l'atmosphère à plusieurs km/s (projet de canons électromagnétiques) : C'est le seul exemple naturel.

D'une manière générale, pour les projets de détection de phénomènes électromagnétiques rares, ils devraient être intéressés par la spécificité de cette détection, telle que je la lui ai expliquée. Il faudrait voir avec BRISSAUD, DRET, groupe 3 (Physique Générale et Environnement).

Pour les plasmas (cf. MHD) voir LOUVET Département gaz ionisés, groupe 3, et pour la MHD voir JOUIALLEC. Il faudrait inviter LOUVET et JOUIALLEC à la soutenance.

En général, pour défendre des dossiers auprès de la DRET, il ne faut pas le présenter comme recherche fondamentale (tout petit budget à la discrétion de LALEMAND, utilisé pour des grandes équipes internationales) mais s'attacher à y trouver un thème d'application. Autre bon argument : rattraper un retard sur les américains dans le domaine en question.



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS : AVIATION CIVILE -

RADAR - METEOROLOGIE - ELECTRICITE
ATMOSPHERIQUE

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 44 / 0682 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

APPELÉS :

NOM : F. LOUANGE

NOM :

NOM :

VISA : *F.L.*

VISA :

VISA :

LIEU : PARIS

DATE : 14.06.82

OBJET DE LA VISITE : Réseau de couverture RADAR du STNA .

LABORATOIRE VISITÉ : S.T.N.A.
Département Radar et
Traitement
ADRESSE : 246, rue Lecourbe
75015 PARIS

N° C.N.R.S. :

TÉL. : (1) 563.19.00 (Poste 27.45)

PERSONNES RENCONTRÉES - CONTACTÉES : M. ROCHE

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFEUSION :

I. Contact préliminaire.

Après l'entretien téléphonique objet du CR 180582 avec M. DURIEUX, de la D.N.A. (Direction de la Navigation Aérienne), un premier contact a été établi le 24 Mai avec M. JANTON, chef du département Radar et Traitements du S.T.N.A. (Service Technique de la Navigation Aérienne).

Au téléphone, M. Janton a expliqué que son département était composé de deux grandes divisions :

- la division Radar, chargée des "têtes radar",
- la division Traitement, chargée du système informatique centralisé CAURA.

Comme il semblait logique de commencer par étudier les caractéristiques des radars eux-mêmes, M. Janton a conseillé de se mettre en rapport avec M. ROCHE, qui connaît le mieux les radars de couverture de l'aviation civile et les problèmes de brouillage associés. Un rendez-vous a donc été pris pour le 14 Juin avec M. Roche.

II. Les radars de l'aviation civile.

Le contrôle aérien est de plus en plus assuré au moyen de radars. Il existe 2 modes d'exploitation, correspondant à 2 types de radars :

- contrôle des zones terminales (atterrissages et décollages), utilisant des radars "primaires" (échos passifs),
- contrôle "en route", utilisant surtout des radars "secondaire" mettant en jeu des transpondeurs embarqués qui émettent des codes avec l'identification de l'avion et son altitude.

Les centres radar sont répartis en 3 régions aéronautiques, et fonctionnent sous la responsabilité technique du STNA. Ils sont souvent mixtes (contrôle d'aérodrome et contrôle en route), et connectés entre eux, Il existe actuellement 4 C.R.N.A. (Centres Régionaux de Navigation Aérienne), auxquels s'ajoutera un cinquième à la fin de 1982 (à Reims):

- Bordeaux : un radar primaire et un radar secondaire sont installés à Bordeaux, et servent également au contrôle de l'aéroport de cette ville. Tous les deux sont en bande L et ont une portée de 200 milles nautiques (soit environ 370 Km). Ce CRNA dispose de dépôts de Mont-de-Marsan (militaire, échanges de données & travers l'EMIR et des lignes téléphoniques), et de l'aérodrome de Toulouse (équipé d'un radar primaire de 100 milles et d'un secondaire de 200 milles), ainsi que de Nantes, Brest et La Châtre par lignes téléphoniques.
- Paris : implanté à Athis-Mons, ce CBNA dispose localement de 2 radars (primaire et secondaire) de 200 milles de portée. Il bénéficie de dépôts d'Evreux et de La Châtre (200 milles primaire et secondaire), ainsi que de Zontrexeville (militaire). Une liaison existe aussi avec Brest.
- Brest : équipé de radars (primaire et secondaire) de 200 milles de portée, ce CRNA dispose d'un dépôt de Nantes (200 milles primaire et secondaire).
- Aix-en-Provence : les radars propres de ce CRNA sont installés dans le Massif de la Sainte-Baume. Un dépôt militaire du Mont-Agel et un dépôt suisse de La Dôle (surveillance en bande L, 300 milles primaire et secondaire) s'ajoutent aux radars d'aérodromes de Lyon-Satolas et Marseille-Marignane (100 milles en primaire, 200 milles en secondaire).

Le maillage de tous les centres radar et les échanges avec les militaires assurent une forte redondance, mais il faut noter que si les échanges avec les militaires comportent des

données de radars primaires, **il n'en va pas de même** pour les déports entre centres civils, qui ne concernent que les radars secondaires et les pistes synthétiques qui en sont issues. Seuls **3** centres sont exclusivement équipés de radars primaires, car ils concernent chacun un aérodrome et ne sont déportés nulle part ailleurs : Nice, Perpignan et Le Touquet.

Il faut ajouter aux centres précédemment mentionnés les installations suivantes :

- Aéroport de Paris : à Orly et à Roissy, un radar en bande L (100 milles en primaire et 200 milles en secondaire) est doublé par un radar primaire en bande S, d'environ 80 milles de portée.
- Aéroport de Bâle-Nulhouse : **il** est équipé d'un radar en bande S (primaire et secondaire).
- Pointe-&-Pitre (Guadeloupe) : radar d'aérodrome en bande L (100 milles en primaire et 200 milles en secondaire).

En ce qui concerne les développements prévus, **il** y a très peu de choses :

- Le 5^{ème} CNRA, à Reims, n'aura pas de radars propres, et fonctionnera seulement sur des déports militaires (Doullens et Contrexeville) et peut-être sur un déport belge (Saint Hubert).
- Le radar de Nice sera remplacé en 1983 par un radar 10 cm (bande S) comme ceux de Paris.
- Les installations de Paris seront reemplacées dans quelque temps par des équipements identiques (simple reemplaceant).

Il est ussentiel de noter qu'en ce qui concerne la détection éventuelle de phénomènes aérospatiaux rares, seules les données des RADARS PRIMAIRES peuvent présenter un intérêt, car les phénomènes, quelle qu'a soit leur étrangeté,

n'émettent qu'extrêmement rarement des codes standard qui précisent leur identité, altitude, etc... Or, en dehors des radars d'aérodromes, les données des radars primaires ne sont prises en compte qu'assez exceptionnellement, en cas de conflit, d'enquête, etc.. ., ce qui conduit à penser que le réseau de couverture de l'aviation civile est a priori beaucoup moins bien adapté au problème de détection systématique qui nous intéresse que son homologue militaire.

III, Radars météorologiques.

La principale différence entre la bande L (23 cm) et la bande S (10 cm) réside dans le fait que la bande L "pénètre" mieux l'atmosphère que la bande S. L'élimination des échos dus aux nuages est obtenue grâce à une Polarisation circulaire (implantée partout, sauf à Vitrolles et à Pointe-&-Pitre), et l'on sait de mieux en mieux éliminer le clutter en bande S.

Or il semble que, pour le confort des pilotes, on souhaite de plus en plus récupérer des informations sur les nuages, et cela explique les expérimentations menées actuellement à Vitrolles (centre expérimental de l'aviation civile) : au niveau de l'aérien, une sonde permet de recevoir une voie "nuages". Des corrélations sont recherchées avec les données d'un radar météorologique Rodin (bande C), en vue de développer une voie météorologique complète (avec traitement de la vitesse 0).

Le fait que ces recherches soient menées de façon assez indépendante de celles de la Météorologie Nationale est expliqué par le fait que les cadences de renouvellement exigées pour le contrôle aérien sont nettement plus élevées que celles fournies par les radars météorologiques habituels (et aussi, apparemment, par le fait que la Météorologie ne dépend plus de l'aviation civile).

Il semble que sur ce terrain la France soit très en retard. Les Allemands, par exemple, utilisent des équipements Thomson

pour exploiter les données météorologiques. Les américains, quant à eux, effectuent deux types de recherches pour leur aviation civile : les turbulences des nuages et les cisaillements de vent (sources d'accidents dans les aérodromes).

IV. Problèmes liés à la foudre.

La foudre pose de nombreux problèmes au STNA. M. Roche cite les cas suivants :

- Satolas : avant que ne soit installé l'aéroport de Lyon, Satolas était un terrain militaire surveillé par radar depuis une vingtaine d'années. Lorsque l'aéroport de Bron a été fermé, la foudre qui jusque là suivait toujours le cours du Rhône s'est mise à couper par Satolas. On ne saurait affirmer que la cause en est la masse de béton armé créée en ce lieu, mais il est un fait que la foudre tombe fréquemment sur cet aéroport, où la terre a dû être renforcée.
- Orly : le 10 Juin, vers 19 heures, les deux radars (23 cm et 10 cm) ont été simultanément stoppés par la foudre, paralysant quelque temps la circulation aérienne.
- La Sainte-Baume : après avoir subi de gros dégâts dus à la foudre, il y a quelques années, des études contradictoires ont été faites pour choisir un type de paratonnerre. Un radôme à structure périodique (triangles de plastique) a été installé avec une pointe (paratonnerre) et une tresse de masse qui descendait en zig-zag. La foudre a bien frappé la pointe, mais elle n'a pas suivi le premier "virage" de la tresse, et a crevé le radôme. La tresse a été réinstallée, le long d'un méridien. Par la suite, on a installé un radôme "radioactif", chargé artificiellement d'électricité statique du même signe que les nuages. Ce système semble fonctionner, mais la foudre tombe un peu plus loin, sur des antennes secondaires, et

revient à la station en suivant des câbles ...

Il semble que même si elle était disponible, une information sur l'imminence probable d'un orage ne serait pas exploitable, dans la mesure où les systèmes radar n'ont qu'un mode de fonctionnement envisageable, 24 heures sur 24, et où il n'est donc pas pensable de les mettre hors tension.

Sur ce point, le point de contact au STNA est M. GAUDIN, chef du département Installations.

V. Le système CAUTRA.

Le système CAUTRA IV (Coordinateur Automatique du Trafic Aérien) remplace actuellement l'ancien CAUTRA III. Il s'agit d'un système informatique décentralisé (contrairement à la version III qui était complètement centralisée sur un ordinateur unique), permettant de traiter les plans de vol et les données issues des radars. Il comporte principalement 3 systèmes :

- STIP : système de traitement initial des plans de vol,
- STPV : système de traitement des données plans de vol,
- STR : système de traitement radar.

La version IV, contrairement à la III, tient compte des radars primaires, mais ceux-ci ne sont pas utilisés pour le contrôle en route. En fait, le système français tend à suivre les tendances américaines :

- aux USA. : les futurs contrôles d'aérodromes se feront sur 2 fréquences : une correspond au contrôle à l'aide d'antennes panoramiques classiques, l'autre étant une antenne aéroport surveillant les approches d'une façon très directive.
- au Canada : un appel d'offres, auquel répond actuellement Thomson, vise à changer tout le système de couverture radar : l'utilisation des radars primaires

sera renforcée pour les aérodromes, tandis que le contrôle en route sera assuré par des radars secondaires,

Par ailleurs, les militaires ne sont pas du tout favorables à un abandon des radars primaires. Ce sont eux qui, de toute façon, assurent le contrôle de la périphérie du pays, et ils maintiendront l'usage intensif de leurs radars primaires pour des raisons évidentes.

Il est à noter que s'il existe des normes internationales (normalisation mondiale OACI) pour les radars secondaires civils, il n'en va pas de même pour les radars primaires, ni bien sûr pour les IFF militaires.

Le système CAUTRA IV tend à remplacer des systèmes matériels figés par du logiciel. En particulier, le traitement dans un même calculateur des données fournies par deux extracteurs video correspondant à un radar primaire et à un radar secondaire permet d'envisager des traitements plus puissants qu'avec le système III.

VI. Données archivées.

Beaucoup de centres radar sont équipés de caméras qui filment les écrans panoramiques sur lesquels est visualisée la video analogique brute (à 2 entrées : primaire et secondaire), à raison d'une photo par tour d'antenne. Les films sont conservés environ 3 mois, mais ne sont développés qu'à la demande, en cas d'incident. Ce système est d'ailleurs très lourd et très coûteux,

A la demande, le CAUTRA peut générer des bandes magnétiques avec des données synthétiques, mais rien n'est fait de façon systématique.

Les seules données éventuellement utiles pour les travaux du GEPAN sont donc les films d'écrans correspondant à des visualisations de radars primaires.

VII. Données techniques complémentaires.

M. ROCHE a précisé quelques données techniques complémentaires concernant les radars, et l'organisation de l'aviation civile en France.

Sous les radars sont de type 2D, l'altitude des avions étant communiquée par eux-mêmes grâce aux transpondeurs. On cherche à réaliser une certaine standardisation des paramètres des antennes utilisées au sol.

Les diagrammes de rayonnement sont directifs en azimut :

- 1° d'ouverture à -3dB pour les radars de contrôle en route,
- $1,7^{\circ}$ d'ouverture à -3dB pour ceux des aéroports.

En site, ils ont un double rayon de courbure : la décroissance est très rapide du côté du sol, et très lente du côté du ciel. Une loi en cosécante au carré permet en effet d'assurer un niveau constant pour un avion se déplaçant à altitude constante.

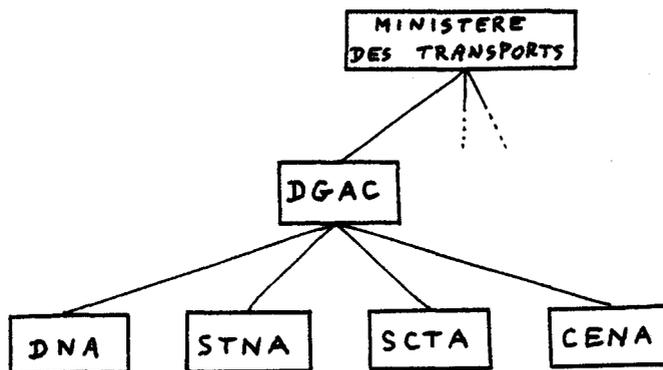


Le système prend en compte 4096 incréments angulaires par tour d'antenne, le pas de quantification en distance étant de $2.9 \mu\text{s}$ pour les radars de contrôle en route, et de $1.45 \mu\text{s}$ pour les radars d'aéroports.

Les impulsions émises sont de $3.3 \mu\text{s}$ en surveillance, et de $1.65 \mu\text{s}$ en contrôle d'aéroport. La compression d'impulsion, qui n'a de sens que pour des radars primaires et est assez coûteuse, n'est jamais utilisée, contrairement à ce que font les militaires.

L'aviation civile dispose à Vitrolles d'équipements très performants utilisés pour des études et des expérimentations. Ces radars peuvent détecter pratiquement tout ce qui bouge, que ce soit des voitures sur des routes ou des bateaux (et même des oiseaux ...). C'est à peu près l'équivalent civil de ce qu'est Mont-de-Marsan pour l'armée de l'air.

En ce qui concerne l'organisation de l'aviation civile, le schéma suivant en illustre les grandes lignes :



La DNA correspond à des Etats-Majors, et gère les régions aéronautiques.

Le STNA, dont une partie est implantée à Chevannes, est un peu le pendant civil du STTE (militaire).

Le SCTA sera bientôt déplacé du Paris vers Athis-Mons.

Le CENA est installé à Athis-Mons.

Ces sigles signifient respectivement :

DGAC : Direction Générale de l'Aviation Civile.

DNA : Direction de la Navigation Aérienne.

STNA : Service Technique de la Navigation Aérienne.

SCTA : Service du Contrôle du Trafic Aérien.

CENA : Centre d'Expérimentation de la Navigation Aérienne.

oooooooooooooooooooo

Système de traitement radar (STR)

Le traitement radar est le suivant :

- association des échos successifs obtenus sur une cible pour en faire des plots (ayant une position et une identification): EXTRACTION;
- élimination des plots primaires indésirables ne correspondant à des avions;
- rattachement des plots, tour d'antenne après tour d'antenne, et lissage de la trajectoire: c'est la POURSUITE qui crée ce que l'on appelle des pistes;
- continuité de couverture: SYNTHÈSE MULTIRADAR;
- corrélation avec le plan de vol: le calculateur associe les données radar et les plans de vol permettant ainsi un enrichissement mutuel de ces deux types d'informations;
- ces éléments de trajectoire ou pistes, constamment mis à jour et renseignés constituent l'image radar synthétique présentée aux contrôleurs.

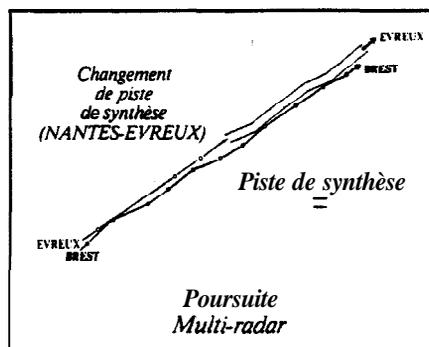
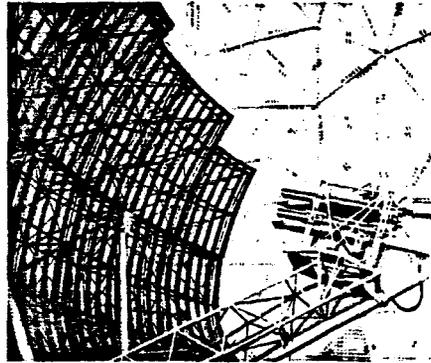
Dans le système CAUTRA seule l'extraction est effectuée de façon décentralisée dans L'EXTRACTEUR installé dans chaque station radar. Le reste du traitement radar est centralisé dans le STR.

1 ACQUISITION DES INFORMATIONS RADAR

La qualité de transmission des informations, mais aussi la bonne marche des stations radar font l'objet d'un contrôle rigoureux pouvant amener à déclarer de façon automatique le radar en panne. Dans ce cas, les informations d'un autre radar sont immédiatement utilisées.

2 POURSUITE

A chaque tour d'antenne, on essaie d'attribuer les nouvelles détections (ou plots) aux trajectoires déjà existantes (pistes). Cette phase d'attribution est fondée sur des critères de vraisemblance de la position, de l'altitude, du code d'identification contenu dans le plot et dans la piste. Comme il peut y avoir des ambiguïtés (plusieurs plots pour une même piste), on procède en deux temps: une phase préalable où l'on crée des relations multiples puis une phase où établit une relation unique représentant l'association la plus sûre. Ensuite, il faut faire un "lissage" de la trajectoire, c'est-à-dire éliminer le plus possible les fluctuations dues aux erreurs de mesure sur la position des plots. Ce traitement permet donc d'avoir une position plus précise mais aussi une mesure de vitesse de l'avion par rapport au sol.



3 INITIALISATION AUTOMATIQUE

Les plots non retenus par la poursuite font l'objet d'un traitement particulier conduisant à la création de nouvelles pistes.

4 SYNTHÈSE MULTIRADAR

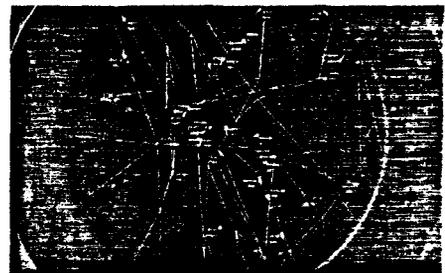
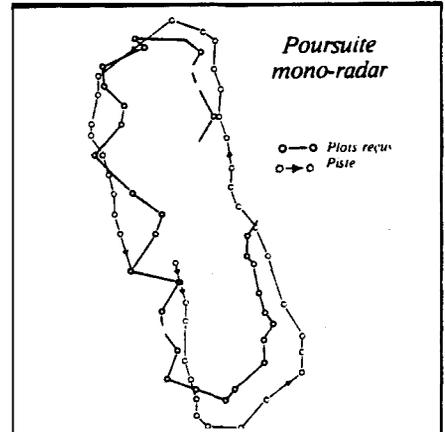
On doit élaborer une trajectoire unique par avion à partir des pistes fournies par chaque poursuite radar: c'est le but de la synthèse multiradar.

Les poursuites sont effectuées chacune dans un repère lié au radar d'origine. Pour pouvoir comparer les coordonnées de ces pistes et tenter de les fusionner il est nécessaire de les représenter dans un repère unique.

Le choix de la meilleure piste représentant l'avion tient compte de la qualité de la trajectoire et de la priorité des radars dans cette région de l'espace.

5 LE FILET DE SAUVEGARDE

Une fonction d'anticollision permet d'analyser les risques de franchissement de distance minima entre deux avions. Cette fonction appelée aussi Filet de Sauvegarde ne constitue pas un outil de contrôle en soi, elle contribue seulement à attirer l'attention du contrôleur sur un conflit potentiel.



6 VISUALISATION DE L'IMAGE RADAR SUR L'ECRAN RADAR

Les pistes sont visualisées à une cadence proche de la rotation des antennes radar. L'étiquette liée à chaque piste permet l'identification de l'appareil par le code radar ou l'indicatif d'appel connu par le plan de vol. Elle comporte de plus des informations de niveaux et l'état de coordination du vol.

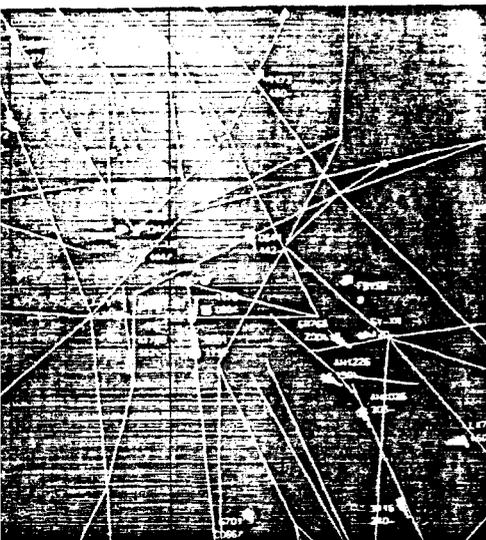
Les contrôleurs peuvent agir sur la visualisation et renseigner le système.

7 LIAISON AVEC LE SYSTEME DE TRAITEMENT DES DONNÉES DE VOL

Le STR communique au STPV les informations sur les pistes permettant ainsi d'établir la corrélation avec le plan de vol puis sa mise à jour. (Le calcul des heures de passage sur les points radiobalisés notamment.)

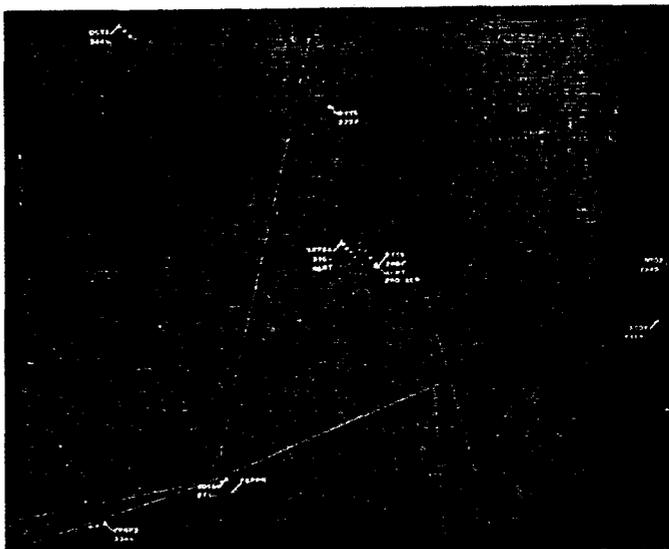
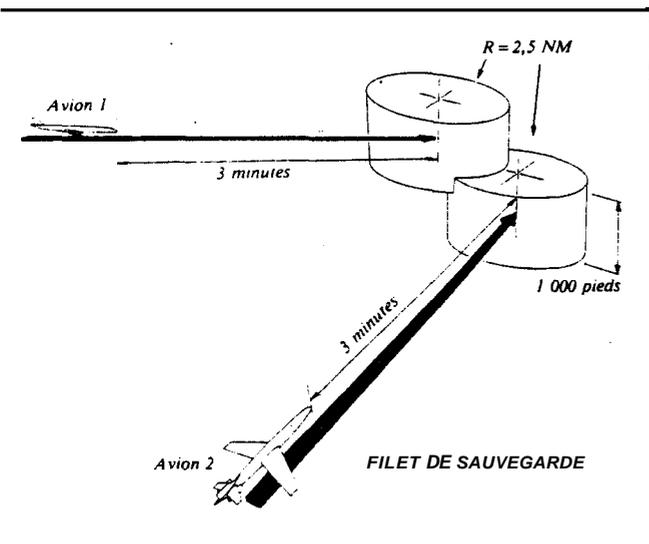
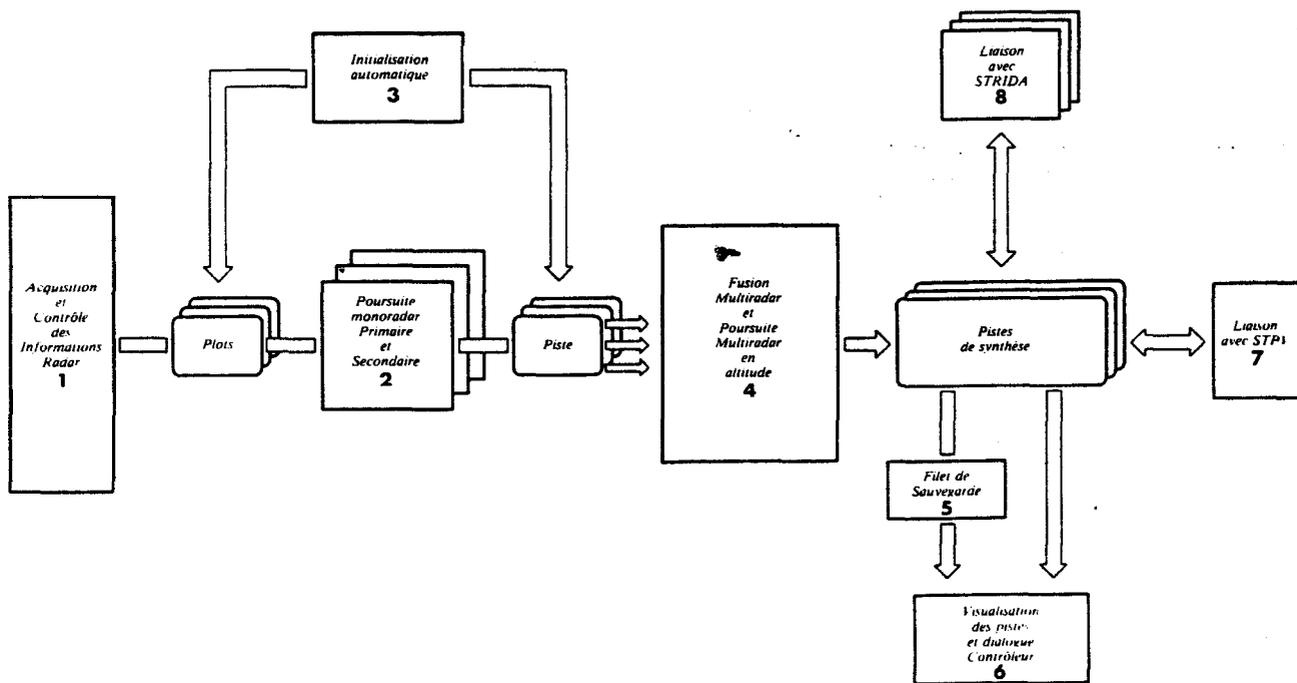
8 LIAISON AVEC LES CENTRES MILITAIRES STRIDA

De même qu'il existe des liaisons avec les différents centres CAUTRA, des liaisons sont établies en permanence avec les centres militaires.



EXPLOITATION DES DONNEES RADAR			
VISUALISATION DES PISTES	<ul style="list-style-type: none"> ■ ETIQUETTE - Codes spéciaux (DETRESSE, DETOURNEMENT, SPI...) ou DETECTION DE CONFLIT - Code ou indicatif après corrélation - Niveaux actuels (Mode C, multi-senseur) - Tendances et niveau autorisé ou intention de contrôle - Elements de coordination inter secteur secteur émetteur / secteur receveur ■ SYMBOLE - Fonction de l'origine radar - POSITIONS PASSEES - h x 10 secondes - VECTEUR VITESSE - Extrapolation a b minutes 	VISUALISATION DES CARTES	<ul style="list-style-type: none"> ■ STATIQUE - Permanente (i) sur action contrôleur (PDR, AIRWAY) balises, sectorisation ■ DYNAMIQUE - Pour une heure prévue (zone active avec heures, niveaux et responsabilité) • LIGNE BRISÉE - Elaborée par le contrôleur (à l'aide de la boule rouliante)
DIALOGUE CONTROLLEUR APRES DESIGNATION DE LA PISTE PAR Boule rouliante	<ul style="list-style-type: none"> • Code SSR 	VISUALISATION DES MICROTABULAIRES	<ul style="list-style-type: none"> • HEURE • CODE SSR - Propose (en fonctionnement STR AUTONOME) • ALERTES - Informations sur les conflits...
DI-ALOGUE CONTROLLEUR APRES DESIGNATION DE LA PISTE PAR Boule rouliante	<ul style="list-style-type: none"> - Corrélation/décorrélation piste-plan de vol - Affectation d'une piste à un espace - Transfert radar inter secteur <ul style="list-style-type: none"> ■ proposition ■ acceptation ■ prise en compte - Introduction de niveaux <ul style="list-style-type: none"> • actuel (en l'absence de Mode C) • autorisé • intention - Visualisation de la route (heures et balises) - Positionnement de l'étiquette 	SELECTION DE L'IMAGE RADAR	<ul style="list-style-type: none"> - Sélection des pistes d'un espace (famille de codes ou tranche d'altitude) - Sélection des cartes et des microtabulaires - Sélection des différents types de pistes (primaire, secondaires) - Sélection des différences liées de l'étiquette

SCHEMA FONCTIONNEL DU TRAITEMENT RADAR





Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS :

ELECTRICITE ATMOSPHERIQUE -
ELECTROMAGNETISME

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 45 / 0682 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

ARRETE DE :
~~XXXXXXXXXX~~

<u>NOM</u> : F. LOUANGE	<u>NOM</u> : A. ESTERLE	<u>NOM</u> :
<u>VISA</u> : <i>F.L.</i>	<u>VISA</u> :	<u>VISA</u> :

LIEU : MEUDON

DATE : 16.06.82

OBJET DE LA VISITE : Point sur la détection de la foudre

LABORATOIRE VISITÉ : ONERA
8, rue des Vertugadins
ADRESSE : 92190 MEUDON

N° C.N.R.S. :

TÉL. : (1) 534.75.01

PERSONNES RENCONTRÉES - ~~CONTACTÉES~~ : M. BOULAY

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION :

I. Besoins de détection de la foudre.

De plus en plus d'organismes ont besoin de détecter la foudre, en raison des dégâts qu'elle provoque sur de nombreux équipements (pylônes, antennes, avions, stations de mesures diverses,...). Leur but est généralement de pouvoir prendre des dispositions particulières (typiquement : mise hors tension) lorsque certains critères sont vérifiés.

Ces questions de sécurité concernent aussi bien les militaires que les civils, avec en particulier la protection des avions, des installations de radars et des sites de lancement de missiles ou de fusées (exemple : les futures Arianes). Le foudroiement des aéronefs est étudié en particulier par l'Aviation Civile : il peut arriver qu'un orage éclate à proximité immédiate d'un avion sans que son radar météorologique n'ait détecté quoi que ce soit; or, le champ électrique a pu passer de 100 V/m (beau temps) à 100 000 V/m autour de lui, et c'est cette variation qu'il faut détecter.

Du côté des militaires, M. BOULAY cite par exemple l'équipe de protection des champs de tir de l'E.T.C.A., avec l'I.C.A. FEDON. La DRET doit organiser à la fin de l'année une journée sur la foudre à l'intention de la DGA.

La détection de la foudre peut se faire d'au moins deux manières :

- détection à distance de systèmes actifs (des "fronts" qui dans certains pays peuvent être immenses et se déplacer entre 50 et 100 Km/h),
- détection locale, à courte distance, de systèmes en formation.

Dans le premier cas, la détection porte sur des distances pouvant atteindre 300 Km, et permet de savoir à quel stade d'activité se trouve le système; dans le second cas, la détection est statique et porte sur environ 20 Km, la localisation étant plus restreinte.

Enfin certains cas sont particulièrement contraignants : l'ONERA a étudié pendant quelques mois, pour le compte du SNPE

(Bordeaux), la détection de champs électriques intenses susceptibles de provoquer des effets Corona sur des ergols en stock; il s'agissait de déterminer les paramètres dominants, de façon à limiter la durée des actions préventives aux séquences les plus vulnérables, qui ne représentaient en fait que 5% du temps des activités orageuses. Il y a en effet des installations qui ne peuvent rester plus que quelques minutes sans fonctionner, alors qu'un évènement orageux dure en moyenne de 1 à 2 heures.

En ce qui concerne les systèmes de détection existant dans le commerce, un seul matériel s'est imposé sur le marché jusqu'à présent : le LLP américain (Lightning Location and Protection, Inc.). Ce système, vendu "clé en main" pour environ 300 KF, comporte 2 antennes et un moyen informatique (matériel et logiciel), et permet de localiser un orage à 200 Km tout en suivant ses phases d'évolution. Son utilisation est très large en Alaska, au Canada, à l'ouest des US, où il sert en particulier à la prévention des incendies de forêt dans de vastes zones inhabitées. L'ONERA compte s'en équiper pour couvrir ses besoins de détection à grande distance, afin de concentrer ses efforts sur la détection locale.

D'une façon générale, il semble qu'à compte tenu de la demande le domaine du "warning" (dispositifs de détection) soit aujourd'hui très prometteur, et que toute investigation originale, en particulier sur des systèmes locaux, soit accueillie avec intérêt.

II. La foudre.

L'enchaînement des évènements qui conduit à la production d'un coup de foudre est très complexe, et a fait l'objet des études de l'ONERA. Le scénario est en gros le suivant :

- jusqu'à l'instant t_0 il ne se passe rien d'autre que la génération d'électricité statique dans un "cumulo-

nimbus) : il se charge positivement dans sa partie supérieure et négativement dans sa partie inférieure.

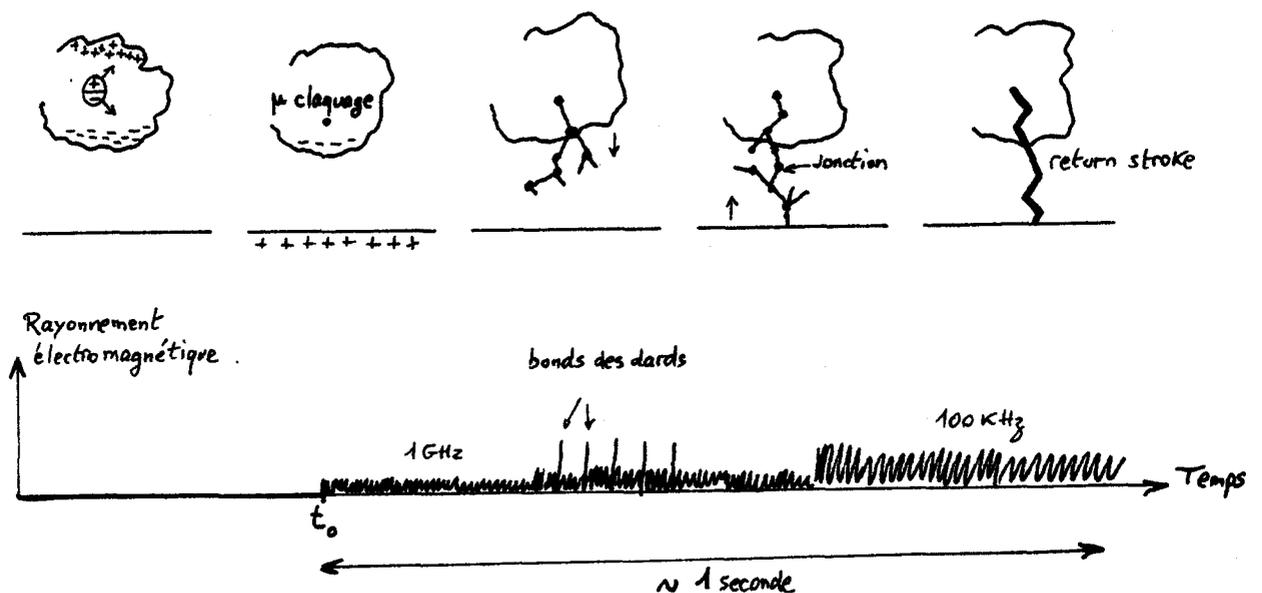
- à t_0 , la valeur du champ électrique en un point du cunimb dépasse 30 KV/cm et il se produit un micro-claquage qui provoque l'émission de bruit électromagnétique de haute fréquence (jusqu'à 1 GHz).

- de ce point par un "dard" (canal chaud) de 1000 à 4000°C qui se propage dans le champ électrique, tandis que la terre au-dessous se charge positivement par Induction; ce dard émet un bruit plus intense que le précédent.

- le dard précédent progresse par bonds et ramifications; à chaque fois qu'il s'arrête, une impulsion importante est émise en plus du bruit permanent.

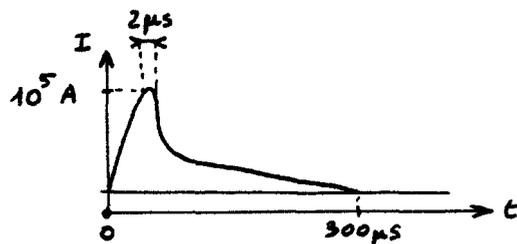
- sur une proéminence du sol se forme un premier effet Corona positif, qui émet un autre bruit électromagnétique, et monte par ramifications, jusqu'à ce que s'opère une jonction avec les ramifications descendant du cunimb.

- lorsque s'établit la connexion entre le sol et le nuage (100 MV), un fort courant passe et neutralise les charges en émettant un autre spectre (vers 100 KHz) tandis que le tonnerre est généré.



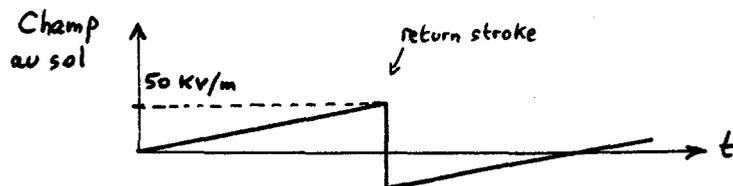
La durée totale de la séquence précédente est de l'ordre de la seconde, et ce n'est qu'à la fin que se produit l'éclair proprement dit. Pour un système comme le LLP, il ne s'agit que d'un évènement ponctuel ne donnant lieu qu'à un point de mesure, alors que les chercheurs spécialisés visent l'obtention de 10⁶ points de mesure (l'évènement de base est probablement de l'ordre de 10 ns !).

Il peut y avoir plusieurs décharges ("return strokes") successives qui illuminent le même canal, avec, entre deux décharges, le passage d'un courant continu générateur de lumière. L'éclair lui-même a une structure complexe, composée d'un plasma dense* au centre (10^{18} ions/cm³) et d'une structure de décharge Corona de quelques mètres autour. La luminance du canal suit approximativement le courant du "return stroke" (courant réel de conduction, par opposition au courant de déplacement qui lu précède) :



* de quelques cm de section

Si l'émission de lumière est utilisée pour détecter ou analyser (par spectrométrie) la foudre, rien n'est observable avant le return stroke; cependant, le champ électrique moyen au sol évolue selon une courbe en dents de scie, fournissant une source d'information supplémentaire :



Une mesure classique du niveau d'activité orageuse dans une région est le niveau kéronique, qui est égal au nombre de jours par an durant lesquels on entend au moins une fois le tonnerre. Ce niveau atteint 85 au Nouveau-Mexique, 95 au Kennedy Space Centre, 130 en Afrique du Sud et 220 en Indonésie. Une carte des niveaux isokéroniques en France est

présentée dans un article de Gary figurant dans le N° 5 (Mai 30), tome 89, de la Revue Générale d'Electricité.

L'altitude des éclairs ne dépasse jamais 12 Km en France, et atteint parfois 20 Km ailleurs. Leur longueur est de l'ordre de 5 à 6 Km en France, alors qu'à Miami par exemple on en a observé de 10 Km de long.

III. Les travaux sur la foudre.

L'Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales (ONERA) n'a pas pour vocation de développer des produits, mais plutôt d'effectuer des recherches. Il dispose cependant, dans le domaine de la foudre, d'un groupe extérieur qui a accès au monde industriel, et lui permet de développer les systèmes dont il a besoin. En ce qui concerne la détection à grande distance, M. Boulay pense que le LLP américain donnant toute satisfaction, il n'est pas utile de chercher autre chose; l'outil de recherche de l'ONERA est un système mobile de détection à courte distance, et un ensemble de logiciels spécialisés.

Après avoir travaillé sur le site de Saint Privat d'Allier, l'ONERA a participé au programme COPT (Convection Profonde Tropicale) en Côte d'Ivoire (1981), en collaboration avec le CNET, le LMD, l'EERM, le LPA, et au programme TRIP (Thunderstorm Research International Program) à Socorro (Nouveau-Mexique), en collaboration avec l'USAF et des universités américaines, ainsi qu'avec le CEA. L'ONERA va prochainement installer à Abidjan (aéroport) 5 capteurs fixes, dans le cadre d'un programme de recherche en liaison avec la météorologie locale.

La stratégie actuelle de l'ONERA est d'aller travailler aux USA, car le "rendement" est meilleur qu'en France compte tenu de l'activité orageuse à Socorro. 3 campagnes d'essais y sont prévues pour les 3 ans qui viennent.

D'un autre côté, le site de Saint Privat d'Allier, actuelle-

ment fermé, sera rouvert en été 1983 sous l'impulsion de M. Hamelin du CNET/Lannion, qui étudie le foudrolement des pylônes. Le but serait de faire de ce site un centre de recherche européen.

Il existe un certain nombre de spécialistes de la foudre dans le monde, tel le suisse BERGER (détection), qui se retrouvent à l'occasion de rencontres spécialisées. En Juin 1983 aura lieu au Texas un colloque international. Il s'agit néanmoins d'une spécialité "pointue" pour laquelle il se révèle difficile de trouver des laboratoires disposés à entreprendre des travaux.

M. Boulay cite quelques exemples de travaux réalisés ou en cours :

- l'université de Hambourg a développé un système pour localiser la foudre à 1000 Km : une approche "macroscopique" des zones d'activité à l'aide d'images Meteosat est suivie d'une analyse en cellules plus petites.
- au Texas, on effectue la localisation par détection acoustique, grâce à une analyse spectrale.
- la pluie dans les nuages d'orage, liée à la coupure soudaine des forces électriques qui retiennent les gouttes en suspension, a fait l'objet d'études en France, dans le cadre de projets de modification du temps (Messieurs Soulage et Dessens).
- l'ONERA publiera en fin d'année les résultats de travaux mettant en jeu une caméra céleste à grand champ associée à une détection électromagnétique et à une analyse spectrale, conduisant à une localisation de la source à 1 μ s près. M. Boulay fournira une documentation sur la caméra de l'ONERA employée.
- les éclairs de Vénus ont été étudiés par voie optique dans le cadre des projets russes VENERA.

M. Boulay s'est montré très intéressé par les projets américains de satellites destinés à la détection des systèmes orageux, tels qu'ils ont été présentés aux USA à M. Esterle par M. R. MARKSON. En particulier, il faut noter le projet de satellite civil géostationnaire qui effectuera un repérage optique.

Certains aspects très particuliers de la foudre sont étudiés, tels les "super-bolts" observés à Socorro, se présentant comme des éclairs horizontaux d'environ 100 Km de long. Il existe aussi des "orages d'hiver" qui se produisent en Suède et au Japon, avec pour caractéristique que les polarités sont inversées; il existe 2 ou 3 stations d'études dédiées à ces phénomènes.

Par ailleurs, il semble que de nombreuses erreurs grossières soient encore couramment commises (volontairement ou non) à propos de la foudre. M. Boulay cite les "déperditeurs à touffes" dont on équipe les avions pour évacuer les charges électrostatiques, alors qu'une seule pointe peut être active à la fois, et d'autres exemples qui tendent à prouver qu'il se vend toutes sortes de choses sur des bases techniques fautiveuses.

Enfin, il existe des raisons indirectes de s'intéresser à la foudre :

- il existe une ambiguïté gênante causée par la foudre dans le problème militaire de la détection des explosions nucléaires : le return stroke ressemble à une impulsion thermonucléaire, et seule la phase du précurseur permet une différenciation entre les deux. Voir à ce sujet le LDG.
- les fabricants d'armes à faisceaux de particules "dures" (électrons par exemple) étudient des phénomènes très semblables à la foudre.
- même s'il est vrai que l'énergie liée à l'électricité atmosphérique est très faible à côté de l'énergie dynamique des nuages ou autres phénomènes, il se peut que certains processus soient déclenchés par des phénomènes électriques (voir le CRPE et le LMD).

IV. Foudre en boule.

Ce phénomène, rapporté dans de nombreux témoignages, a été la raison initiale d'implantation du site expérimental de Saint Privat d'Allier. Le paradoxe est que les théoriciens des plasmas admettent la possibilité que se forment des boules de plasma assez stables, de l'ordre de 10^9 ions/cm³, alors que tous ceux qui ont essayé de provoquer l'apparition de ces boules sont restés sur un échec.

M. Boulay semble avoir une opinion personnelle extrêmement sceptique, allant jusqu'à douter de l'authenticité des témoignages disponibles sur la question.

V. Conclusion et bibliographie.

Très peu de choses ont été faites en matière de détection de la foudre par voie optique, et un éventuel projet issu du GEPAN trouverait certainement un écho favorable. Il semble que la combinaison de plusieurs modes de détection (électromagnétique, spectroscopique, acoustique) améliorerait le système sur le plan des ambiguïtés.

M. Boulay recommande les ouvrages suivants :

- "Lightning" de Golde (2 tomes)
- "Lightning" de Uman (1 tome)
- "Atmospheric electricity" de Israël (2 tomes)
- "Atmospheric electricity" de Chalmers (1 tome)
- "Spectrum" de Salanave.

oooooooooooooooooooo



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS :

OPTIQUE - CAMERA - NUAGE - RADAR

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 46 / 0682 /

~~VISITE EFFECTUÉE PAR :~~

APPEL $\bar{\theta}$ DE :

NOM : F. LOUANGE

NOM :

NOM :

VISA : *F.L.*

VISA :

VISA :

LIEU : LANNEMEZAN

DATE : 21.06.82

OBJET DE LA VISITE : ~~La~~ Prise de contact

LABORATOIRE VISITÉ : Centre de Recherches atmos-
phériques

N° C.N.R.S. : 14-0009
14-0010

ADRESSE :
CAMPISTROUS
65300 LANNEMEZAN

TÉL. : (62) 98.04.24

PERSONNES RENCONTRÉES - CONTACTÉES : M. DESSENS

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION :

Le Centre de Recherches Atmosphériques de Campistrous, à Lanneazan, dépend de l'Institut et Observatoire de Physique du Globe du Puy-de-Dôme, à Clermont-Ferrand.

Au cours de l'entretien, M. DESSENS a évoqué les radars météorologiques dont le centre dispose, mais il est vite apparu qu'en matière de détection de phénomènes aériens le sujet d'intérêt principal était la caméra à très grand champ qu'il a mise au point.

Pour pouvoir observer de jour la disposition et les mouvements des nuages (en particulier ceux générés artificiellement), le Centre de Campistrous a développé des caméras dites "plein ciel" qui ne se trouvaient pas dans le commerce. Il s'agit d'une caméra de 16 cm fixée à 2 m au-dessus du sol et pointée vers le bas, sur une calotte hémisphérique constituant un miroir de finition optique. Le temps d'ouverture étant de 2 à 3 heures, on obtient de bonnes restitutions.

Il est également intéressant de retenir que le Centre étudie un phénomène atmosphérique lunaire peu connu : les nuages nocturnes lumineux, mis en évidence lors de tirs de fusées à Biscarrosse, et dus à la présence de vapeur d'eau à une altitude d'environ 70 Km (nuages de glace). Ces nuages s'observent rarement en France, mais on les produit artificiellement, à l'aide de fusées ou d'avions. Localisés au départ, ils peuvent s'étaler ensuite jusqu'à 100 Km x 30 Km à 80 Km d'altitude.

Pour poursuivre le dialogue de façon plus efficace, il a été convenu d'une visite à Lannemezan.

oooooooooooooooooooo



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS :

MILITAIRE - RADAR

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 47 / 0682 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

APPREXIMEX :

<u>NOM :</u> F. LOUANGE	<u>NOM :</u>	<u>NOM :</u>
<u>VISA :</u> <i>F.L.</i>	<u>VISA :</u>	<u>VISA :</u>

LIEU : CINQ MARS LA PILE

DATE : 25.06.82

OBJET DE LA VISITE : Mode de fonctionnement d'un CDC

LABORATOIRE VISITE : C.D.C.

N° C.N.R.S. :

ADRESSE :
CINQ MARS LA PILE
(près de Tours)

TEL. :

PERSONNES RENCONTRÉES - ~~CONTACTÉES~~ : Plusieurs

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION : (Annexe classifiée CONFIDENTIEL DEFENSE)

Organisée par le Lt.Cl. Tinelli, qui ne pouvait pas être présent, la visite du Centre de Détection et de Contrôle de Cinq-Mars-lâ-Pile a duré toute une journée. Une présentation détaillée de toutes les installations intéressantes par les personnes compétentes a été complétée par des discussions techniques et des simulations sur écran.

Les principaux interlocuteurs ont été :

Ct BAUS : commandant du GERMAS (unité technique)
Cne HAITSE : officier système (parties informatiques)
Cne BLANCHARD : officier de fonction (opérations)

Les informations recueillies, qui font l'objet de l'annexe classifiée, ont permis de compléter les présentations précédentes du STRIDA et de corriger quelques légères erreurs d'interprétation.

oooooooooooooooooooo



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS :

MILITAIRE - SATELLITE - RADAR

COMPTE-RENDU DE VISITE N° : 48 / 0682 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

~~APPREHENSÉ~~ :

<u>NOM</u> : F. LOUANGE	<u>NOM</u> :	<u>NOM</u> :
<u>VISA</u> : <u>F.L.</u>	<u>VISA</u> :	<u>VISA</u> :

LIEU : ARCUEIL DATE : 28.06.82

OBJET DE LA VISITE : Poursuite des satellites par les militaires.

LABORATOIRE VISITÉ : E.T.C.A. N° C.N.R.S. :
ADRESSE : CTME / EN4
16 bis, Avenue Prieur-de-la
Côte-d'Or
94114 ARCUEIL CEDEX
TÉL. : (1) 656.52.20

PERSONNES RENCONTRÉES - ~~CONTACTÉES~~ : Colonel LAUNAY

DOCUMENT N° CT/GEPAN - DU :

DIFFUSION : (Annexe classifiée CONFIDENTIEL DEFENSE)

Au sein de l'E.T.C.A. (Etablissement Technique Central de l'Armement), qui dépend directement de la DRET, le C.T.M.E. (Centre des Techniques et moyens de Mesures et d'Essais) englobe l'ancien SECT (Service d'Equipement des Champs de Tir). Par ailleurs, le CIME fournit actuellement à la DTEn une assistance technique dans le suivi du projet de satellite militaire de reconnaissance SAMRO.

A ce double titre, le CTME, et en particulier le Colonel LAUNAY, est particulièrement qualifié pour parler de ce qui a déjà été fait et de ce qu'il est prévu de faire du côté militaire dans le domaine spatial.

Au cours d'un entretien, qui fait l'objet de l'annexe classifiée, le Cl Launay a présenté le problème que pose à la Défense Nationale la surveillance et la poursuite des satellites artificiels, et décrit les tendances actuelles dans ce domaine.





Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS : RADAR - NUAGE - TURBULEN-
CE - CAMERA - ELECTRICITE ATMOSPHE-
RIQUE

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 49 / 0782 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

ARRETE DE :
~~XXXXXXXXXX~~

NOM : A. ESTERLE

NOM : A. PICHEL

NOM : JJ. VELASCO

VISA :

VISA :

VISA :

LIEU : LANNEMEZAN

DATE : 01.07.82

OBJET DE LA VISITE : Projet de collaboration

LABORATOIRE VISITÉ : Centre de Recherches
Atmosphériques

N° C.N.R.S. : 14-0009
14-0010

ADRESSE :

CAMPISTROUS

65300 LANNEMEZAN

TÉL. : (62) 98.04.24

PERSONNES RENCONTRÉES - CONTACTÉES : MM. DESSENS, BENECH, SAUVAGEOT,
VAN DINH

DOCUMENT N° CT/GEPAN - 0096

DU : 5 JUIL. 1982

DIFFUSION : F. LOUANGE

1. - INTRODUCTION

Le Centre de Recherches Atmosphériques situé à Campistrous près de Lannemezan fonctionne avec une équipe de 25 personnes (étudiants et stagiaires compris). Ses thèmes de recherche s'appuient sur quelques axes principaux :

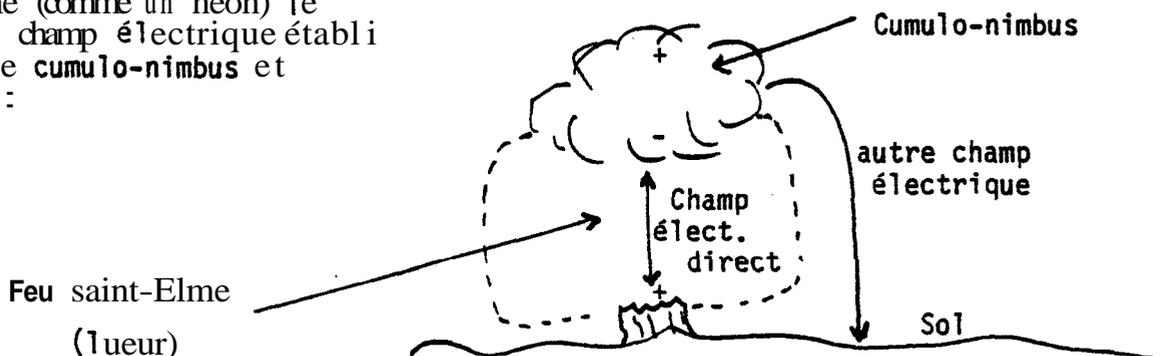
- *La détection (radar météorologique 8 mm de longueur d'onde) dont s'occupe M. SAUVAGEOT.
- *La photogrammétrie (montage caméra sur miroir sphérique posé au sol) avec M. DESSENS.
- *Les mesures à tirer des phénomènes tels que les tornades.
- *La convection artificielle (météotron) dont s'occupe M. BENECH.
- *Des études sur la physique des **aérosols**, la pluviométrie.
- *Un centre de documentation : responsable M. Van Dinh.

2. - DISCUSSION D'ORDRE GENERAL

Réunis à la bibliothèque du Centre, les principaux responsables (voir plus haut) bcountent un bref exposé sur les activités du **GEPAN** (de son origine aux Phénomènes Rares) et une discussion générale s'amorce. M. DESSENS parle des nuages lenticulaires qui sont observés le jour et des nuages nocturnes lumineux (nuages **artificiels** observés lors de tir de fusées de Biscarosse et dûs à la condensation, à 70 km ils sont encore éclairés par le soleil, **même** à minuit). M. DESSENS nous montre des photos de ces nuages, prises depuis le Centre et publiées dans la revue "Weather" (décembre 75, Vol. 30, n° 12). Dans le cadre d'études de déplacement de masses d'air, une photogrammétrie a été effectuée sur le cas des photos montrées (ANNEXE 1).

Le **GEPAN** rappelle ce qui se fait à l'étranger en matière de détection (USA, CANADA, EUROPE).

M. DESSENS expose les effets produits par un **phénomène** appelé "feu saint-Elme". Dans la **région** de Lannemezan, après un orage et au-dessus de la souche de 1,50 m de diamètre d'un chêne mort (souche coupée la veille de l'observation) est apparue une lueur énorme (plusieurs **mètres**) et durable (20 minutes). Il s'agit d'une décharge lente par effet couronne (comme un néon) le long du **champ électrique** établi entre le **cumulo-nimbus** et le sol :



M. **DESSENS** nous conseille de voir M. **CHAUZY** (du laboratoire du Pr. **PICCA**, COMPTE RENDU DE VISITE N° 2010582) qui est intéressé par les phénomènes d'électricité atmosphérique (**PICCA** en avait parlé, de même que **BOULAY**).

3. - LES MOYENS DU CENTRE DE RECHERCHES ATMOSPHERIQUES

3.1. - Le radar météorologique

Ce radar est un radar Doppler de 8 mm de longueur d'onde métrique (avec 3 cm, on détecte des particules de 200 μ). Le Centre de Campistrous est le premier au monde à l'avoir construit (et développé sous contrat **DRET**).

M. **SAUVAGEOT** nous indique un livre dont il est l'auteur : "Télé-détection active de l'atmosphère" et nous remet de la documentation sur les différentes expérimentations effectuées (cf. Annexes 2.A. & 2.E.).

M. **SAUVAGEOT** est nommé à temps partiel, à compter du 1er juillet 1982, chargé de mission (pour les questions atmosphériques) à l'**INAG-PARIS**.

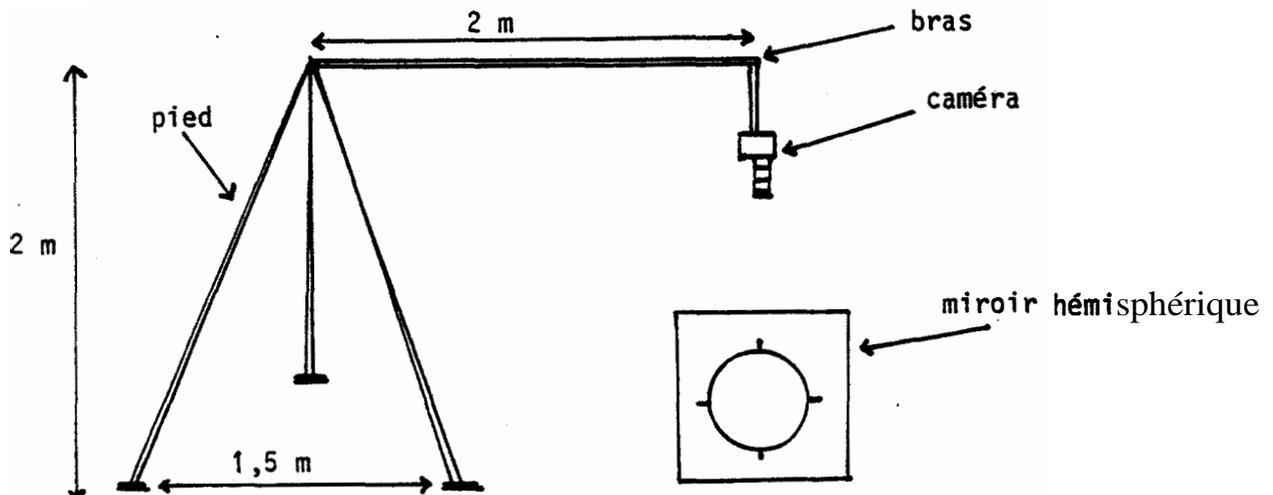
Il nous conseille de rencontrer M. **CROCHET** à Toulon (**LABORATOIRE DE SONDAGE ELECTRO-MAGNETIQUE DE L'ENVIRONNEMENT TERRESTRE - UNIVERSITE DE TOULON - AGFONNE - BOULEVARD DES ARMARIS - 83100 TOULON - Tél. (94) 27.13.49**). M. **CROCHET** a construit un radar ST (Stratosphère-Troposphère) qui travaille à 50 GHz (à Campistrous, le radar travaille à environ 10/15 GHz) avec un réseau d'antennes fixes qui couvrent entre 112 et 1 hectare et qui donnent un faisceau de quelques degrés d'ouverture (environ 3°).

M. **SAUVAGEOT** nous fait part de son enthousiasme pour l'implantation d'un réseau de surveillance électromagnétique, type radar ST.

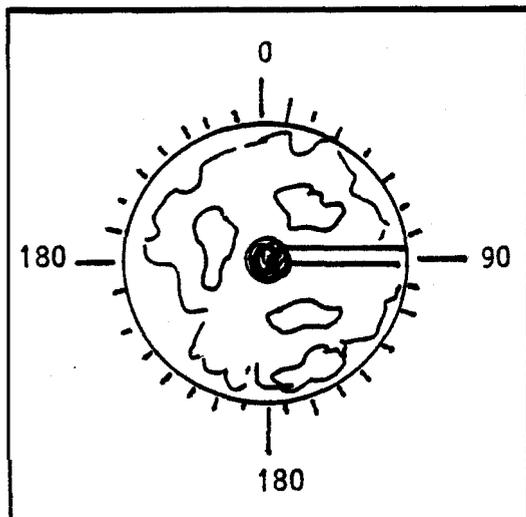
Nous avons pu voir fonctionner le radar 8 mm et constater que les déplacements d'insectes (un moustique est repérable à 3 km) fournissaient des renseignements précieux sur les vents.

3.2. - Le montage caméra, la photogrammétrie

M. **DESSENS** nous montre son montage caméra qui utilise un miroir fabriqué par la société **SOPTTEL** (Paris) :



Il faut filmer la couverture nuageuse, ciel total, en vue à vue, avec une caméra (Beaulieu) de 16 mm, posée 1 à 2 secondes (**possibilité** d'adaptation aux besoins du GEPAN avec 1/50^{ème} de temps de pose, par exemple).



Sur les images ainsi filmées, le ciel apparaît en cercle gradué en azimut (il faut au préalable orienter correctement le miroir). Par contre la mesure en site, bien que possible, est très imprécise, loin du zénith et n'est pas utilisée en photogrammétrie.

La photogrammétrie consiste à prendre une photo du **même** nuage en deux endroits différents, quelque fois **même** distants de 2 km. On peut par exemple prendre :

- 1 prise de vue classique du nuage
- 1 prise de vue ciel total du **même** nuage,

ou

- 2 prises de vue ciel total.

Il faut ensuite synthétiser les clichés sur digitiseur. Les repères sont pris en bordure des nuages. Le Centre de Recherches Atmosphériques est spécialisé dans ce genre de travail (ses travaux sont **même** exportés).

Il existe un système radio-commandé mais qui n'est pas utilisable sur n'importe quel terrain. Ils utilisent des photos 24 X 36 pour effectuer des mesures.

3.3. - Recherches particulières

Un phénomène atmosphérique, la tornade, est étudié actuellement au Centre. La tornade (genre d'entonnoir qui pend sous le nuage) est le résultat d'une concentration de masses d'air en rotation, dans un mouvement ascendant. Nous avons assisté à la simulation d'une tornade (le tourniquet du simulateur remplace le nuage). Il y a d'abord aspiration + rotation. La tornade se forme au bout de 10 secondes. La maquette de la maison se **désintègre** sous l'effet de la **dépression** axiale et du vent.

M. **DESSENS** nous signale que les tornades "pondent" des foudres en boule (30 cas sur 100 observés). Physiquement l'ionisation des particules doit résulter d'une friction intense due à la rotation rapide.

Ce laboratoire du Centre effectue des recherches sur :

- la simulation du phénomène,
- les mesures de vitesse,
- les effets de rugosité au sol,
- les effets de particules en suspensions.

DESCRIPTION PHYSIQUE

- vitesse de **déplacement** : 30 à 60 km/h (et parfois **jusqu'à** 400 km/h)
- diamètre actif : 0,3 à 3 km
- hauteur : **jusqu'à** 6 km
- durée : quelques minutes à 1 heure.

EFFETS AU SOL

- aspect extérieur : entonnoir nuageux
- aspect intérieur : obscurité, **brouillard**
- bruit : 1 escadrille d'avions à réaction
- **explosion** des bâtiments
- arbres, pylones, murs arrachés ou renversés par le vent
- matériaux transformés en projectiles
- éclairs, foudre globulaires, incendies.

Quelque peu analogues aux tornades, mais à échelles plus réduites, existent aussi les tourbillons par temps calme. Beaucoup plus anodins, ils peuvent ne durer que quelques secondes et **n'excèdent** pas 50 à 60 km/h. Ils peuvent se produire lorsque il y a une colonne d'air (chaud) ascendant. La rotation peut résulter d'une simple dissymétrie des vitesses radiales horizontales, par exemple dans une forêt, à cause des arbres.

3.4. - Programme de convection artificielle

(Voir ANNEXE 3). Ce programme commandité par EDF est dirigé par M. **BENECH**. Il étudie l'impact d'une source de chaleur de 1000 MW sur l'environnement. Il est en voie **d'achèvement**.

4. - CONCLUSION

Cette visite, riche d'enseignements, a permis au **GEPAN** de se rendre compte des études effectuées au Centre de Recherches Atmosphériques de Campistrous. Les chercheurs qui y travaillent sont très favorables à une collaboration et proposent leur site et leurs moyens pour l'installation d'un éventuel réseau de détection électromagnétique.

Dans le cadre de leur fusion avec les laboratoires des Pr. **PCCA** (Compte-rendu de visite n° 20/0582) et **FONTAN** (Compte-rendu de visite n° 25/0582) et de leur intégration à l'Observatoire du Pic du Midi (Compte-rendu de visite n° 32/0582), ils représenteraient un interlocuteur idéal au sein d'un G.I.S.

Mid-Latitude Artificial Noctilucent Clouds Initiated by High-Altitude Rockets

B. BENECH AND J. DESSENS

*Observatoire du Puy de Dôme, Université de Clermont
Centre de Recherches Atmosphériques de Campistrous, 65300, Lannemezan, France*

On two occasions, in February 1971 and March 1972, the exhausts produced by a rocket reentering into the atmosphere have initiated the formation of an artificial noctilucent cloud in France at an altitude of around 80 km. As the exhausts did not produce a persistent trail on the upper part of the rocket trajectory during burning, it is assumed that the cloud was of water, although an initial amount of only 260 g of water was released.

On February 23, 1971, and on March 18, 1972, the Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales (ONERA) performed two launchings of the Tibère experimental rocket at the Landes Test Centre, on the southwestern coast of France (Figure 1). These experiments aimed at a detailed analysis of the electrical phenomena appearing during the reentry into the atmosphere of hypersonic vehicles. The Tibère rocket is a three-stage solid fuel rocket that burns from the ground to an altitude of 28 km during the first two stages and then from about 150 to 70 km during the third stage, when the capsule is accelerated toward the ground.

These two experiments were followed by the display, at an altitude of about 80 km, of a growing exhaust trail. On the first occasion the trail was observed and photographed only by chance; on the second, since we were informed of the launching time, improved photogrammetric measurements were made.

CLOUD OF FEBRUARY 23, 1971

The first launching occurred on February 23, 1971, at 1809 UT, about 26 min after local sunset.

The third stage burned from exactly 130- to 60-km altitude; some minutes later a white cloud shining in the dark sky to the northwest was seen from Lannemezan: as there was an area of high pressure over France, the weather was fair, and the cloud was visible from many parts of the country, especially in the south. A photograph (appearing as the cover photograph of the *Journal de Recherches Atmosphériques*, issue 2, 1971) was taken at 1816 from Muret at a distance of about 300 km southeast of the cloud. An approximate triangulation between Lannemezan and Muret gave an altitude of 75–80 km (uncertainty of about 5 km).

During the early stage of its life the cloud appeared as a large and thick lenticular cloud with sharp outlines and, as observed from the Puy de Dôme, was iridescent. Then a veil of cirrus escaped from the west side of the cloud, which progressively lost its characteristic sharpness of outline. At 1835, after the sun had left it, the whole cloud was like a cirrus with ragged outlines.

CLOUD OF MARCH 18, 1972

The second launching occurred on March 18, 1972, at 1819 UT, about 5 min after local sunset. The third stage burned from 1823 at an altitude of 159 km to 1824 at an altitude of 77 km. While this stage was burning, the rocket left a visible exhaust trail behind it; the trail disappeared after some seconds

except on a short length of the trajectory: this small segment of the trail became more and more visible, and at its upper and lower extremities two trails expanded in opposite directions. At 1840 the cloud had the shape of the capital letter Z, with surrounding lobes scarcely visible on photographs. The cloud kept this shape until the sun left it, but the central bar of the Z became more horizontal (Figure 2). The last photograph was taken at 1903.

Five photogrammetric stations were operating, but because of some layers of stratocumulus in the southwest of France measurements were possible only on the photographs taken minute by minute from Lisle-en-Dodon and Toulouse. The successive horizontal projections of the segment and the relevant altitudes are plotted in Figure 3. The ends of the horizontal bars of the Z cloud at 1857 are also plotted.

All the points of the cloud between 1835 and 1857 lie within the layer of 79–92 km, and in spite of an uncertainty of 1 km in the altitudes it seems that the cloud body was ascending nearly 2 km in 20 min. The movement of the clouds indicates a 30 m s^{-1} northward horizontal wind; the shear measurement is ambiguous, but there is probably a loop in the wind hodograph at 86–88 km.

DISCUSSION

Reporting a similar observation of a high-altitude Minuteman exhaust trail, Daniel *et al.* [1973] suggested that the scattering of light by aluminium oxide particles was

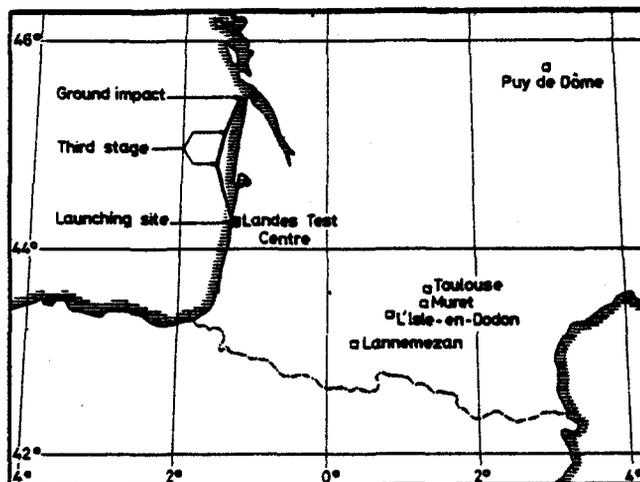


Fig. 1. Horizontal projection of the rocket trajectory for the two launchings and the location of the stations for cloud photogrammetry.



Fig. 2 The artificial noctilucent cloud as seen from Toulouse on March 18, 1972 at 1854 UT at a distance of about 300 km.

predominant and that ice crystals had dissipated. Although the exhausts are made up of the same constituents (N_2 , H_2 , CO , CO_2 , H_2O , HCl , Al_2O_3 , and Al), the persistence and the growing of the trail only along a very short part of the burning trajectory indicate that the cloud was composed of water droplets, aqueous HCl droplets, or, more probably, of ice crystals: the cloud is well inside the region of possible water clouds, that is to say, the region where the ambient pressures exceed the saturation vapor pressures (Figure 4). The surrounding regions are regions of exclusion, as was pointed out by Mc Donald [1963].

On a 10-km-long trajectory the rocket produces 260 g of HP , 520 g of HCl , and 1600 g of Al_2O_3 . These exhausts can contribute to a water cloud formation by the following processes:

1. There is condensation of the water vapor released; the droplets rapidly become ice crystals because the temperature is about $-70^\circ C$ and also because Al_2O_3 particles are ice-nucleating. With a total amount of only 260 g of H_2O this process seems insufficient to produce a cloud of such great extent as the cloud of February 23, 1971.

2. There is condensation of the water vapor released and then sublimation of atmospheric water vapor on the artificial ice crystals and perhaps also on the Al_2O_3 particles. The formation of natural noctilucent clouds at about the same altitudes is now generally explained by this process, the ice crystals being formed on dust nuclei of cosmic origin [Chapman and Kendall, 1965]. The sublimation may occur at a temperature above the dew point, because ice crystals and the Al_2O_3 particles are cooler than the ambient air owing to radiative cooling at sunset [Higuchi, 1968].

Special attention must be paid to a possible upward vertical current at the cloud level on March 18, 1972. Justus and Edwards [1971], observing chemical puffs released from rockets, have found at this level upward or downward vertical winds of up to several meters per second. These vertical velocities could be an obstacle to the occurrence of noctilucent clouds or a cause of their dissipation in some cases.

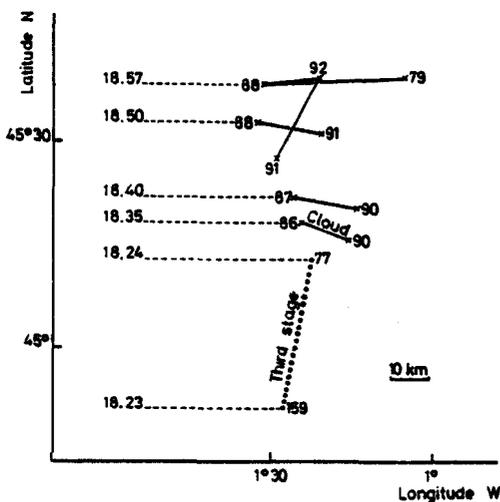


Fig. 3. Horizontal projections of the rocket trajectory during the burning of the third stage and of the artificial noctilucent cloud at different times on March 18, 1972. Altitudes of the relevant points are in kilometers.

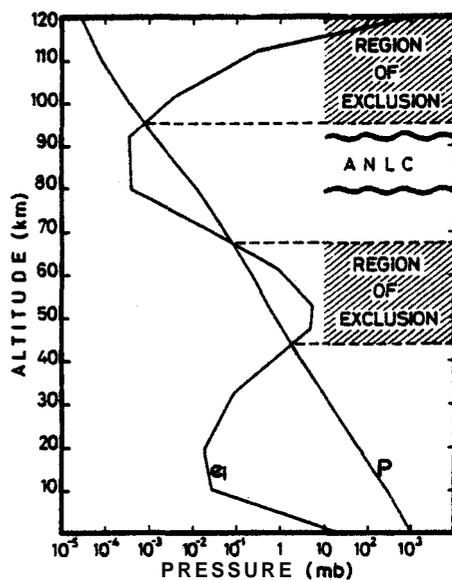


Fig. 4. Pressures P and saturation vapor pressures e_i over ice (or over water for positive temperatures) for mid-latitude atmosphere in spring and fall. Values are computed from data in U.S. Standard Atmosphere Supplements, 1966. The level of the artificial noctilucent cloud (ANLC) of March 18, 1972, is indicated.

CONCLUSION

On two occasions in late winter at a latitude of 45°N the exhaust of a rocket has produced what appears to be exactly like an artificial noctilucent cloud (ANLC). The persistence and growth of the rocket trail only near the mesopause and at the level of minimum temperature indicate that the ANLC thus produced is made up of water: the extent of the cloud and its lifetime suggest that in view of the small amount of H₂O released by the rocket the atmospheric water content is relatively high. These observations confirm that creating ANLC at different latitudes is quite possible [Meinel *et al.*, 1963] and that the negative results of previous experiments to create ANLC over Alaska [Fogle, 1966] were probably due to the water being released at too low an altitude.

Acknowledgments. The authors wish to thank ONERA for its help in the organization of the experiments described in this paper. Thanks are also extended to J. Béguin, B. Campistron, J. P. Lacaux, Pham Van Dinh, F. Romeuf, and J. Saissac for their work at the photogrammetric stations.

REFERENCES

- Chapman, S., and P. Kendall. Noctilucent clouds and thermospheric dust: Their diffusion and height distribution. *Quart. J. Roy. Meteorol. Soc.*, **91**, 115-131, 1965.
- Daniel, O. H., H. W. Brandli, and J. Ernst, High-altitude Minuteman exhaust trail. *Mon. Weather Rev.*, **101**, 56-57, 1973.
- Fogle, B. Recent advances in research on noctilucent clouds. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, **47**, 781-787, 1966.
- Higuchi, K. Growth of ice crystals under radiative cooling. in *Proceedings of the International Conference on Cloud Physics, Toronto*, pp. 265-267. American Meteorological Society, Boston, Mass., 1968.
- Justus, C. G., and H. D. Edwards, Winds observed from July 1968 through November 1970 in the 83 to 216 km altitude region, final report, 55 pp., AFCRL-71-0311, Air Force Cambridge Res. Lab., Bedford, Mass., 1971.
- Mc Donald, J. E., Cloud-ring in the upper stratosphere. *Weatherwise*, **16**, 99, 148, 1963.
- Meinel, A. B., B. Middlehurst, and E. Whitaker, Low-latitude noctilucent cloud of 15 June 1963. *Science*, **141**, 1176-1178, 1963.

(Received December 10, 1973;
accepted January 2, 1974.)

Autres annexes au Compte-Rendu de Visite n° 49/0782

- "Thermal plume study using radar and chaff", H.Sauvageot et G.Lafon, 19th conf, on radar meteorology, avril 80.
 - Physique de l'atmosphère, Communic. à l'Acad, Sc, Paris, t.279 (28 octobre 74) série B p. 479-482, par B.Campistron et H. Sauvageot.
 - "Spectral analysis of stratiform cloud radar observations", X.Henrion, Geophysical Research Letters (Sept. 77), p. 360-362.
 - "Dual Doppler radar analysis of a convection line", B.Campistron et H.Sauvageot, 20th conf. on radar meteorology, Nov.-Déc. 81.
 - "Finestructure of precipitation and temperature in a stratocumulus cloud", X.Henrion, H.Sauvageot et D.Ramond, Journal of the Atmospheric Sciences, vol.35, n° 12, Décembre 78.
 - "Intense atmospheric vortices associated with a 1000 MW fire", C.R. Church et J.T.Snow, et J.Dessens, Bulletin of the American meteorological society, vol.61, n° 7, Juillet 80.
-



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS : MILITAIRE - SISMIQUE -
ELECTROMAGNETISME - OPTIQUE -
ACOUSTIQUE

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 51/ 0782 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

ARRETE DE :

NOM : F. LOUANGE

NOM : A. ESTERLE

NOM :

VISA : *F.L.*

VISA :

VISA :

LIEU : BRUYERES-LE-CHATEL

DATE : 06.07.82

OBJET DE LA VISITE : Prise de contact

LABORATOIRE VISITÉ : L.D.G.
Laboratoire de Détection et
de Géophysique
ADRESSE : Commissariat à l'Energie Atomique
BRUYERES-LE-CHATEL

N° C.N.R.S. :

TÉL. : (6) 490.92.80 (Poste 49.92)

PERSONNES RENCONTRÉES - CONTACTÉES : M. MEESTERS

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION : (Annexe classifiée CONFIDENTIEL DEFENSEI)

Implanté à Bruyères-le-Chat21 (près d'Arpajon) sur un site protégé, le Laboratoire de Détection et de Géophysique du C.E.A. gère des systèmes de détection qui appartiennent au D.A.M. (Direction des Applications Militaires) et à la Direction des Essais (tirs du Pacifique). En fait, ses activités débordent assez largement sur le domaine de la recherche civile,

Monsieur MEESTERS, responsable de l'étude des matériels, a fait une présentation des systèmes de détection et de leurs possibilités, assisté par Monsieur MASSINON pour la partie sismologique. Le compte-rendu de ces exposés figure dans l'annexe classifiée.

oooooooooooooooooooo



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS :

RADAR - IONOSPHERE - METEOROLOGIE -
GEOMAGNETISME

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 52 / 0782 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

~~ARREKXUXNE~~ :

: F. LOUANGE

NOM : A. ESTERLE

NOM :

VISA : *F.L.*

VISA :

VISA :

LIEU : PARIS

DATE : 07.07.82

OBJET DE LA VISITE : Prise de contact

LABORATOIRE VISITÉ : Laboratoire de Physique de
l'exosphère

ADRESSE :

Université de Paris VI

4, Place Jussieu

75230 PARIS CEDEX 05

TÉL. : (1) 336.25.25 (Poste 49.40)

N° C.N.R.S. :

PERSONNES RENCONTRÉES - ~~CONTACTÉES~~ : M. DELLOUE

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION :

I. Vontact préliminaire.

Un premier contact téléphonique a été pris avec le Professeur DELLOUE le 5 Juillet. Après avoir écouté les explications sur les nouvelles orientations du GEPAN, sa première réaction a été de dire qu'il ne voyait pas en quoi les travaux de son laboratoire pourrait concerner directement la détection des phénomènes aérosyriaux rares.

L'instrument de travail de son laboratoire est un radar décimétrique à longue portée, utilisant l'ionosphère comme réflecteur, et permettant de mesurer l'état de surface de la mer. Etant donnée sa longueur d'onde de travail, ce radar voit de nombreux phénomènes secondaires (météores, avions,...), mais cela n'est pas le but de la petite équipe de chercheurs très spécialisés qui s'en sert.

A priori, le seul rapprochement que voyait Monsieur DELLOUE entre ses activités et le GEPAN était la localité de VALENSOLE où est installé le radar, sur un ancien terrain d'aviation, à 4 Km à vol d'oiseau du site où a été rapporté le fameux cas de non-identifié. Néanmoins, Monsieur Delloue a accepté avec plaisir de recevoir la visite du GEPAN dans son laboratoire.

II, Le radar à rétrodiffusion ionosphérique.

Utilisé par une petite équipe d'une dizaine de personnes, ce radar, dit "transhorizon", fonctionne entre 1 et 30 MHz (10 et 500 m), ce qui lui permet d'atteindre 3500 Km en portée par réflexion sur l'ionosphère. Son utilisation demande une bonne connaissance des différentes couches de l'ionosphère (très étudiée dans les années 1972-73), car le transit à travers ces couches ionosphériques affecte sensiblement le signal : des corrections assez compliquées doivent être appliquées au temps de groupe, et en mode Doppler il faut tenir compte des variations du chemin optique dues à la dynamique du plasma ionosphérique.

Les radars du laboratoire sont implantés à Valensole, près de Manosque, et assurent 2 zones de couverture : la Mer du Nord et l'Atlantique. Les antennes d'émission et de réception sont actuellement séparées. En ce qui concerne la directivité en azimut, les antennes visant la Mer du Nord mesurent 150 m de long, ce qui correspond à une largeur de lobe principal de 7.5° à 15 MHz; les antennes visant l'Atlantique, dont le lobe mesure actuellement 3° , seront triplées en 1983, ce qui leur permettra d'atteindre 1° (1100 m de long). En site, ces antennes sont très peu directives (réponse quasiment constants de 0° à 45°), ce qui n'est pas gênant car la résolution en site est obtenue en mesurant le temps de propagation (tir à 45° pour une cible à 1030 Km, tir horizontal à 0° pour une cible à 3500 Km),

La puissance émise maximale est de 100 KW crête, les impulsions étant de 100 à 500 μ s. Sur l'Atlantique, une superficie égale à 4000000 Km² est actuellement couverte, et cette valeur sera augmentée lorsque sera introduite la possibilité de déphaser en bloc tous les signaux élémentaires d'antenne, permettant un certain débattement vers le nord ou vers le sud.

III. Les cibles visibles.

Le relief du sol crée des échos, et l'on sait détecter la présence d'une ville, dont la section efficace apparaît comme plus ou moins forte en fonction des activités industrielles qui peuvent y être implantées.

Sur mer, indépendamment de l'application principale qui fait l'objet du paragraphe suivant, on peut détecter les bateaux importants, grâce à leur taille et à l'effet Doppler.

Les avions possèdent des signatures radar caractéristiques, et peuvent être localisés assez précisément à grande distance, Il y a une dizaine d'années, aux U.S.A., on a pu vérifier le suivi des plans de vol des avions avec un radar de ce type.

Les traînées ionisées créées par les météores ont des signatures particulières, et leur détection dépend de la direction de ces cibles linéaires.

Les fusées en propulsion sont détectables de très loin, car la coabustion entraîne des phénomènes de déplétion (diminution de la densité électronique). Des études ont été faites pour l'armée il y a une dizaine d'années, au cours desquelles on a rassemblé une collection de signatures sur Jape Canaveral (une fusée Atlas Agena a pu être repérée à 7500 Km !). La signature ne caractérise pas le dard mais la diffusion, et la détection, qui dépend de la gamme d'altitude dans le plasma ionosphérique, est conditionnée à la fois par la taille de la cible et par le contraste sur le bruit de fond ($\Delta N/N$ suffisant). Toute la difficulté de l'opération réside dans la précision du tir radar, car il faut attendre un peu après le passage de la fusée pour que l'effet sur l'ionosphère (qui est prolongé) soit sensible. Les Américains ont des radars opérationnels implantés partout, mais cette technique devient peu à peu obsolète avec l'apparition de satellites de détection.

La probabilité de détecter des phénomènes aérospatiaux rares est quasiment nulle, ne serait-ce qu'en raison du fait que le traitement associé au signal reçu par le radar comporte une intégration sur une certaine durée. Un phénomène aussi impulsionnel de nature que la foudre, par exemple, passe totalement inaperçu.

IV. Etude de la surface de la mer.

L'application principale du radar à rétrodiffusion ionosphérique porte sur l'étude de l'état de surface de la mer, qui fournit des données précieuses à la météorologie (cartes des vents, etc...). La mer présente en effet un spectre directionnel : de 0 à 180° la combinaison des ondes diffusées et diffractées forme un spectre de Fourier dont on peut mesurer l'amplitude en fonction de la fréquence.

La première application porte sur un effet du premier ordre : les vagues qui se déplacent dans la direction de tir du radar sont détectées selon un "effet Bragg" ($\lambda/2=L$ à un cosinus près). Leur vitesse (liée à la dispersion des ondes de gravité) et l'effet Doppler associé se trouvent automatiquement sélectionnés par le choix de la longueur d'onde λ . Il faut noter que l'utilisation de plusieurs valeurs de λ est extrêmement délicate car l'altitude de réflexion dans l'ionosphère varie avec λ .

On compare les amplitudes relatives des raies Doppler positive et négative (respectivement A_+ et A_-) de part et d'autre de la fréquence d'émission : si $A_+/A_- > 1$ les vagues s'éloignent du radar et si $A_+/A_- < 1$ elles s'en rapprochent.

Or il existe des relations entre la direction du vent par rapport à la direction du tir radar et le rapport A_+/A_- , qui permettent d'établir des cartes des vents détaillées (une mesure par cellule de résolution au sol).

Vos données sont précieuses pour la Météorologie Nationale, qui paie un ingénieur pour faire une thèse au laboratoire de Monsieur Delloue.

D'autres applications portent sur l'étude des courants de surface qui se superposent aux vagues : ceux-ci provoquent un effet Doppler supplémentaire qui se traduit par un décalage de la symétrie des 2 raies Doppler A_+ et A_- , proportionnel à la composante radiale du courant.

Si l'étude des grands courants se fait plus aisément à l'aide de satellites d'observation, le radar permet la mise en évidence de petits tourbillons d'environ 100 Km de diamètre, qui représentent des phénomènes dynamiques dont on ne sait pratiquement rien. On essaie actuellement de suivre l'évolution de la vie de ces phénomènes locaux (précision de mesure de l'ordre de 10 cm/s).

Le module du vent est lié à l'état d'agitation de la mer. Le laboratoire essaie d'analyser finement l'énergie spectrale reçue, en tenant compte des bandes latérales autour de A_+ et A_- (30 dB au-dessous !), et en comparant les résultats à une vérité-mer issue de mesures faites sur des bouées.

D'une façon générale, les décalages Doppler mis en jeu sont de l'ordre de ± 1 Hz, le spectre est étudié jusqu'à 2 à 5 Hz avec une résolution de l'ordre de 1/100 Hz. La mer est considérée comme aléatoire avec une stationnarité de l'ordre du quart d'heure en temps et de l'ordre de 30 à 50 Km spatialement. L'ionosphère a une stationnarité de l'ordre de 1 mn en temps et de 10 Rn dans l'espace.

On prélève donc une série d'échantillons que l'on moyenne sur 1/4 heure, et l'on moyenne des pinceaux adjacents.

Les moyens de calcul du laboratoire consistent en Un mini-calculateur PDP 11/03 auquel est coulé un array processeur MAP 200.

Les radars ne sont pas opérationnels en continu, mais fonctionnent en moyenne une semaine par mois.

V. Autres expérimentations.

A l'aide d'une autre installation implantée près de Bordeaux, sur un terrain du C.I.A., et comportant une antenne d'émission et une antenne de réception de 300 m (lobe de 4°), le laboratoire étudie les "irrégularités aurorales". Il s'agit d'irrégularités du champ magnétique terrestre, liées au champ électrique de convection, que l'on constate entre l'Angleterre et la Norvège. Les points singuliers sont localisés, et les spectres étudiés sont de l'ordre de 10 à 20 Hz.

Les radars peuvent servir à détecter les modifications de l'ionisation dans l'atmosphère (objets qui traversent l'atmosphère), et il est certain que si un objet créait une ionisation (MHD?), sa présence serait détectée. La dynamique de réception du radar atteint 60 à 3 au-dessous du maximum.

Il faut noter également la détection des explosions atomiques, qui avait fait l'objet de travaux qui avaient intéressé les Américains. Ceux-ci avaient attribué au laboratoire une bourse de 40 K\$ pendant 7 ans de suite, ce qui avait permis d'équiper le ventre de Valensole.

Monsieur DELLOUE est conseiller scientifique au IDG (voir le CR 510782), ce qui explique l'installation de ses antennes au CESTA, près de Bordeaux.

VI. Le cas de Valensole.

En marge du motif originel de la visite, Monsieur DELLOUE a bien voulu reparler de ce célèbre cas de 1/65. La station, qui avait démarré ses activités en 1960, était fermée cet été-là, et M. Delloue n'était donc pas sur place au moment des événements, qui ont eu lieu à 4 Km à vol d'oiseau, de l'autre côté du village de Valensole.

Le témoin, que M. Delloue connaît un peu, était considéré comme une personne très sérieuse et parlant peu. Il a déclaré avoir vu un "engin" posé au sol et une ou deux "créatures"; en essayant de s'en approcher, il s'est senti frappé de paralysie; les créatures ont regagné l'engin, qui est reparti, laissant derrière lui des traces sur le sol (champ de lavande) évoquant un tripode et des brûlures.

La gendarmerie a appris l'évènement par la presse, et s'est fait accabler de reproches par la préfecture de Digne et d'autres autorités. Sa réaction a alors été d'ennuyer le témoin, à tel point que celui-ci s'est totalement renfermé. W. Delloue pense qu'il ne lui serait pas impossible d'aller lui parler, si cals devait être utile.

Il a été mis en avant à propos de ce cas que Valensole était une zone d'entraînement pour une base d'hélicoptères de la région, mais selon M. Delloue il y en avait très peu en 1965.

Monsieur Delloue a remis à Monsieur Esterle tout un dossier "OVNI" qu'il gardait, contenant des revues et des lettres (correspondances avec A. Michel et d'autres ufologues).

VII. Foudre en boule.

A propos de ce phénomène, M. Delloue affirme avoir été témoin du phénomène suivant : alors qu'il roulait en voiture sur une route que longeait, à 200 m de là, une ligne à haute tension, un gros orage a éclaté. A la suite d'un coup de foudre particulièrement violent, il a vu se former sur la ligne une boule lumineuse de quelques mètres de diamètre qui a suivi la ligne d'un pylône au pylône suivant, à une vitesse estimée à quelques m/s.

oooooooooooooooooooo



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS :

ASTRONOMIE - CAMERA

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 53 / 0782 /

~~VISITE EFFECTUÉE PAR :~~

APPEL \bar{O} DE :

NOM : F. LOUANGE

NOM :

NOM :

VISA : F.L.

VISA :

VISA :

LIEU : MARSEILLE

DATE : 13.07.82

OBJET ~~DE LA VISITE~~ : Prise de contact

LABORATOIRE * — : Laboratoire d'Astronomie

ADRESSE :

Spatiale
C.N.R.S.
Traverse du Siphon
Les Trois Lucs
13012 MARSEILLE

N° C.N.R.S. : 60-7421

TÉL. : (91) 66.08.32

PERSONNES ~~RENCONTRÉES~~ - CONTACTÉES : M. CRUVELLIER

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION :

Le L.A.S. (Laboratoire d'Astronomie Spatiale) de Marseille, que dirige Monsieur COURTES, a pour spécialité l'observation dans l'ultraviolet lointain. Il est en particulier équipé en caméras à grand champ et présente de ce fait un intérêt potentiel pour la détection des phénomènes aérospatiaux rares.

Un entretien téléphonique avec le sous-directeur, Monsieur CRUVELLIER, a mis en évidence un intérêt réciproque à organiser une rencontre au laboratoire. Celle-ci ne pourra avoir lieu qu'en Septembre, en raison de la fermeture en Août du laboratoire.

Le L.A.S. possède une caméra de 120° de champ pour la photographie dans l'ultraviolet depuis le sol. Monsieur CRUVELLIER est intéressé par les enregistreurs CCD, les systèmes de traitement en temps réel, et d'une façon générale par les directions que semble prendre l'activité de détection du GEPAN.

De plus, le L.A.S. est très impliqué dans des projets d'observation spatiale, et il semble tout-&-fait disposé à mettre sur pieds une procédure par laquelle une plaque photographique qui montrerait un phénomène inexplicable par l'astrophysique pourrait être transmise au GEPAN. Concrètement, cela pourrait porter, à court terme, sur le projet franco-soviétique PIRAMIG (à bord de SALIOUT 7) qui met en jeu une caméra de 40° de champ, et sur le vol de SPACELAB au cours duquel une caméra de 60° sera utilisée.

Monsieur CRUVELLIER signale cependant qu'en plusieurs années d'expérience il n'a jamais vu se présenter ce cas. Il évoque une photographie d'astronome amateur qui montrait un "OVNI" qui s'est révélé dû à un défaut dans la gélatine, et une plaque issue d'un vol spatial qui montrait un grand nuage dont on a découvert la nature par la suite.

Le L.A.S. est également impliqué dans l'analyse de missions d'étude d'astéroïdes, pour le compte de l'ESA et du CNES. A suivre.



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS :

ELECTROMAGNETISME - RADAR -
TURBULENCE - IONOSPHERE

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 54 / 0782 /

~~VISITE EFFECTUÉE PAR :~~

APPEL $\bar{\sigma}$ DE :

NOM : F. LOUANGE

NOM :

NOM :

VISA : *F.L.*

VISA :

VISA :

LIEU : TOULON

DATE : 13.07.82

~~OBJET DE LA VISITE :~~ Prise de contact

LABORATOIRE VISITE : Laboratoire de Sondage élec-
tromagnétique de l'environne-
ADRESSE : ment terrestre
C.N.R.S.
Boulevard des Armaris
83100 TOULON

N° C.N.R.S. : 07-0668

TÉL. : (94) 27.13.49

PERSONNES RENCONTRÉES - CONTACTÉES : M. BROCHE

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION :

Le Laboratoire de sondages électromagnétiques de l'environnement terrestre de Toulon, que dirige le Professeur CROCHET, étudie les interactions des ondes électromagnétiques avec les milieux naturels inhomogènes (atmosphère, ionosphère, océan).

En l'absence de Monsieur Crochet, un entretien téléphonique avec Monsieur BROCHE a permis d'identifier un thème de recherche du laboratoire susceptible de présenter un intérêt direct pour la détection des phénomènes aérospatiaux rares. Il s'agit des mesures effectuées à l'aide du "radar ST" (stratosphère/troposphère), dont Monsieur CROCHET est personnellement responsable. Bien qu'il apparaisse nécessaire de reprendre contact avec le laboratoire lorsque Monsieur Crochet sera de retour, Monsieur Broche a bien voulu fournir quelques indications sur cette activité.

Le radar ST est également appelé "radar air clair", car il permet d'effectuer des mesures directes de l'atmosphère sans recourir à des phénomènes annexes : alors que des radars de type Ronsard "voient" les précipitations, et que les radars météorologiques utilisent les traînées ionisées des météores comme réflecteurs, le radar ST, qui fonctionne à 50 MHz, est adapté pour que la section efficace des phénomènes turbulents de l'atmosphère soit suffisante pour constituer des échos. Des mesures directes de la vitesse du vent à certaines altitudes **sont alors possibles.**

Les phénomènes turbulents détectés sont en particulier créés par l' "électrojet équatorial" : des faisceaux d'électrons qui arrivent à l'équateur à des vitesses supersoniques créent des cellules de sur-ionisation et de sous-ionisation qui se comportent comme autant de réflecteurs pour le radar. Il faut également mentionner les zones aurorales où des instabilités de plasma dans les couches E et F de l'ionosphère constituent des échos.



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS :

ASTRONOMIE - OPTIQUE - TURBULENCE -
CAMERA

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 55 / 0782 /

~~VISITE EFFECTUEE PAR :~~

APPEL $\bar{\sigma}$ DE :

: F. LOUANGE

NOM :

NOM :

VISA : *F.L.*

VISA :

VISA :

LIEU : NICE

DATE : 19.07.82

OBJET DE LA VISITE : Prise de contact

LABORATOIRE VISITE : Institut de Mathématiques et
de Sciences Physiques
ADRESSE : Département d'Astrophysique
Parc Valrose
06034 NICE CEDEX

N° C.N.R.S. : 07-0669

TEL. : (93) 51.91.00

PERSONNES RENCONTREES - CONTACTÉES : M. VERNIN

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION :

Le Département d'Astrophysique de l'Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques de l'Université de Nice a pour vocation l'étude optique de phénomènes aléatoires en astrophysique et en physique atmosphérique. Il est dirigé par le Prof. RODDIER.

L'un des thèmes de recherche du laboratoire présente a priori un intérêt potentiel pour la détection des phénomènes aérospatiaux rares : l'étude de la turbulence et des vents dans la troposphère et dans la stratosphère, par analyse statistique de la scintillation stellaire. Monsieur VERNIN, qui est responsable de cette activité, a soutenu une thèse intitulée "La scintillation des étoiles comme diagnostic à distance de la turbulence atmosphérique", dont il a envoyé un exemplaire (voir en annexe un extrait).

Le principe de la mesure de la vitesse au vent à une altitude donnée par observation d'une étoile double repose sur le fait qu'aux altitudes considérées les turbulences se comportent comme des lentilles. Les "défauts" observés du sol se déplacent comme les couches turbulentes. Deux étoiles proches projettent au sol une structure identique, mais qui se trouve décalée d'une distance proportionnelle à l'altitude de la couche. Monsieur VERNIN propose que ce thème soit approfondi à l'occasion d'une rencontre à organiser à Nice en Septembre.

En effet, la conversation a permis de se rendre compte qu'une difficulté technologique très particulière à laquelle se heurte M. VERNIN, et à cause de laquelle il a acquis des compétences et de la documentation tout-à-fait uniques, concernerait très probablement le dispositif de détection optique proposé sur GEPAN. Le problème est celui de la réception, de l'amplification et de la conversion d'images stellaires obtenues avec des temps de pose très courts. En effet, si les photographies astronomiques et les divers dispositifs de pointage optique vers les étoiles s'accommodent fort bien de temps de pose importants (secondes, minutes, ..), le principe-même des travaux de M. VERNIN exige des temps de l'ordre de la milliseconde.

Dans le cas d'une étoile de magnitude 3 ou 4, un temps de pose de 1 ms permet de recueillir sur chaque "pixel" (correspondant à 1 cm² de pupille) une vingtaine de photons seulement. Ceci a donc conduit M. VERNIN à étudier toutes les possibilités : caméras de TV, tubes image très sensibles, amplificateurs de brillance, etc,...

La difficulté majeure consiste à trouver un système qui soit à la fois très sensible et très "rapide" (sans rémanence). Les premiers essais ont porté sur des amplificateurs de brillance électrostatiques; leur défaut principal était que les phosphores du commerce étaient sensibles mais trop lents (développés pour des applications militaires) : l'image se brouillait et le contraste disparaissait. Des essais d'utilisation de caméras de TV se sont révélés négatifs, car la rémanence d'une trame TV à la suivante est de l'ordre de 20 à 30%, ce qui se traduit par une chute du contraste en cas de nouveauent rapide.

Ces derniers temps, le laboratoire travaille sur un amplificateur de brillance à temps de réponse rapide, avec une bonne qualité de transformation photons/électrons. Une société française commercialise des tubes allemands utilisant des phosphores dont le temps de vie est de l'ordre de 100 ns, mais dont le rendement est très faible (le rendement correspond à la densité d'électrons accélérés sur le phosphore pour émettre des photons. Les phosphores courants, de type "P20", retransmettent dans le vert avec un rendement voisin de l'unité, mais les phosphores très rapides voient leur rendement décroître par un facteur égal à 5 ou 6).

M. VERNIN a également évoqué les possibilités des cellules CCD (Charge Coupled Device) ou des photodiodes, qui peuvent être très dynamiques, avec un rendement voisin de l'unité et sans distorsion ni rémanence. On peut équiper une caméra de CCD pour environ 50 KF ; la difficulté est alors d'avoir une fenêtre d'entrée à fibres optiques pour réaliser le couplage avec un photomultiplicateur.

M. VERNIN ayant beaucoup d'idées sur ces questions, ainsi qu'une documentation assez unique, il est donc convenu qu'une visite sera organisée en Septembre à Nice. Il est clair que la détection de phénomènes lumineux sporsdiques de faible intensité (comme les "étoiles filantes¹⁾), si elle se fait par voie optique, nécessitera le traitement de séquences de type video. La durée d'une trame standard TV étant de 20 ns, les problèmes de détection risquent d'être assez voisins de ceux de M. VERNIN, même si les temps de pose "autorisés" sont un peu plus confortables que pour son application.

oooooooooooooooooooo

UNIVERSITÉ DE NICE

THESE

présentée à

l'U.E.R. Institut de Mathématiques et Sciences Physiques
et à l'Observatoire de l'université de Nice

pour obtenir le grade de

DOCTEUR ÈS SCIENCES PHYSIQUES

par

Jean VERNIN

TITRE :

La scintillation des étoiles comme diagnostic
à distance de la turbulence atmosphérique

Soutenue le 21 Février 1979. devant la Commission d'examen

JURY :

M. F. RODDIER	Président
MM. J. BARAT	Rapporteur
M. COANTIC	Examineur
P. DELACHE	Examineur
J.-L. LACOUME	Rapporteur
A. RIGHINI	Rapporteur
M. H. TEITELBAUM	Membre invité

PHYSIQUE ATMOSPHERIQUE. — *Détection au sol de la turbulence stratosphérique par intercorrélation spatioangulaire de la scintillation stellaire.* Note (*) de MM. Jean Vernin et François Roddier, présentée par M. Edmond A. Brun. ...

On montre qu'il est possible de détecter optiquement, a partir du sol, la présence de turbulence dans la stratosphere, par analyse statistique de la scintillation d'une étoile double.

A notre connaissance, la turbulence stratosphérique n'a pu être étudiée jusqu'ici que par des mesures *in situ* en ballon ou en avion. Nous proposons ici une méthode d'investigation optique permettant par nuit claire d'observer de façon continue, depuis le sol, la région 10-20 km.

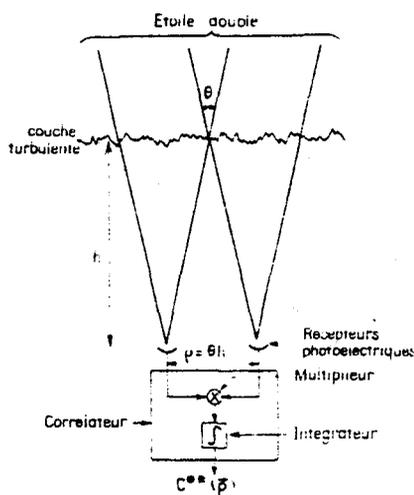


Fig. 1. — Schema du dispositif optique et électronique d'intercorrélation spatio-angulaire.

THÉORIE. — Lorsqu'une onde plane issue d'une étoile traverse une couche turbulente atmosphérique, elle subit des différences de marche aléatoires. On observe au sol la figure de diffraction de Fresnel produite par la couche turbulente. Les fluctuations d'éclairement observées $I(r, a, t)$ sont une fonction aléatoire de la position r du point d'observation, de la direction a de l'étoile et du temps t .

Lorsqu'on observe en deux points, r_1 et r_2 , la scintillation produite par une étoile double dont les composantes ont pour direction a , et a_2 , les fluctuations, produites par une couche turbulente d'altitude h , ont pour fonction de corrélation spatiale $[^{(1)}, ^{(2)}]$:

$$C^{**}(\rho) = (I_1^2 + I_2^2) C_h(\rho) + I_1 I_2 [C_h(\rho - \theta h) + C_h(\rho + \theta h)],$$

ou $\rho = r_1 - r_2$, $\theta = a_1 - a_2$, I_1 et I_2 sont les éclaircissements moyens produits par chacune des composantes et $C_h(\rho)$ l'autocorrélation spatiale normée que produirait une étoile simple.

On montre $[^{(1)}, ^{(2)}]$ que la différence entre l'intercorrélation mesurée parallèlement à l'étoile double C^{**} et celle mesurée perpendiculairement C_{\perp}^{**} est une bonne approximation de $C_h(\rho - \theta h)$ lorsque $\rho \sim \theta h$. Connaissant θ , la mesure du décalage θh de cette fonction permet d'estimer l'altitude de la couche turbulente. L'amplitude de cette fonction pour $\rho = \theta h$ permet d'estimer la constante de structure des fluctuations de l'indice de réfraction intégrée sur l'épaisseur Δh de la couche turbulente $^{(3)}$ que l'on notera $C_N^2 \Delta h$.

DISPOSITIF EXPERIMENTAL. — Il est schématisé sur la figure 1. il comporte deux lunettes parallèles dont les pupilles d'entrée, de diamètre inférieur à 3 cm. peuvent être écartées continûment de 0 à 20 cm. Elles peuvent tourner ensemble de 360° autour de la direction

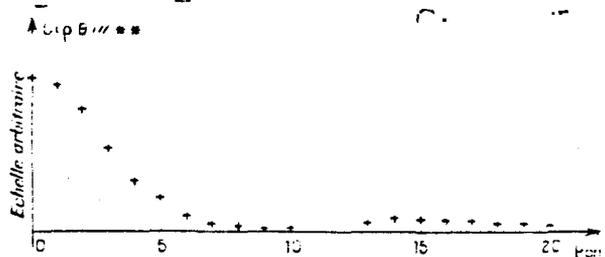


Fig. 2. — Intercorrélation spatio-angulaire mesurée pour ρ et θ parallèles.

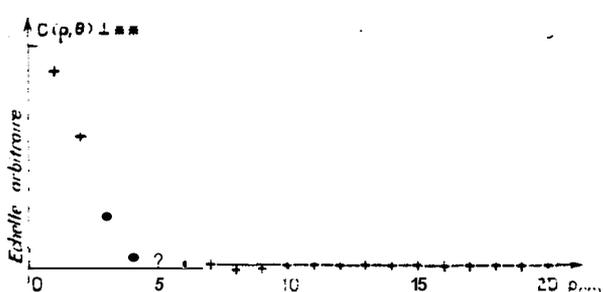


Fig. 3. — Intercorrélation spatio-angulaire mesurée pour ρ et θ perpendiculaires.

visée. Un diaphragme de champ, au foyer de chaque lunette, permet d'isoler l'étoile choisie du fond du ciel. Deux photomultiplicateurs réfrigérés recueillent la lumière et fournissent un courant amplifié par des électromètres rapides (0-1 kHz). Le traitement des signaux est fait en temps réel par un corrélateur numérique.

RÉSULTATS. — Les mesures ont été faites sur l'étoile double *Castor* (α Gemi qui présente deux composantes, distantes de 2" d'arc (10^{-7} rd), suffisamment brillantes et de magnitudes sensiblement égales. On peut ainsi explorer l'atmosphère terrestre jusqu'à l'altitude :

$$\rho_{max} \theta = 20 \text{ km.}$$

La figure 7 montre une intercorrélacion C^{**} obtenue le 4 décembre 1973 à 2 h à l'Observatoire de Haute Provence. La figure 3 montre l'intercorrélacion C_f^{**} correspondante. Nous avons porté sur la figure 4 la différence $C^{**} - C_f^{**}$. Un tri résultat peut s'interpréter en admettant l'existence d'au moins trois couches turbulentes dont les caractéristiques sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

TABLÉAU

h	3 km	13 km	17 km
$C_f^2 \Delta h$	$0,2 \cdot 10^{-16} \text{m}^{-13}$	$0,9 \cdot 10^{-12} \text{m}^{-13}$	$0,6 \cdot 10^{-12} \text{m}^{-13}$

DISCUSSION. — Si l'on remplace sur la figure 4, l'échelle en centimètres par une échelle en kilomètres, on obtient grossièrement un profil de la turbulence avec l'altitude affectée d'un coefficient d'amplification sensiblement proportionnel à l'altitude [(1) , (2)]. La réso-

lution, donnée par la largeur de la fonction $C_h(\rho)$, est faible et ne permet pas de distinguer dans la stratosphère deux couches turbulentes distantes de moins de 3 km. Dans le cas d'une couche turbulente unique, son altitude peut être déterminée à environ 1 km près.

L'incertitude sur la mesure de $C_N^2 A h$ provient d'une part de l'erreur statistique sur l'estimation de C^{**} (environ 30 %) d'autre part de l'intermittence de la turbulence strato-

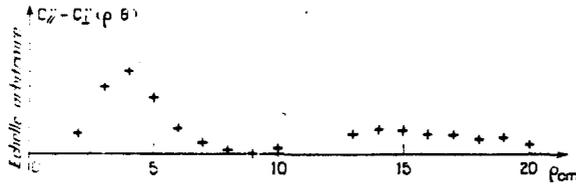


Fig. 4. — Différence entre les intercorrélations mesurée pour ρ et θ parallèles et perpendiculaires.

sphérique que nous avons pu constater en suivant l'évolution temporelle de la corrélation. En adoptant $A h \sim 1$ km on obtient

$$C_N^2 \simeq 10^{-15} \text{ m}^{-2/3},$$

ordre de grandeur souvent constaté [(1), (5)-(10)].

On sait que dans la haute troposphère la turbulence est répartie en couches discrètes [(1), (5)]. Dans la stratosphère, cette distribution est encore peu connue. L'existence de la turbulence que nous avons détectée est corroborée par l'existence de deux inversions de température à 12 et 16 km (sondage météorologique de la station de Nîmes-Courbessac, effectué à 110 km de notre appareillage, approximativement à la même heure).

CONCLUSION. — Il s'avère possible de détecter des couches stratosphériques turbulentes à partir du sol, par analyse statistique de la scintillation stellaire. La méthode décrite est entachée d'une faible résolution en altitude mais permet, par nuit claire, une observation continue pendant plusieurs heures de l'ensemble de l'atmosphère entre 2 et 20 km.

(*) Séance du 24 février 1975.

(1) A. ROCCA, F. RODIER et J. VERNIN, *J. Opt. Soc. Amer.*, 64, 1964, p. 1000.

(2) TING-I-WANG, S. F. CLIFFORD et G. R. OCHS, *Appl. Opt.*, 13, 13, 1974, p. 2601.

(3) V. I. TARASKI, *Wave Propagation in a Turbulent Medium*, Dover, New York, 1961.

(4) J. VERNIN et F. RODIER, *J. Opt. Soc. Amer.*, 63, 1973, p. 270.

(5) C. E. COULMAN, *Boundary-Layer Meteorology*, 4, 1973, p. 169.

(6) K. A. BROWNING, *Quart. J. R. Met. Soc.*, 97, 1971, p. 283.

(7) J. L. BUFTON, P. O. MINOTT, M. W. FITZMAURICE et P. J. TITTERTON, *J. Opt. Soc. Amer.*, 62, 1972, p. 1068.

(8) J. L. BUFTON, *Appl. Opt.*, 12, 1973, p. 1785.

(9) R. S. LAWRENCE, G. R. OCHS et S. E. CLIFFORD, *J. Opt. Soc. Amer.*, 60, 1970, p. 816.

(10) C. RODIER, F. RODIER, *J. Opt. Soc. Am.*, 63, 1973, p. 661.

Université de Nice,
Département d'Astrophysique de l'I. M. S. P.,
Parc Valrose,
06034 Nice Cedex.



Centre National de Recherches Spatiales
Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS :

GEOMAGNETISME - VOLCANOLOGIE -
SISMIQUE

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 56/ 0782 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

APPELÉ DE :

NOM : F. LOUANGE

NOM :

NOM :

VISA : *F.L.*

VISA :

VISA :

LIEU : PARIS

DATE : 27.07.82

OBJET DE LA VISITE : Stations de mesures du magnétisme terrestre.

LABORATOIRE VISITÉ : Institut de Physique du
Globe

ADRESSE : Université de Paris VI
4, Place Jussieu
75230 PARIS CEDEX 05

N° C.N.R.S. : 14-0002

TÉL. : (1) 331.71.50

PERSONNES RENCONTRÉES - CONTACTÉES : M. MANVIEL

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION :

I. Contact préliminaire.

Après une première visite à l'I.P.G. consacrée aux travaux en sismologie (cf. JR 350582), il restait à prendre contact avec les spécialistes des mesures magnétiques. Le 9/7/82, au cours d'un entretien téléphonique, Monsieur LE MOUËL, directeur adjoint de l'I.P.G. et responsable du magnétisme, a expliqué que ses activités en métropole se décomposaient en 3 points :

- Chambon-la-Forêt : mesure de valeurs exactes en continu (routine).
- 30 stations sur toute la France : mesure des variations séculaires.
- Réseau d'Arette : tentatives de mise en évidence d'un signal lié à l'activité sismique.

Monsieur LE MOUËL a alors conseillé de se mettre en rapport avec Monsieur MANVIEL et de prendre rendez-vous avec lui pour obtenir plus de précisions au cours d'une visite.

II. Observatoire de Chambon-la-Forêt.

Cet observatoire fait partie d'un ensemble de 40 observatoires répartis dans le monde, à raison d'un ou plus par pays, grâce auquel on peut étudier les variations du champ magnétique terrestre sur de longues périodes de l'ordre de 10 ans. La répartition de ces observatoires semble satisfaisante en ce qui concerne l'Europe, et Chambon-la-Forêt est bien représentatif de la France. Monsieur MANVIEL en est le Directeur.

A Chambon-la-Forêt, l'enregistrement des variations du champ magnétique se fait en continu, 365 jours par an et 24 heures par jour, sous forme de 3 éléments indépendants du vecteur. En outre, des mesures absolues permettant de déterminer la valeur

exacte du champ à tout instant sont effectuées de tsmpts en temps au "point P_0 " de l'observatoire.

Les variations de champ sont mesurées sur une gamme de périodes s'étendant de quelques minutes à l'infini (continu); les périodes plus courtes sont coupées. Il est effectivement enregistré un magnétogramme par jour, comportant un point de mesure par minute.

La précision des mesures est de 1 nano-Tesla, c'est-à-dire de 1 gamma.

III. Réseau de répétition.

Il existe un réseau de 30 stations réparties à peu près uniformément sur toute la France, qui sont visitées pour effectuer des mesures une fois tous les 5 ans. Ces "stations" ne sont en fait que des points géodésiques choisis loin de toute ligne à haute tension, de tout transformateur, tas de ferraille, etc.. La plupart d'entre elles sont des bornes IGN, tandis que d'autres sont matérialisées par une simple barre métallique plantée dans un rocher particulier.

Tous les 5 ans, un spécialiste effectue en voiture la tournée des stations, muni d'un appareil de campagne. Sur une station aonnée, il fait une mesure le matin et une autre la soir; s'il n'y a pas d'orage magnétique, ces deux mesures sont proches et il s'en va; dans le cas contraire, il reste un jour de plus. Si à proximité d'une station est apparu un élément perturbateur (construction d'un pylône par exemple), cette station est abandonnée. Le résultat brut d'une tournée est donc un ensemble de mesures correspondant chacune à un point géographique et à un jour donné.

A l'aide de programmes de réduction de données ramenant toutes les mesures aux moyennes mesurées à Chambon-la-Forêt, on peut alors estimer la valeur du champ qu'on aurait mesurée en un point si un magnétomètre y avait fonctionné en permanence.

On connaît ainsi les variations du champ magnétique sur la France depuis 30 à 35 ans, certains des points de mesure (stations) étant utilisés depuis 1948. Le choix de la fréquence d'échantillonnage dans le temps (une mesure tous les 5 ans) correspond aux conditions du théorème d'échantillonnage pour les variations de période égale à 11 ans (activité solaire). Il n'est pas impossible que l'I.P.G. décide de rapprocher les campagnes de mesures.

L'I.P.G. entretient une carte de France magnétique (avec les 6 éléments du champ), dont la base est constituée par la carte obtenue en 1964 grâce au vol aéromagnétique organisé cette année-là. Ce survol de la France à quelques centaines de mètres n'a jamais été répété depuis, car il s'agit d'une opération extrêmement lourde et onéreuse. A l'aide des mesures effectuées sur les 30 stations, permettant à l'aide de polynômes du second degré d'estimer les variations en tour point, l'I.P.G. a établi une carte magnétique en "1978.5", qui représente ce qu'on aurait pu mesurer le 1/7/78 à l'aide d'une moyenne pondérée.

Monsieur MANVIEL rappelle que les phénomènes auxquels l'I.P.G. s'intéresse sont lents (période supérieure ou égale à quelques minutes) et fournissent des informations sur l'intérieur de la terre (plus la fréquence baisse, plus la profondeur de pénétration augmente). Les scientifiques qui s'intéressent aux périodes plus courtes sont ceux qui étudient les perturbations externes. A ce propos, M. MANVIEL signale l'existence à Garchy dans la Nièvre d'un observatoire rapide où sont mesurées les variations sur des périodes allant de quelques dixièmes de seconde à quelques secondes. Un point de contact qualifié serait Monsieur GENDRIN, du C.R.P.E. à Issy-les-Moulineaux.

IV. Réseaux de surveillance volcanologique.

Deux réseaux sont implantés aux Antilles françaises :

- en Guadeloupe, sur les flancs de la Soufrière (réseau opérationnel, installé en 1976),

- en Martinique, sur les flancs de la Pelée (installation récente).

Le but de ces réseaux est de détecter les effets piézoélectriques dans les roches qui se produisent avant les éruptions en suivant la montée en contrainte du volcan. Des magnétomètres à protons sont fixés au bout de mats qui sont plantés dans le sol, et émettent des télémessures (automatiques). Ces magnétomètres sont répartis en 2 ou 3 groupes de 3 et mesurent le champ en permanence, à raison d'un point par minute. En effet, en comparant des stations proches, on élimine les influences externes.

Des valeurs journalières sont ainsi établies, et le réseau permet de détecter des variations inférieures à 1 gamma sur de longues séries de mesures.

V. Réseau d'Arette.

La zone d'Arette est active du point de vue sismique, bien qu'on n'ait jamais eu à déplorer de victime. Constituée d'un énorme dôme volcanique enfoui à 3000 mètres de fond dans les sédiments, et surveillée du point de vue sismologique, elle est le siège de phénomènes piézoélectriques liés aux contraintes auxquelles sont soumises les roches. Chaque année, plusieurs séismes de magnitude supérieure à 3 sont effectivement ressentis par les populations locales, et on a pu montrer que cette zone était favorable pour tenter de décrire un signal magnétique lié à une activité sismique.

Une base fixe étant le siège d'un enregistrement continu du champ de référence, on procède tous les 15 jours à des mesures locales en une vingtaine de points distincts, de façon à "traquer" et à mesurer des phénomènes magnétiques locaux. L'I.P.G. conserve un point de mesure tous les 15 jours, ce qui permet d'identifier les variations sur des périodes supérieures ou égales à un mois. Les effets possibles des orages, dont la durée va de 10 minutes à quelques heures sont donc indétectables.

Zn ce qui concerne les météorites, dont les effets transitoires de la chute ne peuvent évidemment pas être détectés, il n'est pas exclu que l'on puisse mesurer des variations de la valeur du champ à proximité du joint d'impact.

Monsieur MANVIEL rappelle qu'il exista actuellement une grande activité des scientifiques dans la recherche des "précurseurs" (dégagement de gaz, réactions des animaux, variations du champ magnétique local,...), le but étant d'identifier un précurseur fiable dont on puisse connaître le décalage dans le temps avec le séisme correspondant. Dans l'état actuel des choses, l'I.P.G. n'a encore entrepris aucune étude des corrélations possibles entre les mesures faites à Arette et d'autres marqueurs.

VI. Coopération envisageable.

L'I.P.G. est capable de répondre par retour de courrier à la question : "quelle était la valeur du champ magnétique à Chambon-la-Forêt tel jour & telle heure ?", car toutes les données sont archivées à Paris. La même question concernant un autre point du territoire demanderait plus de temps, et un certain prix, fonction du volume de calcul impliqué.

En ce qui concerne l'intérêt que pourrait porter l'I.P.G. aux données fournies par un système de détection des phénomènes aérospatiaux rares, il faut écarter ce qui concerne l'électricité atmosphérique (ce n'est que la géophysique interne l'intéresse), et retenir les météorites qui sont étudiées au laboratoire de cosmochimie que dirige Monsieur ALLEGRE, directeur de l'I.P.G.

D'une façon générale, l'I.P.G. dispose de compétences et de matériels uniques pour les mesures fines de magnétisme. Ils sont entre autres conseillers de l'I.G.N., et ont fait des travaux en archéomagnétisme (cartes du champ dans une petite zone). Ils ont également étudié les effets de la foudre sur certains cailloux ("roc-magnétisme").

II serait donc envisageable, le cas échéant, de négocier avec l'I.P.G. des conventions pour des prestations de services, par exemple pour effectuer la cartographie magnétique détaillée d'un site particulier.

Monsieur MANVIEL suggère de faire, à l'occasion, la visite de son observatoire de Chambon-la-Forêt, qui se trouve à peine à une heure de trajet de Paris,

oooooooooooooooooooo



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLES :

METEORE - METEORITE - MINERALOGIE

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 57 / 0882 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

APPÉLÉ DE :

NOM : F. LOUANGE

NOM :

NOM :

VISA : *F.L.*

VISA :

VISA :

LIEU : PARIS

DATE : 10.08.82

OBJET DE LA VISITE : Discussion sur les réseaux de détection des météores

LABORATOIRE VISITÉ : Laboratoire de Minéralogie
des roches profondes et des
ADRESSE : météorites
Muséum National d'Histoire
Naturelle
61 rue Buffon
75005 PARIS

TÉL. : (1) 707.28.24

N° C.N.R.S. : 04-0286

PERSONNES RENCONTRÉES - CONTACTÉES : ~~CONTRACTÉES~~ : M. PELLAS

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION :

I. Les réseaux de détection existants.

Monsieur PELLAS mentionne trois réseaux existant ou ayant existé :

- Le réseau PRAIRIE (U.S.A) : 16 stations
- Le réseau MORP (Canada) : 12 stations
- Le réseau européen : 46 stations.

Le réseau PRAIRIE n'est plus en fonctionnement aujourd'hui, contrairement aux deux autres. Le réseau européen couvre la Tchécoslovaquie, la R.F.A., et partiellement la RDA et l'Autriche. Les caractéristiques principales de ces trois réseaux sont indiquées en annexe.

Les personnes à contacter pour discuter sur le plan technique de la détection sont :

- Mc. CROSKY pour PRAIRIE (cf. CR 370682),
- HALLIDAY pour MORP,
- CEPLECHA pour la Tchécoslovaquie,
- KIRSTEN pour la R.F.A.

En outre, Monsieur PELLAS mentionne un réseau anglais de 57 caméras que lui a décrit le Dr. Keith B. Hindley, directeur de la BRITISH ASTRONOMICAL ASSOCIATION, dans une lettre de 1977 (en annexe). A suivre.

II. Origine des météores et météorites.

Selon M. PELLAS, lorsque le système solaire s'est formé, il est probable que presque tous les matériaux ont formé les planètes, les comètes et les astéroïdes, mais qu'une partie est restée non accrétée, et a été capturée par les planètes. Cette théorie est plus simple que celle de la désagrégation de comètes de quelques kilomètres de diamètre pour expliquer l'origine de la matière météorique. Il s'agirait donc de matière qui ne serait jamais passée par un stade de classification.

Les météores sont des objets dont les dimensions vont de l'ordre du micron à celui de la centaine de mètres, et dont la densité peut aller de 0,8 (corps très volatil) à 3,5 (météorite).

M. CEPLECHA a essayé d'établir une classification pour ces corps célestes. En fait, on peut identifier 3 grandes classes d'objets, caractérisées par leurs tailles :

- les fragments d'astéroïdes, de diamètre égal à plusieurs kilomètres, sont observables au moyen de télescopes.
- les objets de diamètre inférieur à 10 mètres laissent rarement des traces physiques (cas rare des météorites), mais provoquent des effets lumineux observables.
- il existe certainement des objets de taille intermédiaire (de 10 à 500 m), plus rares que les petits, et qui sont eux-mêmes trop petits pour être décelés au télescope.

Pour M. PELLAS, le phénomène de la TOUNGOUSKA au début du siècle s'explique très bien par la chute d'un objet de la troisième catégorie, l'absence de cratère étant due au caractère très volatil de cet objet. Typiquement, il a pu s'agir d'un corps volatil (H_2O , CaO , ..) d'une cinquantaine de mètres de diamètre, qui a provoqué un violent effet de souffle avant de se désintégrer.

A propos de météores, on mentionne souvent la poussière cométaire, mais on ne sait en fait que très peu de choses sur ces objets. On a pu constater que leur spectre était enrichi en carbone, azote, oxygène, radicaux OH et CNO et autres constituants volatils, et 4 missions spatiales sont actuellement en préparation pour l'étude de la comète Halley.

III. Etude des météorites.

Une météorite représente un cas tout-à-fait particulier dans

lequel on peut récupérer au sol un corps solide provenant de l'espace. Les météorites authentiques sont très peu nombreuses, car 1; rapport entre la masse arrivant au sol et la masse avant la traversée de l'atmosphère est généralement infixe. 50 à 70% des météorites sont de type "non différencié", et ont la même composition que le soleil, à l'exception des composants les plus volatils; les autres sont différenciées (fer, etc...), par suite de processus thermiques.

Les spécialistes font des estimations des certes de rasse des météorites par ablation en analysant les effets des protons solaires (dont l'énergie est inférieure à celle des protons galactiques) : ils identifient leur signature et retrouvent la forme originelle des objets. Les trnces des noyaux de fer du rayonnement cosmique, qui s'arrêtent dans la météorite et diminuent donc en densité avec ia profondeur, fournissent également des informations sur la perte de masse,

4 ce jour, 4 météorites ont pu être étudiées du point de vue de leurs orbites à l'aide de photographies, et ont fait l'objet de tentatives de calibration entre la lumière émise et la masse :

- PRIBRAM : premières estimations, assez mauvaises. *
- INNISFREE : estinations meilleures.
- LOST CITY : bonnes estimations

(* M. PELLAS fournit un article de Bagolia sus le calcul de la masse de la météorite de PRIBRAM)

- REVELSTOKE : il s'agit d'un cas particulier illustrant bien la difficulté d'étudier les météorites. Le 31 Mars 1965 au Canada, des milliers de témoins ont observé un énorme bolide tombant du ciel, et entendu de violentes détonations. Après des recherches minutieuses, les spécialistes ont pu retrouver, grâce à la neige, le seul fragment restant de la météorite : il pesait 1 gramme ! Il s'agissait d'une chondrite carbonée très friable (densité 3) qui s'est désagrégée à l'approche du sol.

IV. Localisation des météorites.

Monsieur PELLAS considère qu'il est tout-à-fait illusoire d'espérer que des mesures sismiques permettent de détecter, et a fortiori de localiser la chute d'une météorite. D'une part sa masse à l'arrivée au sol est souvent faible (voir REVEL-STOKE), d'autre part sa vitesse est considérablement ralentie par l'atmosphère : la fourchette de vitesse d'entrée dans l'atmosphère des météorites étant de 11 à 70 Km/s, une météorite-type de 1 Kg arrive au sol à seulement 150 Km/h. En 1977 au 1978, à Madagascar, il est tombé une grosse météorite et on a étudié tous les relevés sismiques; la seule information potentiellement significative que l'on ait retrouvée différait de plusieurs minutes avec l'instant de la chute...

Cependant M. PELLAS a bien voulu fournir les données de la météorite de Saint-Séverin en vue d'une confrontation avec les archives du LDG. (voir CR 510782) :

- Plusieurs fragments, dont le plus important pesait 113 Kg, sont tombés simultanément le 27 Juin 1966 à 15h40 (heure locale) entre Saint-Séverin (Charentes) et Allemans (Dordogne).

Si cette chute n'a pas été ressentie, il ne reste pas grand-chose à attendre de la détection sismique.

En revanche, M. PELLAS est très optimiste quant aux possibilités de la détection optique telle qu'elle est pratiquée par CEPLECHA; il pense que dans un cas favorable, on peut déjà localiser le point d'impact dans un cercle de 5 Km de diamètre. Il mentionne à ce sujet une prédiction fournie par CEPLECHA au GEPAN sur une chute en Haute-Savoie.

Monsieur PELLAS insiste sur le fait que si un réseau de détection optique devait être implanté en France, il faudrait absolument que ce soit dans une zone très plate, idéalement dans le Bassin Parisien ou en Normandie, afin de former une continuité avec les réseaux tchèque, allemand et anglais. A son avis, il serait préférable de limiter le nombre de stations (8?) et de les confier à des spécialistes responsables.

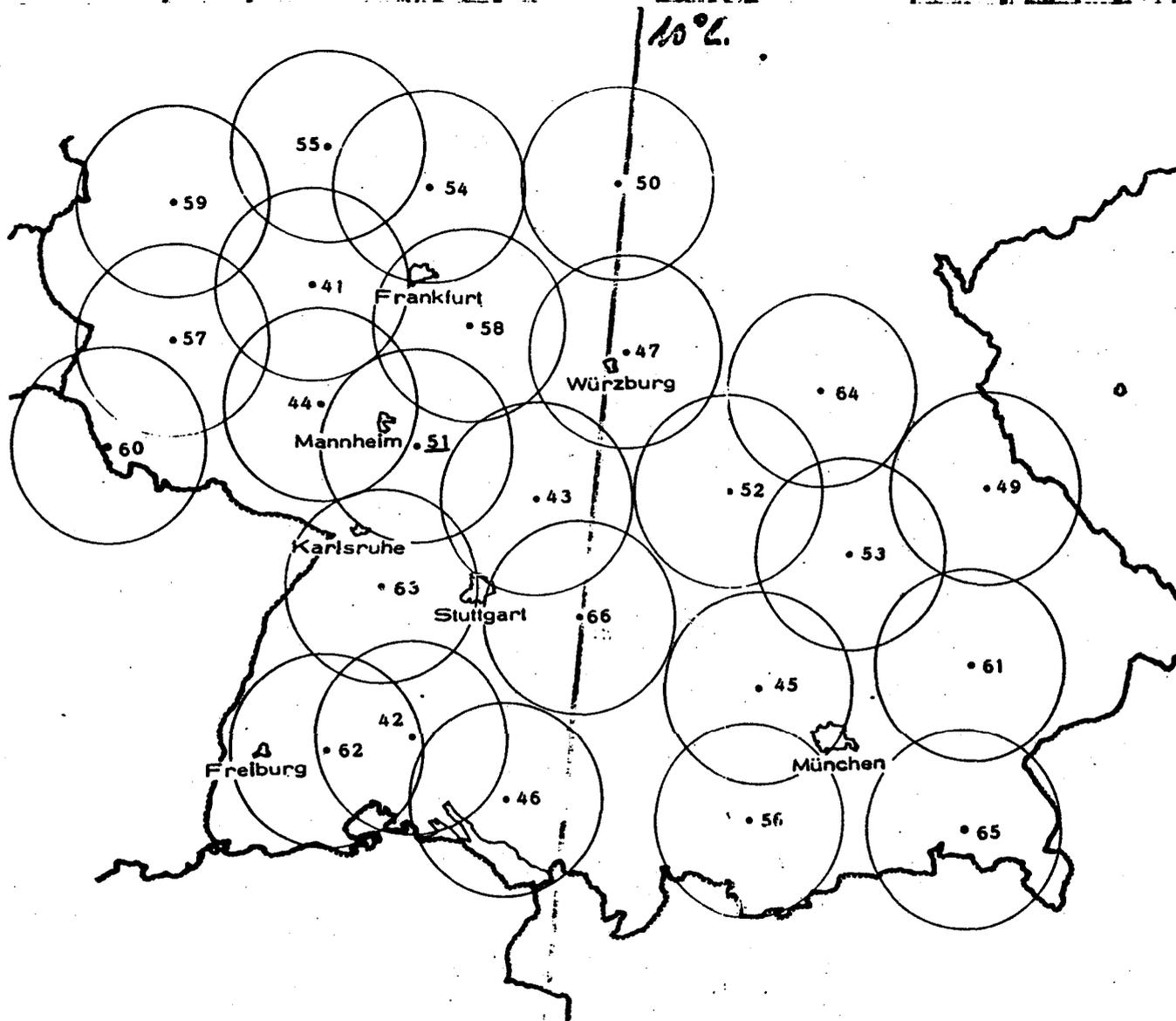
V. Remarques diverses.

A propos de l'éventualité de mise en place d'une coopération internationale (par le biais des Communautés Européennes ou autre), M. PELLAS pense qu'il faut garder une attitude prudente vis-à-vis des pays qui ont déjà fait leurs preuves dans ce domaine, contrairement à la France (Tchécoslovaquie, R.F.A., Grande-Bretagne,...), et qui donc n'ont peut-être pas grand-chose à gagner. Par ailleurs, ce qui manque le plus dramatiquement, ce sont les scientifiques qui s'intéressent à ce type de phénomènes et qui seraient utilisateurs potentiels d'un réseau de détection. Dans cette optique, il serait plus urgent de créer des bourses pour attirer des chercheurs vers cette spécialité, qui recouvre non seulement l'étude des objets rares que sont les météorites, mais aussi tous les phénomènes lumineux qui accompagnent les météores et sont beaucoup plus fréquents.

En examinant le dossier constitué par M. Louange sur une chute présumée de météorite près de Madrid en 1980, > [PELLAS conclut qu'il s'agit certainement plutôt d'un effet de la foudre sur le sol (brûlure profonde des roches sur quelques centimètres carrés). En effet, vue la taille du cratère, s'il s'était agi d'une météorite elle aurait certainement eu une taille respectable et aurait donc été facile à retrouver, ce qui n'a pas été le cas.

A propos de la chute d'une météorite de 4 Kg recueillie en 1978, M. PELLAS dispose d'un important dossier de procès-verbaux de gendarmerie, transmis à travers le GEPAN, et relatant des témoignages de nombreuses localités. M. PELLAS est convaincu qu'une étude détaillée de ce dossier pourrait fournir de très précieuses informations sur la trajectoire de cette météorite. Faute de personnel qualifié disponible, il n'a encore jamais eu l'occasion de faire faire cette étude (à suivre ?).

oooooooooooooooooooo



- 41 Stephanshausen
- 42 Klippeneck
- 43 Ohringen
- 44 Wattenheim
- 45 Dasing
- 46 Glashütten
- 47 Sellgenstadt
- 49 Neukirchen
- 50 Eckwelsbach
- 51 Heidelberg
- 52 Mitteleschenbach
- 53 Zell
- 54 Leihgestern/Neuhof
- 55 Marienberg
- 56 Hohenpeißenberg
- 57 Deuselbach
- 58 Schaafhelm
- 59 Nürburg
- 60 Berus
- 61 Gerzen
- 62 Schönwald
- 63 Wildbad
- 64 Neudorf
- 65 Bernau
- 66 Stötten

Stations en R.F.A.



FIGURE 1.—Map of the Prairie Network showing the location of 16 stations. The curved outline defines the search area as described in the text.

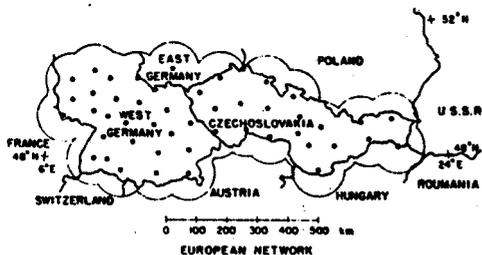


FIGURE 2.—Map of the European Network showing the location of 40 stations and the search area.

On the other hand, there is a real danger of overimposure in the important, lower part of the trail, hence if the segments are very short they may blend together. Due to the effects of trailing fragments or persistent luminosity in the wake of the main meteoroid it is common for the beginning (upper) end of each segment to be confused whereas the lower end of the segment is sharp, especially if the occulted interval is relatively long. As a result the best deceleration values may come from restricting the calculations to the lower end of each segment. If the segments are so short that they are measured as separate dots rather than dashes, there is some danger of a progressive shift in their measured positions as

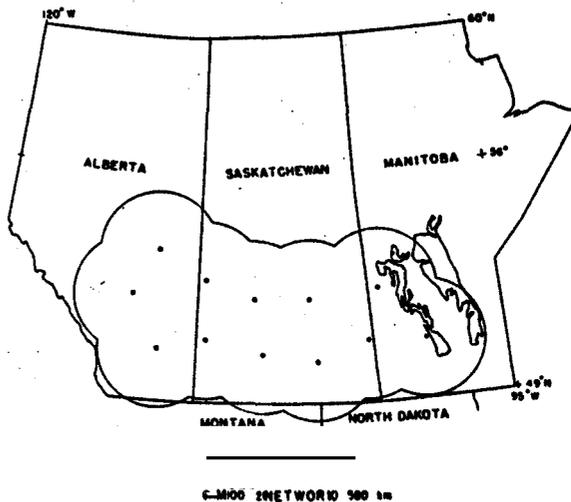


FIGURE 3.—Map of the MORP Network showing the location of 12 stations and the search area.

the wake effects increase, in the sense of yielding a spuriously large deceleration. If, however, only the lower ends are used, there is a possibility of a spuriously small deceleration while the meteor luminosity is increasing due to a lengthening of each segment from increased exposure effects.

Both the Příbram (Cepelca, 1961) and the Lost City (McCrosky, 1970) fireballs showed separate fragments in the photographs and such fragmentation is the rule for stone meteorites. It is important to be able to study the individual tracks and to identify recovered meteorite fragments with the corresponding photographic tracks. If the fragments develop an appreciable lateral separation their tracks may be resolved if the orientation is favorable and the range from the station is small or the camera focal length is sufficiently large. If the separation is entirely along the trajectory (and such separations exceeding a kilometer are quite possible) then the visibility of the lesser pieces is improved as the exposure interval becomes a smaller fraction of the complete shutter cycle. For a slow occulting rate a larger separation of fragments is observable before the image of a trailing fragment becomes confused with the preceding image of the leading or main piece.

The MORP cameras have a slow occulting rate in an attempt to realize some of these advantages at the expense of a smaller number of measured points. For the first seven years of its operation the Prairie Network used an occulting

Stations aux U.S.A. et au Canada

distribution of population, the availability of engineering design facilities and of financial support are some of the considerations which influence the decisions. Much of the discussion to follow is summarized in table 1 where each heading below is assigned a row in the table.

Number of Stations and Station Spacing

Calculation of the meteor trajectory requires a minimum of two-station photography but the confidence in the results may be strengthened in some cases if more than two stations observe a meteor. As the anticipated expense of the instrumentation and operation of a typical station gradually increases during the planning stage, there is a temptation to increase the station separation to limit the total number required and hence the total cost. If the camera focal length is large then positional accuracy may be maintained to a greater range from each station, although the danger of one-station observations due to scattered clouds (or instrumental failure) will increase as the station spacing approaches the point where only two stations could provide coverage for a given event. The number of stations in each network is shown in the first row of table 1 while the second row shows a typical separation of any station from an adjacent one. The European Network is characterized by many closely-spaced stations compared to the other two networks.

Figures 1, 2 and 3 are maps of the three networks, drawn to the same scale, showing the location of all stations of the present networks.

Number of Cameras

The Prairie Network employs four wide-angle cameras per station, the European Network has a single all-sky camera, while the MORP stations each have five cameras. A small area near the zenith is obscured by the mounting for the camera itself above the convex mirror in the all-sky version. The other networks cover the sky to altitudes of about 60° but have small gaps in the coverage between adjacent cameras near the horizon.

Focal Length

The three networks differ widely in the focal lengths of their camera systems, as shown in the table. The European Network (effective focal length = 5.7 mm) records the all-sky photographs on 35-mm film, the MORP cameras use 70-mm film, while the much longer focal length of the Prairie Network cameras is used with a $9\frac{1}{2}$ -inch (24 cm) film format.

Occluding Rate

The selection of a frequency at which the meteor trail is chopped involves an interesting compromise. A knowledge of the deceleration of the meteoroid in the atmosphere is required to estimate the physical size of the body for the ballistic calculations of the terminal, dark portion of the flight path. The deceleration value will be more secure if it is based on many measures per second, especially since there may be sudden changes in deceleration due to fragmentation of the body.

TABLE 1.—Comparison of Network Parameters

Row	Parameter	Prairie	European	MORP
(i)	No. of stations	16	46	12
(ii)	Station spacing, km	250-	87	193
(iii)	No. of cameras per station	4	1	5
(iv)	Focal length, mm	152	5.7	50
(v)	Occluding rate, s^{-1}	13.3	12.5	4
(vi)	Dash length, mm	0.236	0.034	0.330
(vii)	Meteor timing	(a) Photometer (b) Shutter code	Visual observers	Photometer
(viii)	Area of atmosphere, km^2	11.4×10^6	10.8×10^6	8.3×10^6
(ix)	Search area, km^2	13.6×10^6	1.4×10^6	7.1×10^6

Caractéristiques des réseaux

BRITISH ASTRONOMICAL ASSOCIATION

Meteor Section Fireball Programme

Director : Dr Keith B. Hindley Fireball Secretary : Roger Jackson

72 Lycett Road, Dringhouses, York YO2 2NB, United Kingdom
Telephone : 0904-64471

Assistant to the Director : Dr Michael A. Houlden

Dr P. Pellas,
Lab. de Mineralogie,
M.N.H.N. - C.N.R.S.,
Paris,
France,

August 4th, 1977

Dear Dr Pellas,

I am the leader of the British Fireball Network, and I had hoped to be able to talk with you during the Meteoritical Society meeting in Cambridge last week - but you seemed to be very busy !

Our photographic network now contains 57 working stations (the dark points on the enclosed map) and with the new station which will be operating soon from the Channel Islands (red point), we will be photographing a patrol area (the dotted outline) which includes a considerable portion of northern France. There is therefore some chance that we could photograph a fireball with an end point over France. If this occurs, I will contact you at once with details of the fallen mass and exactly where our computations predict it has fallen. Would you and your colleagues at the Museum be prepared to conduct a field search for fallen meteorites if we were to predict an impact point for a mass of more than 1 kg ? I am anxious to establish whether this will be possible. If you will make a field search, then I will certainly mail full data for any fall which we predict for northern France.

As part of our Publicity for our programme, we are currently writing a book entitled METEORITE FALL AND RECOVERY. We would like to illustrate this with as many photographs of recent meteorite falls as possible. For us, who compute fireball data and follow meteorite falls, the meteorite SAINT SEVERIN which fell in France, is of great interest. We regard this as a very important meteorite because you recovered nearly all the mass, and the pieces fitted together to show the shape of the mass before breakup, and your further work also derived an ablation estimate for the meteorite.

We would very much like to secure some photographs and possibly some colour slides for the Saint Severin fall, and I am wondering whether you can help us here. Ideally, we would like to secure the following :

- (a) Photographs of some of the Saint Severin meteorites being recovered in the field.
- (b) Photographs of the individual stones showing the detail of their surface features - fusion crust, cracks, chipped corners.
- (c) Photographs showing especially well how the many masses fitted together so well to derive the shape of the pre-breakup mass.
- (d) Photographs showing the interior structure of the meteorite, from either a polished face or thin section.
- (e) Finally, we would like to obtain one or two or more colour slides of the individual meteorites showing detail and possibly of the reconstructed main mass.

I fully appreciate this is very much to ask, but this meteorite is of great importance to our work and we would very much like to illustrate

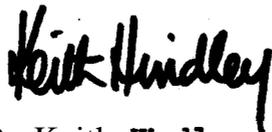
the **meteorite** as one of our main **examples** in our book. Perhaps you will be able to help us with **some** or **all** of our **requests**. Certainly any help you **can** give us will be very **greatly appreciated** and will greatly **improve** the value of our book.

The book is **intended** to **provide advice** to anyone who **finds himself suddenly investigating** a meteorite **fall**, and so we **hope** that it will be **universally** of value.

I am **enclosing** reprints of **some** of our **papers**, plus an up to date map of our **Network**, and copies of our Meteor Section Bulletin, which is **intended** for our **amateur astronomer members**, but which you **might** find **interesting**.

Please accept the **kind** regards of your British **colleagues** in our programme. I look **forward** to **hearing** from you **with** very **great interest**.

Yours Sincerely

A handwritten signature in black ink that reads "Keith Hindley". The signature is written in a cursive, slightly slanted style.

Dr Keith Hindley

Meteor Section Director

You will find a **summary** of our **programme** in the **abstract** from the Friday **Morning Session** (Room A) of the **Meteoritical Society Meeting**.

References

- Iman, P.M., Cook, A.F., Hemenway, G.L.
Canadian J. Phys. vol. 49, pp. 1365-1373, 1971.
- Iman, P.M., Clifton, K.S.
Canadian J. Phys. vol. 53, pp. 1939-1947, 1975.

THE BRITISH FIREBALL NETWORK

with B. Hindley & Michael A. Houlden,

Network Headquarters, 72 Lycett Road,
Dringhouses, York YO2 2NB, United Kingdom.

The British Fireball Network¹ currently comprises of stations fitted with 7.5mm f/5.6 180° fish-eye cameras plus a small number of stations fitted with 75mm f/4.5 wide-angle cameras. The Network is supervised by the Meteor Section of the British Astronomical Association and all the cameras are operated by volunteer members of the Section. The first station began exposures in November 1973 and the Network has now grown to patrol the atmosphere over the whole of the British Isles plus parts of central NW Europe - an area of more than 10⁶ km².

The main aim of the Network is to photograph meteorite dropping fireballs and recover the fallen masses from the predicted fall area. Arrangements are ready for the instigation of searches when such fireballs are photographed and field work will be greatly aided by Britain's intensively farmed land, high population density and excellent communications.

In addition to the rare fall, the Network also records many fragmenting fireball bodies for flux, population and orbital studies. Although the 40 fireballs so far recorded were produced by mainly fragile bodies which did not lead to meteorite falls, deeply penetrating events have been recorded.

The Strathpeffer Fireball² of 1974 December 14 was caused by an 11 kg body which penetrated down to 28 km height. Although the body had quite exceptional length and did not fragment at all during entry, its high entry velocity of some 38 km/sec led to no significant terminal mass. The Lincoln fireball of 1977 March 28 was caused by a 40 kg body which penetrated down to below 34 km, suffering substantial deceleration. Although the entry velocity was very high at 12.6 km/sec, the mass was not enough to leave significant fallen mass.

The Network will continue in operation for some years, and the number of stations will continue to increase, especially in areas good for searches.

References

- Hindley, K.B., J. Brit. Astr. Ass., 85, 150-155 (1975)
Hindley, K.B., *ibid*, 86, 67-73 (1975)

EXPLORATION STRATEGY FOR MARS AND THE ROLE OF THE SAMPLE RETURN MISSION

K. Gibson, Jr.

D. Bogard

B. Duke

Minear

NASA Johnson Space Ctr., Houston, TX 77058, U.S.A.

Study of solar system objects can be divided into three categories: reconnaissance, exploration, and intensive study. Mariner, Mars, and Viking missions have completed the reconnaissance and exploration phases of Martian studies. Present technology is capable of an intensive study of Mars using a combination of orbiters, penetrators, soft landers, rovers, and sample returns. NASA is currently examining details for a Mars 1984 mission. The mission under study would consist of the following elements or combination of these elements: orbiters-penetrators-rovers. Sample return mission options are not considered in the 1984 study. Although a sample return mission by 1990 is incorporated into current NASA advanced planning, no detailed study has been given to it.

Mars sample return stands above all other mission types in potentially answering first-order geoscience questions about Mars. It is clear that maps of global properties (topography, gravity, magnetism, etc.) and data from long-term surface measurements (temperature, seismic, atmospheric, etc.) are necessary and complementary science requirements not obtainable from returned samples. Nevertheless, a returned sample provides a quantum jump in the quality and quantity of data compared to that returned by automated stations (e.g., Surveyor or Lunakhod vs Apollo or Luna samples) and in the diversity of scientific inquiries which can be made. In addition, samples allow for full utilization of all presently known experiments and techniques and also may be preserved for future generations of scientists, experiments, and techniques.

We feel that consideration must be given to the objectives and elements of a Mars sample return mission contemporaneously with planning for any other Mars missions (e.g., 1984 mission opportunity). This is necessary because: 1) the other missions should be designed to provide data that complements the sample return mission and optimizes the sample return mission's operational strategy, 2) the other missions should not stress scientific objectives that can be addressed better with a sample return, and 3) the relative science return for each mission should not be so similar that one or the other mission is not "cost-effective".

We have completed an examination of the science requirements for Mars follow-on exploration and have identified a baseline sample return mission which should be studied. The sample return mission would return between 2 and 5 kilograms of material consisting of the following: 1) approximately 30 small rock fragments either chipped from exposed rocks, scooped, or sieved from soil, 2) surface and subsurface bulk soil, 3) a one-meter deep core that retains stratigraphic relations, and 4) atmosphere sample obtained by compression of a larger volume of gas. Samples would be selected by imaging and simple physical tests (crushability, size separation, etc.) from a minimum area within approximately 20 meters radius of the landed station. Increased surface mobility (for example, in the form of a tethered sampler) would increase the probability of collecting a more diverse sample. Several options are available for return, receipt, and preliminary examination of the sample, each of which requires further study.

Within the constraints of current orbital and surface science capabilities -- including potential rovers -- we have concluded that further precursor missions are not likely to affect the site selection and strategies for a Mars sample return mission, although additional understanding of the Martian surface could reduce operational uncertainties in subsequent missions. Data collection systems of orbital and surface science (including geophysics) are largely independent of sample studies and can be carried out either before or after sample return; some of the remote studies currently defined for the Mars 1984 mission would benefit from having a returned sample mission first. The advocates for a sample return mission must now come forth and make their desires known if the proper mission study and planning is to be carried out which will allow for the sample return mission to be developed as a viable candidate mission in an orderly strategy for the exploration of Mars.



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME : DETECTION
MOTS-CLÉS : TELEDETECTION - OPTIQUE - CAMERA

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 58 / 0882 /

VISITE EFFECTUÉE PAR : ~~XXXXXXXXXX~~ **APPELÉ DE :**

NOM : F. LOUANGE	NOM : A. ESTERLE	NOM : J.J. VELASCO
VISA : <i>F.L.</i>	VISA :	VISA :

LIEU : TOULOUSE **DATE :** 17.08.82
OBJET DE LA VISITE : Point sur les détecteurs CCD

LABORATOIRE VISITÉ : CNES/CT/OT/CH/DT	N° C.N.R.S. :
ADRESSE :	
TÉL. :	
PERSONNES RENCONTRÉES - CONTACTÉES : M. LAPORTE	

DOCUMENT N° CT/GEPAN - **DU :**

DIFFUSION :

Monsieur LAPORTE travaille à la division Charges Utiles de Télédétection du Centre Spatial de Toulouse. A ce titre, il a été impliqué dans des études portant sur l'évaluation et l'utilisation de détecteurs C.C.D. (Charge Coupled Device), et il connaît bien le marché de ces composants. Son domaine d'activité concerne plus particulièrement les caméras aéroportées, tandis que d'autres équipes du CNES sont spécialisées sur le projet SPOT et le projet militaire SAMRO.

Les C.C.D. sont des composants récents, donc en pleine évolution. On distingue les barrettes, qui sont mono-dimensionnelles et sont utilisées au balayage, et les matrices bi-dimensionnelles. A ce jour, les barrettes ont fait l'objet de plus de travaux d'évaluation, en raison de leur utilisation en télédétection aérienne et spatiale (caméra aéroportée "push-broom", satellite de télédétection SPOT,....).

Selon M. LAPORTE, il ne faut pas trop se fier aux annonces publicitaires dans ce domaine, car on y présente comme commercialisés des produits qui n'ont encore jamais fonctionné de façon probante et répétitive. Parmi les nombreux annonceurs, on peut noter : Fairchild, R.C.A., Reticon (U.S.A.), G.E.C. (U.K.) et Thomson (France). M. LAPORTE fournit, pour photocopie, un ensemble de documentations techniques issues en majorité de chez les fabricants (voir extraits en annexe).

En ce qui concerne les matrices de grandes dimensions, M. LAPORTE présente le modèle Fairchild CCD221 (488x380 pixels) comme le seul fiable sur le marché. Mettant en jeu une nouvelle technologie, il correspond au standard NTSC TV américain et équipe la caméra CCD1500 de Fairchild (disponible au CNES). Le modèle SID51232 de R.C.A. est présenté pour une taille d'images de 512x320 pixels, mais en fait les lignes ne sont pas réellement indépendantes du fait d'une technique d'entrelacement.

M. LAPORTE donne des explications, d'une part sur les caractéristiques des C.C.D., et d'autre part sur les problèmes que pose la réalisation d'une chaîne optique de détection.

I. Caractéristiques des C.C.D.

Les études réalisées jusqu'à présent sur les C.C.D. ont porté essentiellement sur les barrettes, mais leurs résultats sont applicables également aux matrices bidimensionnelles.

Les fabricants classent leurs C.C.D. en classes correspondant à des niveaux de qualité différents (chez Fairchild : classes A, B, C, les composants de la classe C comportant des points morts ou surbrillants). Il existe en effet des problèmes d'homogénéité entre les points, le cas extrême étant constitué par les "spikes", qui sont des points aberrants délivrant une tension constante quelle que soit l'illumination. Le bruit issu des C.C.D. provient de la superposition d'un bruit spatial déterministe et d'un bruit temporel aléatoire, le premier ayant une amplitude supérieure à celle du second.

En ce qui concerne le bruit photonique à l'entrée, on constate que pour N photons qui entrent le rapport signal sur bruit (S/B) varie comme \sqrt{N} . En effet, le bruit B est donné par :

$$B^2 = N + N_0^2 \quad , \text{ où le terme } N_0 \text{ est propre au C.C.D.}$$

Les caractéristiques spatiales dépendent fortement de la longueur d'onde. Liée à la réponse spectrale du Silicium, qui atteint $1.1 \mu\text{m}$, la courbe de réponse des C.C.D. est supérieure à 50 % entre $0.45 \mu\text{m}$ et $1 \mu\text{m}$.

La réponse dans le rouge étant beaucoup plus floue que dans le bleu, il est avantageux, en cas de lumière blanche, d'éliminer par filtrage la contribution du rouge et de l'infrarouge.

Pour les composants de Fairchild, par exemple, on relève les différentes courbes de contraste (FTM) suivantes :

Vert, Jaune, Panchromatique, IR ($0.8-0.9 \mu\text{m}$)

L'homogénéité des détecteurs est bonne dans le bleu, mais moins uniforme vers le rouge. On la caractérise par 2 courbes, représentant respectivement les points pairs et impairs de la barrette.

D'une façon générale, en ce qui concerne les longueurs d'onde, il faut retenir que l'éloignement vers le rouge se traduit simultanément par :

- un accroissement du rendement (sensibilité),
- une dégradation du contraste,
- une dégradation de l'uniformité.

Le meilleur compromis se situe autour de 0.6 μm .

La température n'a d'influence que sur la tension d'obscurité (délivrée en l'absence d'illumination), qui dépend par ailleurs du temps de pose. Pour situer quantitativement les influences respectives de ces deux paramètres, on notera que la tension d'obscurité double dans chacun des cas suivants :

- si la température passe de 7°C à 10°C
- si le temps de pose est multiplié par 2.

II. Chaîne optique de détection.

Selon Monsieur LAPORTE, la chaîne de détection envisagée par le GEPAN pourrait être constituée par une optique suivie d'une "galette de microcanaux", elle-même suivie d'une matrice de C.C.D.

L'optique peut poser des problèmes dans la mesure où l'on souhaiterait un grand champ angulaire (distance focale).

Une galette de microcanaux, telle que R.T.C. (France) en propose sur étagère, a pour fonction de convertir les photons incidents en électrons, de multiplier ces électrons, puis de les reconvertir en photons. Sa face d'entrée est constituée d'une photocathode, tandis que la reconversion des électrons en lumière met en jeu des phosphores de type P 20.

Un tel dispositif intensificateur de lumière permet d'obtenir un gain de l'ordre de 1000 (1 photon incident donne 1000 photons), compte tenu des pertes importantes dans la photocathode et dans les phosphores. La rémanence sur les phosphores,

qui dépend de la polarisation, peut aller de quelques milli-secondes à une seconde.

Le design d'une telle chaîne optique dépend essentiellement du temps d'exposition et de l'ouverture. Les courants d'obscurité sont une source de difficultés, et l'on choisit généralement un temps de pose égal au temps de lecture.

La conversion de la lumière émise par les phosphores en signal video, à l'aide de C.C.D., est délicate en raison de la nature divergente du flux émis par les phosphores. On connaît 3 types de solutions à ce problème.:

- placer la matrice C.C.D. très près des phosphores,
- Intercaler une optique de reprise (point par point), ce qui permet d'être maître du grandissement avec une efficacité supérieure à 90 %,
- réaliser un couplage par fibres optiques (RCA vend des matrices C.C.D. avec des paquets de fibres optiques), ce qui n'est efficace que si la taille de ces fibres est inférieure à celle des détecteurs (sinon, on constate une forte diminution du contraste).

En ce qui concerne les risques d'endommagement liés à une surexposition, l'équipe de spécialistes qui travaille sur SPOF a mis en évidence que les C.C.D. étaient assez insensibles (tests consistant à pointer le soleil durant 10 s), l'excès de calories (échauffement) étant plus gênant que celui d photons. En revanche, la photocathode doit être bloquée dès que le flux atteint 1 lux (= 1 lumen/m²).

La division de M. LAPORTE dispose d'une caméra Fairchild composée d'une optique, d'un détecteur de type matrice C.C.D. à 488 x 380 pixels, et d'une optique. En sortie, on a un câble video et il existe en option une carte de numérisation. Cet équipement vaut environ 50 KT.

		Technologie	Taille du pixel	Accouplement par fibres optiques	Disponibilité
RCA SID 53601	512 x 320 163840	Transfert de trame	30 µm x 30 µm	OUI	Disponible avec fibres optiques
FAIRCHILD CCD 221	488 x 380 185440	Transfert d'in-terligne	30 µm x 30 µm (12 µm)	OUI	Disponible. Accouplement à faire par l'utilisateur
TEXAS INSTRUM.		Monophasé. Electrode virtuelle		?	?
RETICON RA 100 x 100	100 x 100 10000	Photodiodes	60 µm x 60 µm	OUI	Disponible avec fibres optiques
G.E. SYRACUSE TN 2000	244 x 248	C.I.D.	36 µm x 46 µm	OUI	Disponible grande diffusion
G.E.C. WEMBLEY P. 8600	576 x 385	Transfert de trame	22 µm x 22 µm	?	Non encore disponible en bonne qualité
THOMSON C.S.F. THX 31135	288 x 208	Transfert de trame	30 µm x 28 µm	?	Disponible

Tableau 2 - Liste des critères limitant le choix de la matrice bi-dimensionnelle

CCD211 244x190 Element Array CCD221 488x380 Element Array

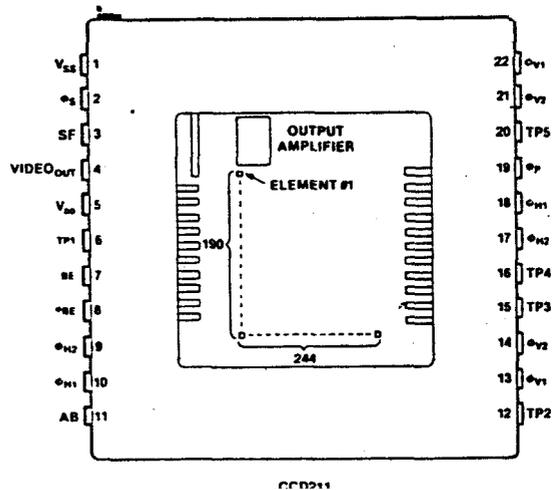
CCD Imaging

ption
 CCD211 and CCD221 are 244x190 and 488x380-
 element solid-state charge-coupled device area image
 sensors which are intended for use as high-resolution
 sensors in a variety of scientific and industrial optical im-
 aging systems. The CCD211 is organized as a
 244x190 element array of 244 horizontal lines by 190 vertical
 lines and the CCD221, 488 horizontal lines by 380 ver-
 tical columns of charge-coupled photoelements. The
 dimensions of the 46,360 photoelements of the CCD211
 are 185,440 photoelements of the CCD221 are 12 μm
 horizontally by 18 μm vertically. The photoelements are
 precisely positioned on 30 μm horizontal centers and
 36 μm vertical centers. The CCD211 has an image sensing
 area of 4.4 by 5.7 mm, with a diagonal dimension of
 7.2 mm and the CCD221 has an active area of 8.8 by
 11.4 mm, with a diagonal of 14.4 mm.

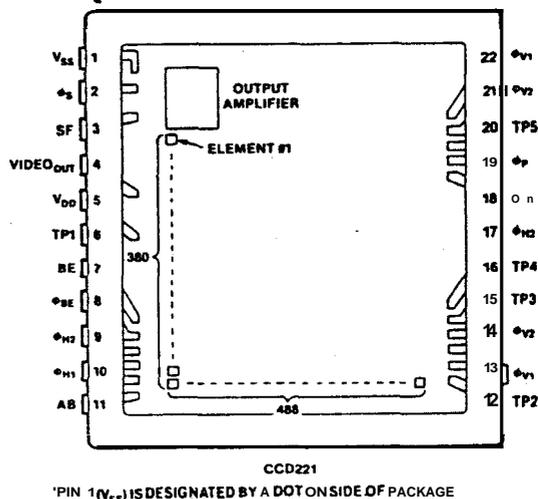
low noise performance of the buried channel CCD
 structure can provide excellent low-light-level capabilities
 when cooled. The geometric accuracy of the device struc-
 ture combined with a video readout which is controlled by
 clock signals, allows the signal output from each
 element to be precisely identified for easy realization
 of computer-based image processing systems. The
 devices can be used in video cameras that require low
 power, small size, high sensitivity, high reliability and
 rugged construction.

- 360/185,440* SENSING ELEMENTS ON A SINGLE CHIP
 - AVAILABLE HORIZONTAL RESOLUTION: 190/1380 ELEMENTS PER LINE
 - AVAILABLE VERTICAL RESOLUTION: 244/1488 LINES
 - NO LAG, NO GEOMETRIC DISTORTION
 - GAMMA OF UNITY
 - HIGH DYNAMIC RANGE—TYPICALLY: 1,000:1 at 25°C (INCLUDING DARK SIGNAL NON-UNIFORMITY)
 - LOW LIGHT LEVEL CAPABILITY, LOW NOISE
 - EQUIVALENT EXPOSURE
 - VIDEO DATA RATES UP TO 20 MHz, FRAME RATES TO 3190 Hz
 - SAMPLE-AND-HOLD VIDEO OUTPUT
 - LOW POWER DISSIPATION, SOLID-STATE RELIABILITY
 - SMALL SIZE
 - STANDARD TV ASPECT RATIO (4:3)
 - CCD221 SATISFIES NTSC RESOLUTION STANDARDS
 - PHASE REGISTER CLOCKING
 - INDEPENDENTLY-CONTROLLED READOUT
- CCD211 Parameter/CCD221 Parameter

Connection Diagram (Top View)



Connection Diagram (Top View)

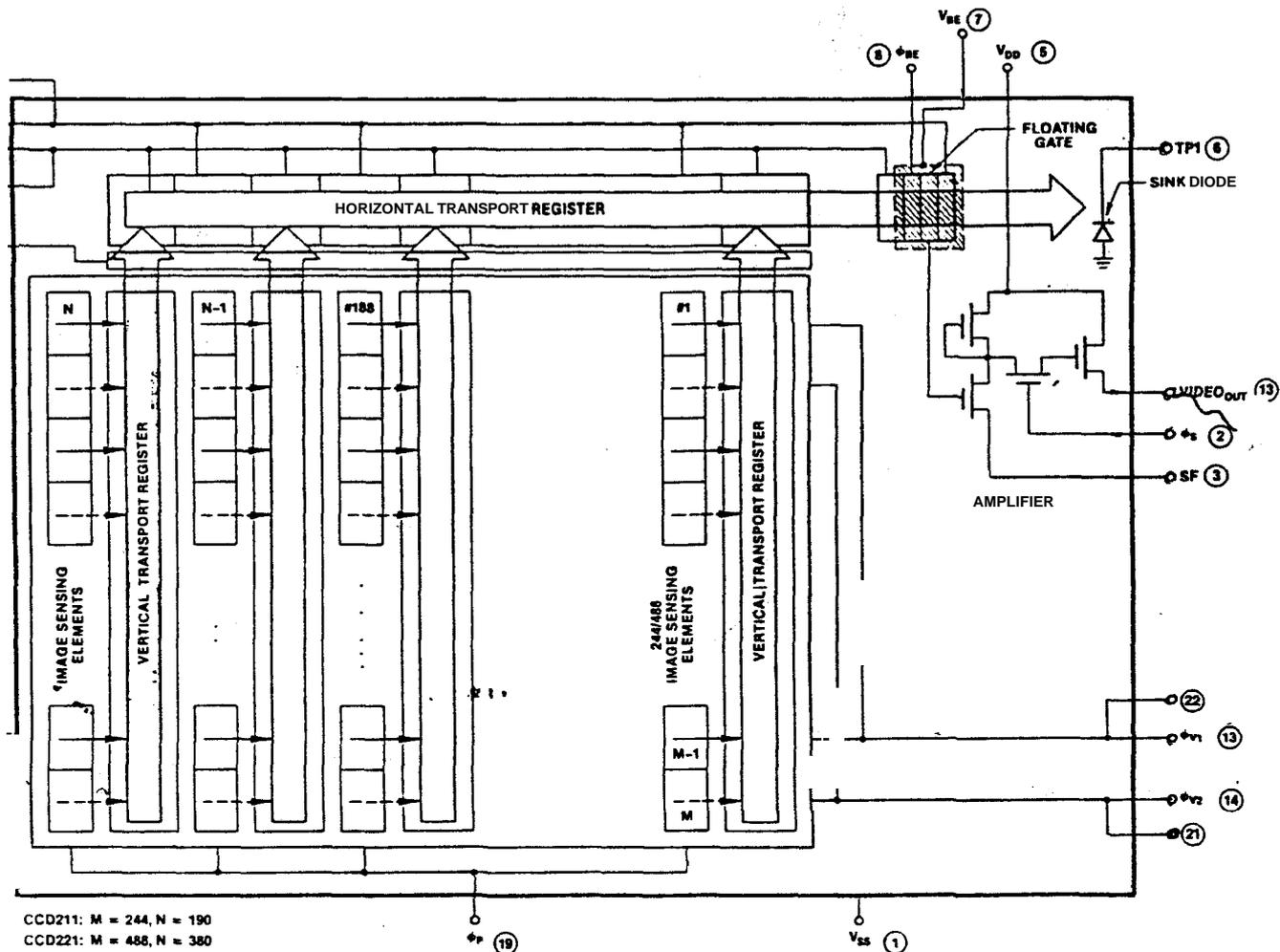


Pin Names

- AB Anti-Blooming Bias (for Column Anti-Blooming)
- SF Floating-Gate Amplifier Source
- VIDEO_OUT Output Amplifier Source
- phi_P Photogate Clock
- phi_V1, phi_V2 Vertical Transport Clocks
- phi_H1, phi_H2 Horizontal Transport Clocks
- phi_BE Bias Electrode Clock
- BE DC Bias Electrode
- phi_S Sample-and-Hold Clock
- VDD Output Amplifier Drain
- VSS Substrate (GND)
- TP Test Points

CCD211/CCD221

Diagram



Functional Description

The CCD211/221 consist of the following functional blocks as illustrated in the Block Diagram:

Sensor Elements

Photons pass through a transparent polycrystalline gate structure and are absorbed in the silicon structure creating hole-electron pairs. The resulting electrons are collected in the photosites during the integration period; the amount of charge accumulated in each photosite is a linear function of the localized illumination intensity and the integration period.

Vertical Analog Transport Registers

At the ends of integration periods, the charge packets are

transferred out of the array in two sequential fields of **1221244 lines** each. When the photogate voltage is lowered, charge packets from odd-numbered photosites (1, 3, 5... 243/487) are transferred to the vertical transport registers at the beginning of readout of an odd field when the ϕ_{V1} clock is HIGH. Clocking ϕ_{V1} and ϕ_{V2} then transports the charge packets up the vertical transport registers, line by line, to the output horizontal transport register. Before the readout of the next even field and when the photogate voltage is again lowered, the ϕ_{V2} clock is held HIGH causing the transfer of the even-numbered photosite charge packets (2, 4, 6... 244/488) to the vertical registers. A minimum of **1231245** vertical clock pulses are required per field to deliver the entire field to the output. The additional clock cycle is required due to

presence of a non-sensitive anti-blooming line between the horizontal transport register and the top of the vertical transport registers.

Horizontal Analog Transport Register

The horizontal transport register is a 190/380 element register that receives the charge packets from the vertical transport registers line by line. After each line of information is transferred from the vertical transport registers, it is transferred serially to the output amplifier by the elementary horizontal clocks ϕ_{H1} and ϕ_{H2} . A minimum of 385 horizontal clock pulses are required to complete transfer of one line of information to the floating-gate amplifier.

Floating-Gate Amplifier

Charge packets from the horizontal transport register are sensed by a floating-gate whose potential changes linearly with the quantity of signal charge and which is driven by an input MOS transistor. The output signal from the input transistor in turn drives the gate of an output channel MOS transistor which produces the video output signal at terminal VIDEO_{OUT}. The signal is sampled by the control of clock ϕ_S through a MOS transistor. The resultant video output signal is a sampled-and-held clock-controlled analog signal representing the horizontal distribution of the sensor surface exposure.

Video Output (SEE TIMING DIAGRAM)

The output waveform of the CCD211/221 is shown in detail in the Timing Diagram. Each frame (244/488 horizontal lines) is delivered to the output in two sequential fields of 122 horizontal lines each. Each horizontal line is 190-elements long.

The sequence of data comprising each horizontal line is as follows:

The first 4 elements at the beginning of each line are 4 pre-scan elements which contain no video information, but are representative of the dark current levels in the horizontal transport register.

The next 5 elements of the output then contain information from 5 elements which are covered with opaque aluminum including:

A peripheral response element containing information representative of the charge generated around the periphery of the device. This element's output should be ignored.

Three dark reference cells which contain no video information, but correspond to the true dark current (the sum of register plus photosite currents) of that particular line. These elemental outputs may be used as dark reference levels in post-output dc restoration circuitry.

A peripheral response reduction element which is partially covered by aluminum.

3. Following are the 185/375 elements which contain the true video information (valid pixels) showing the spatial distribution of incident brightness for that line.

Definition of Terms

Charge-Coupled Device— A charge-coupled device is a monolithic silicon structure in which discrete isolated packets of electrical charge are transported from position to position in the semiconductor by sequential clocking of an array of gates. The charge packets are minority carriers (electrons) with respect to the semiconductor substrate.

Photogate Clock ϕ_P — The voltage waveform applied to the photogate to move the accumulated charge from the image sensor elements to the vertical transport registers.

Vertical Transport Clocks ϕ_{V1}, ϕ_{V2} — The two clocks applied to the vertical transport registers to move the charge packets received from the image sensor elements towards the CCD horizontal transport register.

Horizontal Transport Clocks ϕ_{H1}, ϕ_{H2} — The two clocks applied to the horizontal transport register to move the charge packets received from the vertical transport registers towards the floating-gate amplifier.

Floating-Gate Amplifier— The first stage of the on-chip amplifier which develops a signal voltage linearly proportional to the number of electrons contained in each sensed charge packet. The floating-gate is coupled to the charge transport channel exclusively by electrostatic fields for low-noise signal detection.

Sample-and-Hold Clock ϕ_S — The clock applied to the sample-and-hold gate of the amplifier. The sample-and-hold feature can be disabled by connecting ϕ_S to V_{DD} .

Dark Reference— Video output level generated from photoelements covered with opaque metalization. The video output from these elements provides a reference voltage equivalent to sensor operation in the dark.

Dynamic Range— The saturation level output video signal voltage of the sensor divided by the rms noise output of the sensor in the dark. The peak-to-peak random noise output of the device is 4-6 times the rms noise output.

Saturation Exposure— The minimum exposure level that will produce a saturated output signal. Exposure is equal to the light intensity times the photosite integration time.

Spectral Response Range— The spectral band in which the response per unit of radiant power is more than 10% of the peak response.

Responsivity— The output signal voltage per unit exposure for a specified radiation spectrum. Responsivity is output voltage divided by exposure.

Response Shading Non-Uniformity— The difference in response levels between the most and least sensitive regions under uniform illumination, excluding shaded elements. Shading is measured using a low-pass filter with a cut-off of approximately 10 cycles per picture width in the video output line.

Dark Signal— The output signal in the dark caused by thermally generated electrons. Dark signal is a linear function of integration time and an exponential function of temperature.

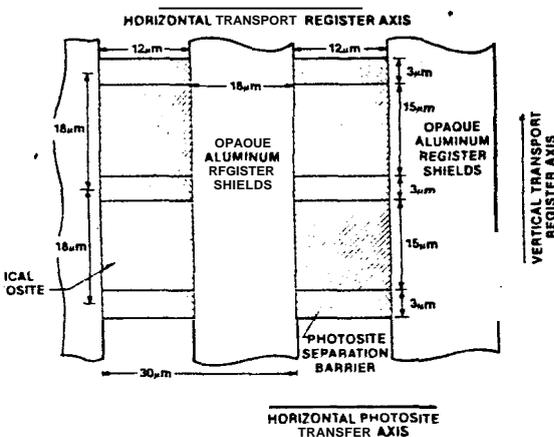
Dark Signal Shading Non-Uniformity— The difference in dark signal levels between the lowest and highest quality elements in the dark. Shading is measured using a low-pass filter with a cut-off frequency of approximately 10 cycles per picture width in the video output line.

Maximum Available Output Voltage— The maximum available signal output voltage, measured with respect to the reference level.

Integration Time— Two times the time interval between falling edges of any two successive ϕ_P clock pulses shown in the timing diagram. The integration time is the time allowed for the photosites to collect charge.

Picture Element (photosite — see dimensions in Figure 9)

Photosite Dimensions



NOTE: Photosite Separation Barriers are transparent, photosites are optically contiguous along the vertical axis.

Absolute Maximum Ratings

STORAGE TEMPERATURE	-100°C to +100°C
VOLTAGES:	
Pins 3, 4, 5, 6, 11, 15, 20	-0.3V to +16V
Pins 2, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 22	-10V to +15V
Pin 1	V _{SS} = 0V

Caution Note

The devices do not have built-in gate protection. It is crucial that static discharge be controlled and minimized. Care must be taken to avoid shorting pin VIDEO_{OUT} to V_{SS} or V_{DD} during operation of the device. Shorting this pin temporarily to V_{SS} or V_{DD} may destroy the output amplifiers.

Dirty glass windows on devices cause increased photoresponse non-uniformity. Glass may be cleaned by saturating a cotton swab in alcohol and lightly wiping the surface. Rinse off the alcohol with de-ionized water. Allow the glass to dry preferably by blowing with filtered dry N₂ or air.

CCD211/CCD221

Operating Conditions and Characteristics: Devices are tested at nominal conditions except for V_{SF} , V_{BE} , and V_{AB} which are adjusted for individual sensors.

Symbol	Parameter	Range			Unit	Remarks
		Min.	Nom.	Max.		
	DC Supply Voltage	12.0	15.0	16.5	V	
	Anti-Blooming Bias Voltage	6.0	10.0	V_{DD}	V	Note 1
	Source of Floating-Gate Amplifier	4.0	7.0	10.0	V	Note 1
	Bias Electrode	-5.0	0.0		V	Note 1
	Test Points		0.0		V	
	Test Points		V_{DD}		V	
	DC Supply (V_{DD}) Current		3.5		mA	$T_C = 0^\circ\text{C}$
	Floating-Gate Amplifier Current		1		μA	$T_C = 0^\circ\text{C}$

Conditions

Symbol	Parameter	Range			Unit	Remarks
		Min.	Nom.	Max.		
P _L	Photogate Clock LOW	-6.0	0.0		V	Note 2, 10
P _H	Photogate Clock HIGH	3.0	5.0	7.0	V	Note 2
3EL	Bias Electrode of FGA Clock LOW	-3.0	0.0	0.0	V	
3EH	Bias Electrode of FGA Clock HIGH	0.0	5.0	7.0	V	Note 1
H1L H2L	Horizontal Transport Clock LOW	-5.0	0.0	0.0	V	Note 3
H1H Y2H	Horizontal Transport Clock HIGH	5.0	9.0	12.0	V	Note 1, 3
V1L V2L	Vertical Transport Clock Low	-6.0	0.0	0.0	V	Note 2, 10
V1H V2H	Vertical Transport Clock HIGH	5.0	9.0	12.0	V	Note 4
SL	Sample-and-Hold Clock LOW	-3.0	0.0	0.0		
SH	Sample-and-Hold Clock HIGH	3.0	5.0	7.0	V	
f ₁₁ f ₁₂	Max Horizontal Transport Clock Frequency	7.2		20.0	MHz	Note 5

CCD211/CCD221

Performance Specifications: Standard Test conditions are TV format data output at a 30 Hz frame rate, 60 Hz field rate, 50 Hz line rate, 7.16 MHz pixel rate, $T_C = 0^\circ\text{C}$. Light source is 2854°K incandescent with 2.0 mm thick Schott BG-38 IR filter.

Symbol	Parameter	CCD211/221			Unit	Condition
		Min	Typ	Max		
V _{SAT}	Saturation Output Voltage	200	700		mVp-p	Note 8
DR	Dynamic Range		1000			See definition of terms
E _{SAT}	Saturation Exposure		0.28		$\mu\text{J}/\text{cm}^2$	Note 6
R	Responsivity		2.5		$\text{V}/\mu\text{J}/\text{cm}^2$	Note 6
Z _{OUT}	Output Impedance		1000		ohm	
TF _H	Contrast Transfer Function, Horizontal		75		%	At 1901380 line pairs/picture width
TF _V	Contrast Transfer Function, Vertical		70		%	At 2441488 line pairs/picture height
SSNU	Dark Signal Shading		1	10	% V _{SAT}	Measured with a 15 kHz cutoff low pass filter. Note 8, 9
RSNU	Photo Response Shading		1	10	% V _{OUT}	Measured at V _{OUT} = 50% V _{SAT} with a 15 kHz low pass filter. Note 8

Handwritten notes:
 $f_{TC} = 0.8$
 [33, 2 mV]

Adjustment is required within the indicated range for optimum operation.

$C_{\phi} = 4,000 \text{ pF}$ for CCD211; $C_{\phi P} = 16,000 \text{ pF}$ for CCD221.

$C_{\phi H1} = C_{\phi H2} = 100 \text{ pF}$ for CCD211; $C_{\phi H1} = C_{\phi H2} = 200 \text{ pF}$ for CCD221.

$C_{\phi V1} = C_{\phi V2} = 3,000 \text{ pF}$ for CCD211; $C_{\phi V1} = C_{\phi V2} = 12,000 \text{ pF}$ for CCD221.

Devices are tested at a clock rate of 7.2 MHz. This gives a standard NTSC rate at 30 frames per second. Higher clock rates are possible.

Operation of the device at lower or higher frequencies will not damage the device. Two factors contribute to the fundamental low frequency limit: dark current contributions from the photosites and associated dark current non-uniformities, and dark current contributions in the register which will result in increased average dark signal at the output. The longer the intergration time, the higher the spatial non-uniformities.

$1 \mu\text{J}/\text{cm}^2 = (1 \mu\text{W} - \text{S})/\text{cm}^2$

$1 \mu\text{W}/\text{cm}^2 = 3.5 \text{ lux}$ with 2854°K + BG-38 filter.

$1 \text{ lux} = 0.03 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ with 2854°K + BG-38 filter.

Energy is measured after the filter.

Measured with a 100% contrast bar pattern as a test target. The saturation level is where the video peaks just start to flatten out as the incident illumination is increased.

Measurement excludes single point blemishes, line and column defects and outer edge elements on a line or field basis.

DSSNU reduces (increases) in magnitude by a factor of 2X for every 7-10° reduction (increment) in chip temperature.

Minimum increase DSNU for certain arrays results when the low level for these clock signals is between 0 and -6V with respect to V_{SS}.

CCD211/CCD221

Performance Specifications
 CCD211 and CCD221 are each available in three quality grades. The CCD211A/CCD221A are very performance devices which are intended for use in demanding industrial and scientific applications. CCD211B/CCD221B are medium grade devices which are used in situations where a small number of cosmetics can be tolerated. The CCD211C/CCD221C are effective devices intended for those applications where the most stringent blemish criteria are permissible, for example, in systems which employ computer-based analysis of sensor data.

A CCD211 or CCD221 element is considered to be blemished if it exhibits a spurious output (in comparison to its nearest neighbors) of more than 10% of V_{SAT} . Blemish content is determined in the dark, and at an illumination level of 50% V_{SAT} . Single Point Blemishes (SPB's) and column-oriented blemishes (vertical lines) are sometimes found in CCD211 and CCD221 sensors; horizontal line defects are rarely found because of Fairchild's choice of device structure. SPB and column defect locations are random in the CCD211 and CCD221.

Specifications for CCD211:

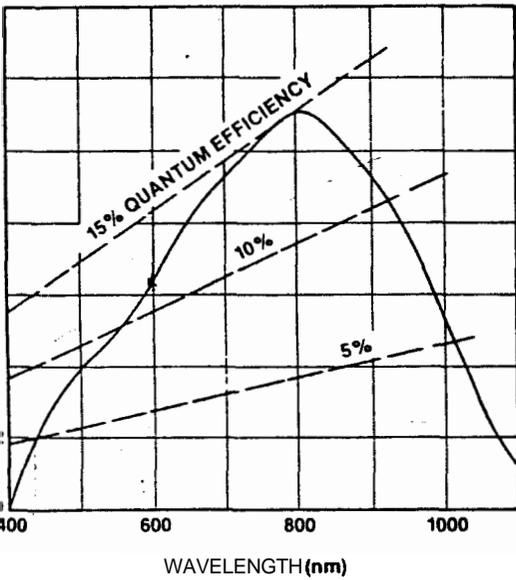
	CCD211A Max	CCD211B Max	CCD211C Max	
Number of Single Point Blemishes (SPB)	10	20	50	contiguous pixels
Largest SPB Dimension	3	5	8	
Number of Column Defects (CD)	0	1	4	adjacent columns
Widest Column Defect Width	0	2	3	

Specifications for CCD221:

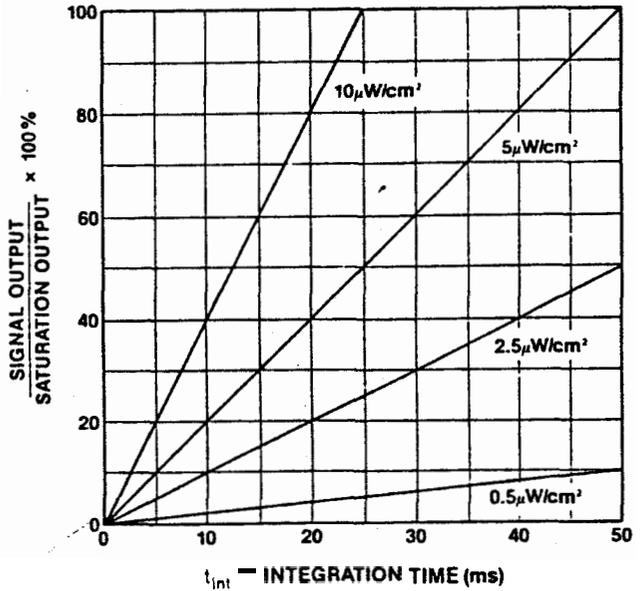
	CCD221A Max	CCD221B Max	CCD221C Max	
Number of Single Point Blemishes	100	200	300	contiguous pixels
Largest SPB Dimension	3	5	8	
Number of Column Defects	4	6	10	adjacent columns
Widest Column Defect Width	2	3	4	
Number of Short Column Defects (SCD)	0	1	2	lines
Longest SCD Length	0	32	100	
Widest SCD Width	0	4	8	columns

al Performance Curves

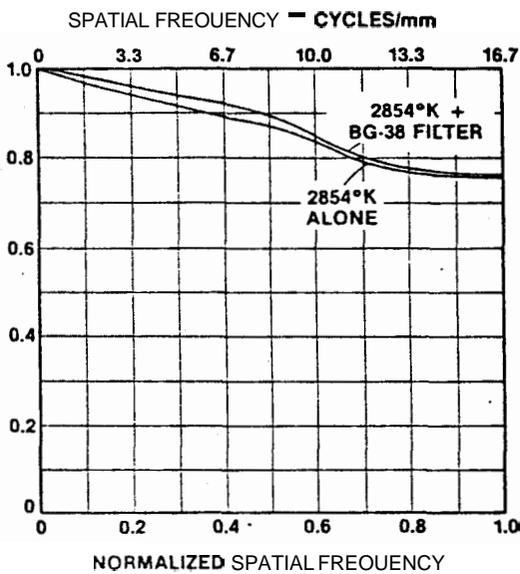
TYPICAL SPECTRAL RESPONSE



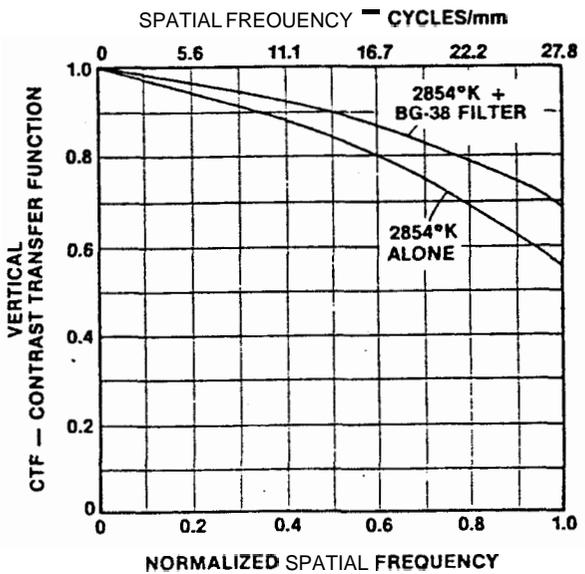
OUTPUT SIGNAL LEVEL VERSUS INTEGRATION TIME 2854°K TUNGSTEN SOURCE WITH SCHOTT BG-38 FILTERS



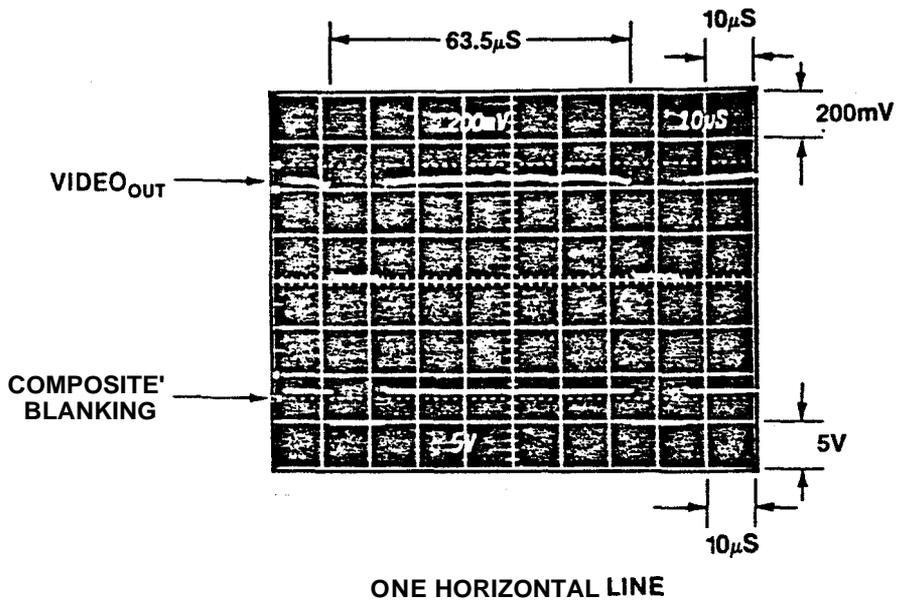
HORIZONTAL CONTRAST TRANSFER FUNCTION FOR TWO BROADBAND ILLUMINATION SOURCES



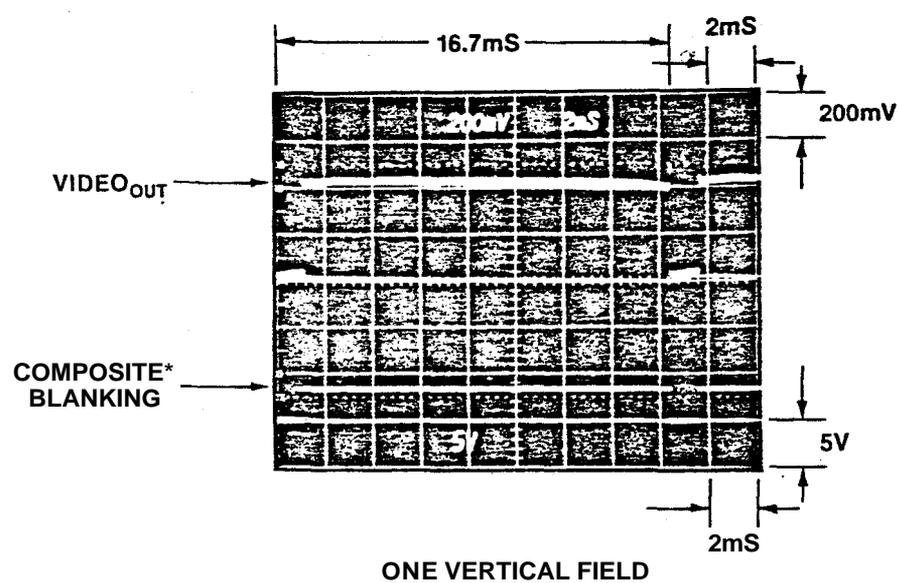
VERTICAL CONTRAST TRANSFER FUNCTION FOR TWO BROADBAND ILLUMINATION SOURCES



Waveform (VIDEO_{OUT}) Under Uniform Illumination ($\approx 50\% V_{SAT}$)
 le Shown is for CCD 221



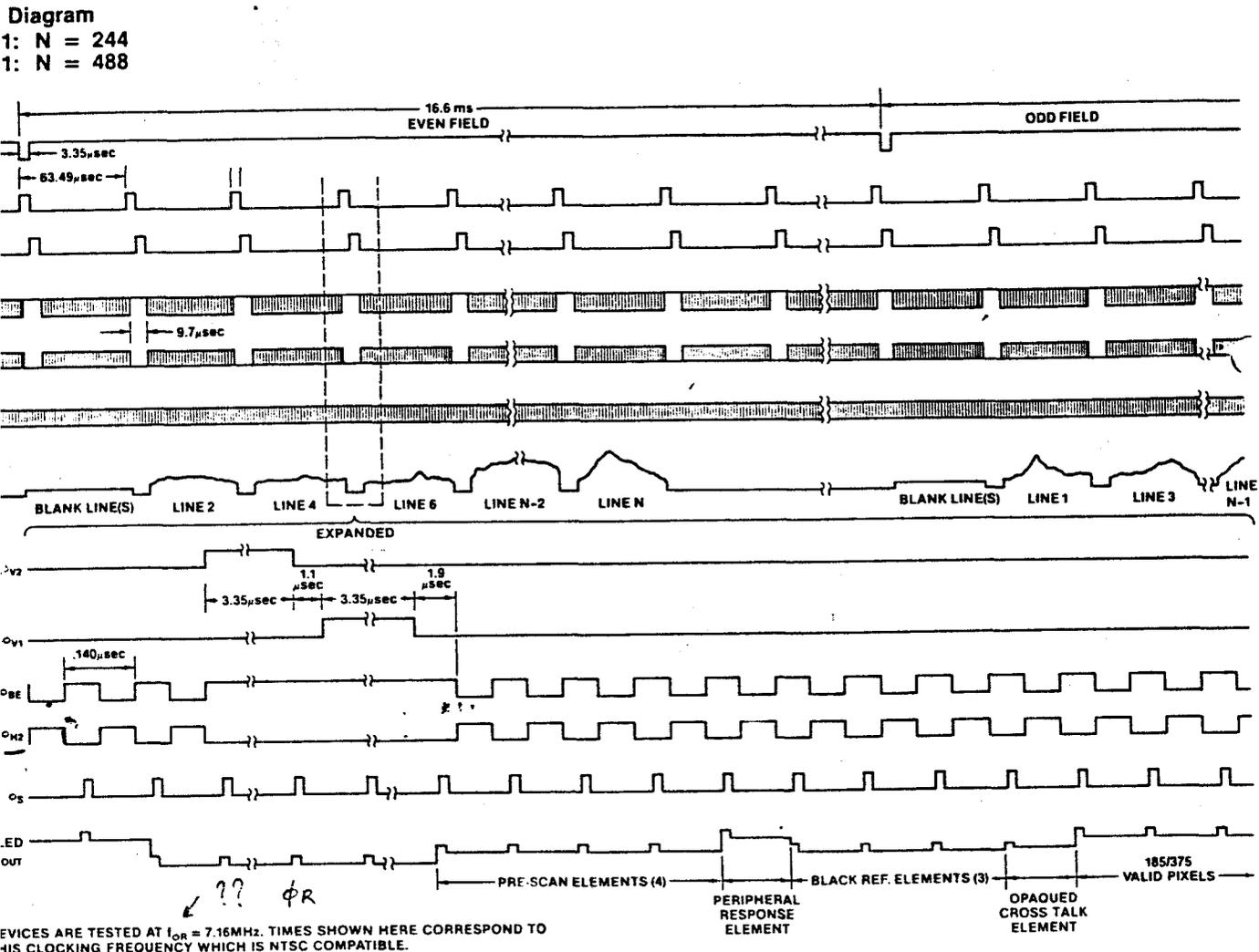
ONE HORIZONTAL LINE



ONE VERTICAL FIELD

*COMPOSITE BLANKING IS GENERATED
 IN CAMERAS CCD2000C AND CCD2100C

CCD211/CCD221

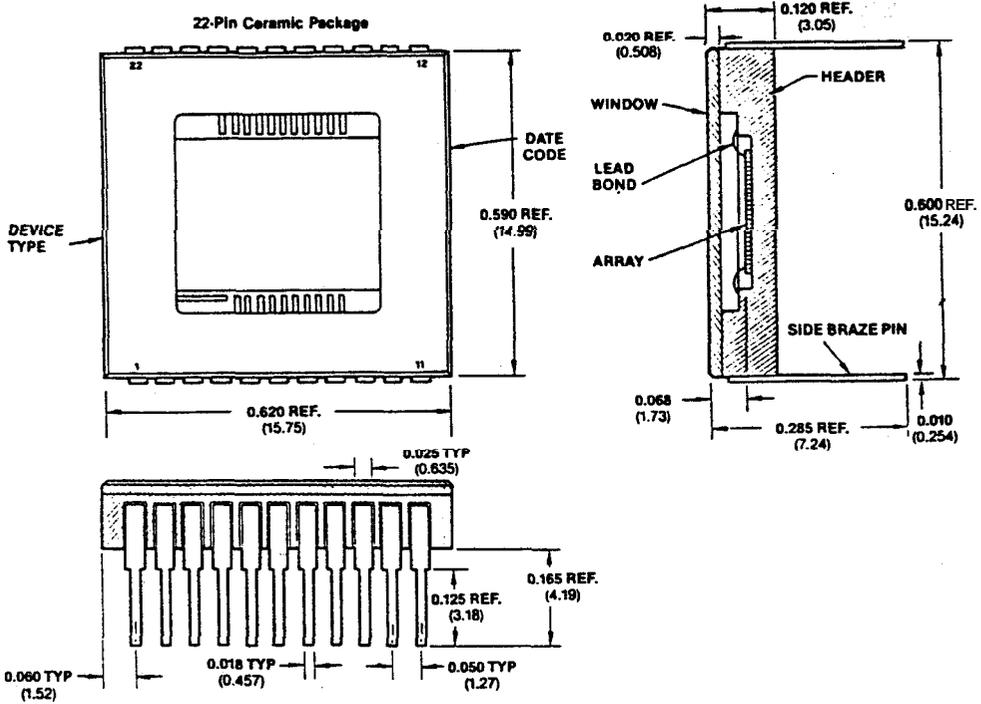


Information
 For the CCD211 or CCD221, please follow the
 coding codes listed in the table below:

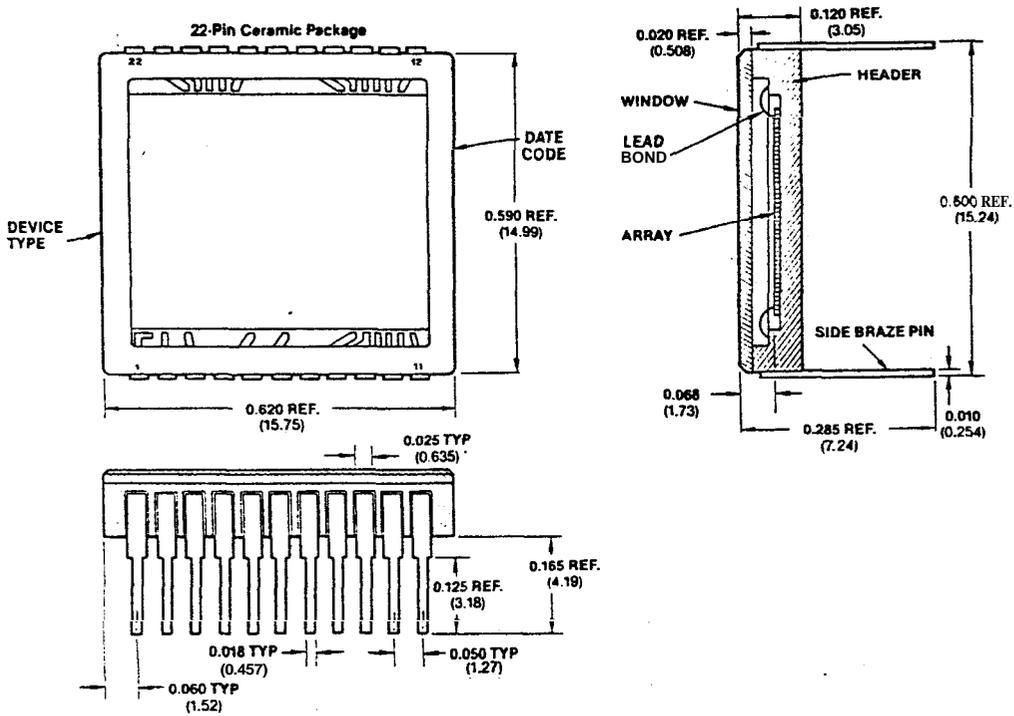
For further information, please call your nearest Fairchild
 Sales Office. For technical assistance, call (415) 493-8001.

Description	Device Type Order Code
CCD211 Class A Blemish Spec	CD211ADC
CCD211 Class B Blemish Spec	CD211BDC
CCD211 Class C Blemish Spec	CD211CDC
CCD221 Class A Blemish Spec	CD221ADC
CCD221 Class B Blemish Spec	CD221BDC
CCD221 Class C Blemish Spec	CD221CDC

Package Outline



Package Outline



NOTES: All dimensions in inches (bold) and millimeters (parentheses). Header is black ceramic (Al_2O_3). Glass window is attached to header with epoxy cement.



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME : DETECTION

MOTS-CLES : Astronomie - Caméra -
capteurs - informatique - météores -
météorologie - télédétection

COMPTE-RENDU DE VISITE N° : 60 / 0982 /

VISITE EFFECTUÉE PAR : ~~APREXX DE XXX~~

NOM : Alain ESTERLE

NOM :

NOM :

VISA :

VISA :

VISA :

LIEU : CESR

DATE : 16.9.82

SUBJET DE LA VISITE : Projet de collaboration

LABORATOIRE VISITÉ : CESR
ADRESSE : 9 Av, Colonel Roche
31400 TOULOUSE

N° C.N.R.S. : 008002

TÉL. : (61) 53.13.13

PERSONNES RENCONTRÉES - CONTACTÉES : MM. VEDRENNE - HURLEY

DOCUMENT N° CT/GEPAN - 00118

DU : 17.9.82

DIFFUSION : ETCA M. LOUANGE

Le Professeur Vedrenne, enseignant d'Astrophysique à l'UPS, avait demandé à M. HURLEY (voir visite n° 36/0582) d'assister à notre entretien. Il connaissait déjà un peu le GEPAN et assez bien son projet de détection **sélective**, pour en avoir discuté avec M. HURLEY.

Après que j'aie rappelé les principes fondamentaux de ce projet et le cheminement qui nous y a conduit, M. HURLEY signale l'avancement de son étude sur les **sursauts Gamma** : 45 bandes **vidéo** de 4 heures chacune enregistrées cet été au **Pic** ; de plus son projet d'utilisation et de traitement de données déclassées du système GEODSS progresse, dit-il, aux USA et aurait obtenu un financement.

Nous tombons donc d'accord sur l'**intérêt commun** que nous avons à développer une même **logique** Instrumentale (image numérisée, enregistrement sélectif par traitement préalable en temps réel...) pour surveiller deux **phénomènes** différents (éclairs optiques des sursauts **Gamma** et **trajectoires météoritiques**) qui sont tous deux fugitifs et **imprévisibles**.

Je distingue **ensuite** entre la partie projet technologique et la partie traitement des données enregistrées qui comprend l'extraction des **données** et dans le cas des météores, leur "**réduction**".

M. Vedrenne se montre peu **enthousiasmé** par ce travail de **trajectographie** météorique, pour deux raisons :

- ce n'est pas dans la vocation première du laboratoire, voué à l'astrophysique et aux rayonnements ;
- ce n'est pas **assez original** pour constituer un sujet de **thèse**.

Apprenant l'évolution de la réflexion sur le projet instrumental (en **particulier l'examen préalable** des options techniques fondamentales par les stagiaires **ENSTA**), il propose alors qu'un étudiant de DEA en astrophysique fasse son stage (mars-juin) sur cette **question** du traitement des **données tout** en suivant l'avancement du projet **instrumental** (les deux aspects sont liés, ne serait-ce que par la **taille** du pixel, la fréquence des prises de vue, etc.). Ensuite, ce même étudiant pourrait développer sa thèse de **3ème cycle** (2 ou 3 **ans**) sur le projet instrumental, son implantation, le traitement et la réduction des données.

Tout ceci semble donc **très** favorable, il faudrait simplement préparer un travail de stagiaire pour pouvoir faire une proposition à partir de **décembre prochain**.

- (1) Bien **connaître** les **modèles** algébriques de la réduction **trajectographique** (Cf. **Cephecha** ?).

- (2) Préciser les possibilités d'utilisation de **modèles** de vents (ballons CNES, ballons météo, **modèles** de l'EERM...).
- (3) **Préparer** des prises de **vues** analogues à celles que produira le système. Pour cela il ne semble pas possible d'utiliser les prises de vue du Pic pour les sursauts Gamma **puisque'il** n'y a **qu'une** station. Le mieux serait peut-être de partir de photos de Ceplecha que l'on numériserait (on est libre de choisir le pas en fonction du pixel envisagé). L'extraction des données (que Ceplecha fait à la main) pourrait être faite par un traitement analogue à celui fait en temps réel pour l'enregistrement sélectif. La réduction se ferait ensuite avec l'avantage que **l'on** connaîtrait à l'avance le résultat obtenu par Ceplecha avec ses méthodes personnelles.

A suivre.



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS :

CAMERA - OPTIQUE

COMPTE-RENDU DE VISITE N° : 61 / 0982 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

~~APPelé DE~~

NOM : F. LOUANGE

NOM : T. CATHALA

NOM : P. FLAMENT

VISA : *F.L.*

VISA :

VISA :

LIEU : ROCQUENCOURT

DATE : 22.09.82

OBJET DE LA VISITE : Systèmes de détection optique

LABORATOIRE VISITÉ : I.N.R.I.A.

N° C.N.R.S. :

ADRESSE :
Rocquencourt
78150 LE CHESNAY

TÉL. : (3) 954 90 20 (poste 694)

PERSONNES RENCONTRÉES - ~~CONTACTÉES~~ : M. KRYZE

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION :

Au sein des **laboratoires** de traitement **d'images** et de robotique de l'**INRIA**, Monsieur **KRYZE** (d'origine tchèque) est le **meilleur spécialiste d'électro-optique**. Il vient de mettre au point une **caméra** CCD couplée à un **système** de traitement **d'images** pour des applications de robotique industrielle. Présenté par une personne de connaissance, **il a bien voulu exposer ses vues** sur la détection optique.

I. Considérations générales.

Toutes les techniques à **diodes** ou à éléments solides sont limitées par le fait qu'un photon incident ne peut exciter **plus d'un** électron (le rendement **maximal** est en fait de 70 %). En cas de sources faibles, cette petite **quantité** de **charges** électriques se trouve "**noyée**" dans des fuites de différentes origines. En revanche, ces techniques (Reticon, Vidicon au **silicium**, CCD, ..) offrent une linéarité **parfaite**, contrairement à la **photographie**, y compris dans le cas où l'on utilise des **méthodes d'amplification** (des dynamiques de l'ordre de 100000 sont théoriquement possibles avec une **linéarité excellente**).

Pour s'affranchir des bruits de fuite, **il existe une "voie royale"** qui consiste à refroidir le capteur, **sachant** que l'on diminue de **moitié** les fuites chaque fois que l'on **abaisse la température** de 7°. Des circuits Peltier **spécialisés** permettent d'atteindre -25 °C, et **il serait intéressant** de descendre **jusqu'à -50 °C** pour **travailler** avec de faibles intensités loin du niveau de saturation.

Pour spécifier un système, **il faut** évaluer l'énergie reçue des sources lumineuses, de **façon à compter** les photons et à en déduire la charge (en tenant compte d'un rendement **photon/électron** de 60 à 70 %). Une donnée primordiale fournie par toutes les documentations est la charge de saturation (par exemple 0,1 pico-Coulomb), qui limite la sensibilité du capteur. La courbe de **sensitivité** du capteur n'est **jamais** fournie sous forme du rendement **électrons/photons** en fonction de λ , **d s** en unités relatives.

Dans la pratique, les constructeurs indiquent une **sensitivité** totale en $\mu\text{J}/\text{cm}^2$ pour une lumière composite particulière (propre à chacun !); cette valeur, multipliée par l'aire du capteur, fournit une énergie en μJ qu'il faut ramener à des **pC** pour bien situer le problème,

L'**image** de fonds (bruit) est la superposition de plusieurs constituants :

- a) Effets capacitifs parasites (couplages parasites des horloges) qui créent une image **considérable** mais constante et systématique.
- b) Courant de noir (mouvements thermiques), comportant une composante continue et une autre **aléatoire**.
- c) Différents effets aléatoires liés à la **discrétisation** de la charge et au mode de **fonctionnement** des capteurs,

L'effet a) peut être compensé pour chaque diode par une **calibration**. L'effet b) peut être **supprimé** par **refroidissement**. Le bruit **restant** (effet c)) peut être atténué dans ses effets de **dégradation** du signal par rétrécissement de la **bande** passante, grâce à une lecture lente (en **abaissant** la fréquence de lecture **d'un** facteur 100, on gagne un facteur 10 sur le **bruit**). M. KRYZE **affirme** qu'une lecture rapide **avec** des bas **niveaux d'énergie** conduit à des résultats illusoires.

Avec une bonne électronique, on peut déceler 1/1000 de la **charge** de saturation,

En ce qui concerne l'amplification, M. KRYZE pense que, compte tenu des dégradations (voir plus loin) apportées par les **dispositifs** intensificateurs de lumière, **il** serait **peut-être** plus rentable **d'augmenter** la taille de l'objectif, et donc l'énergie totale **reçue** des sources (au mont Palomar, on étudie les **étoiles** à l'aide de **bolomètres**, sensibles à la chaleur !).

Les systèmes courants d'intensification de **lumière** font intervenir un ou plusieurs étages **dans** lesquels s'opère une conversion

photons-électrons puis une conversion électrons-photons. Il s'en-suit une dégradation inévitable de la FTM de l'image :

- la conversion photons-électrons s'accompagne d'une diffraction.
- si les électrons ne sont pas multipliés, ils sont accélérés sur une cible par une optique électronique qui introduit inévitablement des distorsions géométriques et des détériorations de la qualité photométrique de l'image.
- si les électrons sont multipliés, ils sont accélérés dans des structures en tubes (micro-canaux) où ils rebondissent et se multiplient, et la résolution est limitée au nombre de tubes. RCA a cependant développé un excellent matériel qui reconcentre les électrons secondaires à l'aide de courants énormes et permet des lectures à 80 MHz avec une définition de 8000 lignes; ce matériel extrêmement sophistiqué est classifié.

Il peut être avantageux de ne pas revenir aux photons après la première conversion photons-électrons, Il existe des "dissecteurs d'images", dans lesquels les électrons libérés de la photocathode sont accélérés et projetés sur une fente par une lentille électromagnétique; ce qui passe par la fente est multiplié par une technique de photomultiplication. L'avantage d'un tel dispositif est sa sensibilité, mais il ne permet l'observation que d'un point à la fois.

II. Les différentes technologies.

La présentation de M. KRYZE porte essentiellement sur les capteurs CCD et les capteurs à commutation, dont il a l'expérience. Ne connaissant pas les CID, il n'en parle pas.

Les systèmes Vidicon sont rapidement évoqués : d'une grande sensibilité, ils sont bruyants (jamais plus de 6 bits, et généralement 4 bits significatifs) et surtout très rémanents (3 effacements nécessaires pour faire disparaître l'image précédente).

De même, il existe des tubes spéciaux (Hocticon, Supernocticon, Pyricon,...) qui sont extrêmement sensibles mais présentent une forte rémanence, une mauvaise définition et sont sensibles à l'éblouissement (les charges se répandent partout et il faut au moins 2 lectures pour les éliminer).

Les capteurs CCD (Charge Coupled Device) sont linéaires (barrettes) ou bidimensionnels (matrices). Le principe est celui d'une grosse diode sur laquelle des poches sont constituées par des barrages de potentiel introduits par des électrodes sur la surface. Si la charge "déborde", elle se répand et cause des dégâts. Les paires électron-trou se forment à une profondeur qui varie avec la longueur d'onde des photons incidents :

- UV : en surface (traitements spéciaux du Silicium, opaque à ces longueurs d'onde).
- Rouge et proche IR : le Silicium étant transparent, les photons passent à travers sans former de paires,
- 800 à 900 nm : maximum de sensibilité spectrale, Les paires se forment en profondeur, au détriment de la résolution (phénomène commun à tous les CCD au-delà de 500 nm).

Si l'on veut une résolution de 1 pixel par diode, il faut éliminer le rouge par un filtre. Sinon, on obtient environ 1 pixel pour 3 diodes (cas par exemple de la caméra CCD Fairchild).

Il n'existe pas de capteur CCD sans défauts, et ceux-ci se traduisent par quelques points ou quelques colonnes aberrants (dans les matrices, 1 colonne peut s'allumer dès que l'un de ses points dépasse un certain seuil). Les conditions d'éclairage sont donc très critiques.

Ces défauts n'existent pas avec les capteurs à commutation, tels qu'ils sont fabriqués par Reticon ou IPL. Les diodes y sont matérialisées et la charge de chacune est obtenue directement à la sortie (pas de transfert), Si l'on éclaire une diode, elle répond, et si l'on éclaire entre 2 diodes, la réponse se répartit au prorata des deux.

Avec ces capteurs, il est possible de mesurer avec précision les charges à la sortie en éliminant le bruit (bonne électronique).

Ce n'est pas le **cas** avec les CCD, qui comportent un amplificateur incorporé dont la qualité n'est pas modifiable, et qui **dé-**livrent **une** tension en **escalier** facile à gérer. On **mesure** donc des $\mu\text{J}/\text{cm}^2$ à la sortie des CCD **alors qu'il** est possible de traiter directement des μC à la sortie **des commutés.**

Par ailleurs, le rapport **signal** à bruit **est** meilleur pour les **commutés**, en raison du transfert cumulatif **dans** les CCD (500 à 2000 transferts successifs **au** cours desquels le bruit s'accumule). Pour cette **raison**, un CCD **même** refroidi a des **performances** inférieures de ce point de **vue** à un **commuté**, bien qu'il soit plus sensible en **termes** de charges de **saturation** (capacité effective de la **poche** inférieure).

En d'autres termes, **si** le CCD est plus sensible en **éclairage** de saturation (à **température égale**), le **commuté** est **meilleur** pour un rapport **signal** à bruit donné (plus grande dynamique, **moins** de lumière nécessaire).

En ce qui concerne la **rapidité**, le CCD est supérieur et permet un **balayage** à la fréquence de **télévision**, à **condition** que l'éclairement soit suffisant (par exemple $4 \text{ W}/\text{mm}^2$). Les fréquences de lecture effectivement possibles avec les **commutés** ne dépassent **pas** 1 (9 10 MHz (avec 4 **canaux** en parallèle, on atteint **très** difficilement la cadence TV).

Il faut noter enfin que les CCD **coûtent** moins cher que les **commutés** et **sont** plus faciles à manier. Il **existe** en **revanche** des variantes géométriques **sur** les **commutés** que l'on ne trouve pas en CCD : **par exemple**, des diodes rectangulaires (jusqu'à 2,5 **mm** de **longueur**), particulièrement bien adaptées à la **spectrométrie.**

M. KRYZE **signale** que la société **américaine** RETICON fera une **présentation** de ses produits (diodes **commutées** entre **autres**) le 27 Septembre à l'hôtel Sofitel de Paris. -- au cours de cette **présentation**, des **documentations techniques** ont été promises **aux participants** --

III. Remarques diverses.

En évoquant les **performances** comparées **d'un système** photographique (type **Ceplecha**) et **d'un système** à diodes, **il apparaît clairement** que **si** le second permet des mesures **photométriques** bien supérieures au premier, la photo conduit à **une** résolution spatiale **inégalable** actuellement,

Une **solution** mixte qui **passerait** par la **numérisation** de clichés photographiques **poserait** le problème d'une **numérisation à pas** très fin (1 μ m ?). Selon M. **KRYZE**, **cela** est parfaitement réalisable, **par** exemple par la **société** Microcontrol.

Les problèmes **liés** à la **géométrie** de **l'optique** (objectif) sont également **évoqués**. La **difficulté** consiste à effectuer des **calibrations**, et **il** semble qu'on ne puisse rien faire à mieux que quelques % (problèmes **d'établissement** de régime thermique). M. **KRYZE** **signale**, par exemple, la société **SOPELEM** qui découpe à la demande n'importe quelles optiques,

oooooooooooo



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS :

ASTRONOMIE - OPTIQUE - CAMERA -
TURBULENCE

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 63 /1082 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

~~XXXXXXXXXX~~
APPEL 0 DE

<u>NOM :</u> F. LOUANGE	<u>NOM :</u>	<u>NOM :</u>
<u>VISA :</u> <u>F.L.</u>	<u>VISA :</u>	<u>VISA :</u>

LIEU : NICE

DATE : 04.10.82

OBJET DE LA VISITE : Systèmes de détection optique

LABORATOIRE VISITÉ : Institut de Mathématiques et
de Sciences Physiques
ADRESSE : Département d'Astrophysique
Parc Valrose
06034 NICE Cedex

N° C.N.R.S. : 07-0669

TÉL. : (93) 51 91 00

PERSONNES RENCONTRÉES - ~~CONTACTÉES~~ : M. VERNIN

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

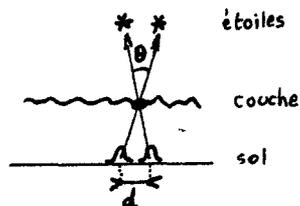
DIFFUSION :

I. Mesures de vitesse du vent,

Lorsqu'on observe une étoile à l'infini, on peut considérer qu'elle émet une onde plane qui n'est pas perturbée dans le milieu sidéral. Près de la terre, il existe dans l'atmosphère des couches horizontales qui sont le siège de fluctuations de température faibles et aléatoires. Typiquement, entre 0 et 25 Km d'altitude, si deux masses d'air de températures différentes se frottent, il se crée un champ de températures turbulent : la température varie, donc la réfraction varie entraînant des fluctuations du chemin optique. L'onde plane ressort avec un déphasage aléatoire et constitue un front irrégulier dont la lumière "sort" perpendiculairement en tout point. L'effet de lentille, ou de scintillations aléatoires, est de même nature que les petites taches lumineuses aléatoires que l'on observe sur le sable à travers le bord de la mer par beau temps,

Toutes ces petites turbulences se propagent à la vitesse du vent, et leurs images au sol se déplacent à la même vitesse (typiquement 10 à 20 m/s, soit 10 à 20 mm/ms). Ces structures ont des dimensions caractéristiques au sol de l'ordre de 6 cm, et des temps de cohérence de l'ordre de 10 à 20 ms. Compte tenu du fait qu'il existe plusieurs couches à différentes altitudes et que chacune d'elles se décorrèle après 20 ms, on considère un temps caractéristique au sol de l'ordre de 1 ms.

Le principe des mesures consiste à numériser des clichés (pose de 1 ms) décalés dans le temps de quelques ms et d'effectuer des corrélations bidimensionnelles pour évaluer le vecteur vitesse du vent. Pour que ces opérations soient réellement exploitables, elles doivent être effectuées en temps réel, et un corrélateur bidimensionnel câblé a été développé au laboratoire pour traiter 50 images/s. Pour évaluer l'altitude des couches turbulentes, on observe des paires d'étoiles proches (étoiles doubles, très peu nombreuses à être utilisables) : les pics de corrélation sont alors dédoublés et leurs distances fournissent directement l'altitude, connaissant l'écart angulaire apparent des deux étoiles (magnitude type de 4).



La difficulté technologique d'un tel système est double. D'une part on observe des sources lumineuses faibles avec des temps de pose extrêmement courts, ce qui pose des problèmes de bilan énergétique, et d'autre part les images de ces sources se déplacent très rapidement, ce qui interdit tout dispositif rémanent.

Les capteurs de type CCD nécessitant quelques dizaines de milliers de photons pour fonctionner correctement (sauf systèmes ultra-sophistiqués et refroidis capables de détecter 50 photons), et le recours à un grand collecteur optique devenant vite prohibitif (pour un diamètre D, prix variant en D^4 !), il était indispensable d'introduire un dispositif amplificateur de brillance.

II, Dispositifs d'amplification.

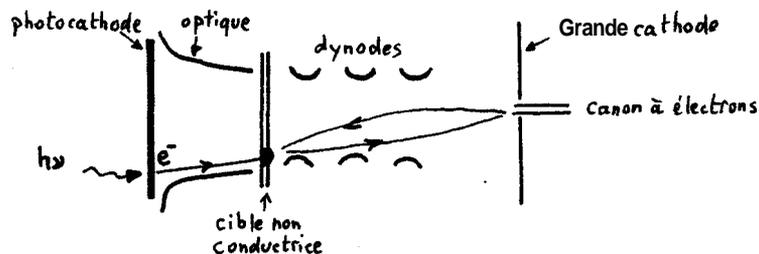
Le problème consiste à produire un grand nombre de photons chaque fois qu'un photon incident est détecté. En réalité, cette nation de multiplication de photons est délicate à manipuler car tout photon, même isolé, a une longueur d'onde associée, et chaque composant d'une chaîne de détection et d'amplification a une réponse spectrale particulière.

Le laboratoire a expérimenté de nombreux systèmes avant de choisir celui décrit au paragraphe suivant.

Les premières tentatives ont mis en jeu des tubes de type télévision. Etant donnée une cible en Silicium ou autre, un spot analyse l'image de charge (un canon à électrons balaie la cible et produit un signal électrique lorsqu'il rencontre une charge e^-); ce système étant imparfait, toutes les charges e^- ne sont pas annihilées au cours d'une trame, ce qui entraîne une forte rémanence (certains constructeurs indiquent le nombre de trames nécessaires pour éliminer toute trace d'un signal). En fait, le labo a mis en évidence par des mesures que la somme des contributions de toutes les trames suivantes est du même ordre que le signal recueilli au cours de la trame de référence.

Un tube supernocticon s'est révélé aussi inutilisable, et les

essais suivants ont mis en jeu un tube ISOCON (puis SUPERISOCON), illustré par le schéma ci-dessous :

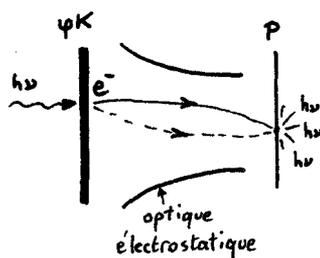


Les différentes technologies de tubes correspondent aux façons de collecter les électrons :

- VIDICON : électrons conduits dans la cible.
- ORTHICON : électrons réfléchis (points conjugués), collectés sur un anneau.
- ISOCON : électrons diffusés sur 2π stér., collectés sur une grande cathode avec les électrons secondaires (amplification supplémentaire).
Avec un ISOCOW doté d'un amplificateur en amont, on peut détecter 20 photons sur un pixel.

Le laboratoire a abandonné toutes les techniques dérivées de la télévision à cause du trainage (rémanence).

Le photomultiplicateur est un dispositif classique et performant dans lequel les photons arrivent sur une photocathode portée à un potentiel très négatif, les électrons arrachés sont guidés par une optique électrostatique vers un phosphore (d.d.p. entre photocathode et phosphore de quelques KV ou dizaines de KV) où ils provoquent l'émission de photons.



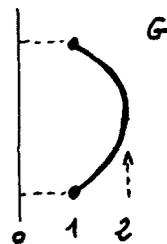
Le gain en photons d'un étage est couramment de 30 à 60, et ce type d'amplificateur (vendu sur étagère) est linéaire et sans rémanence. Le rendement de la photocathode est inférieur à 10%, à condition de rester centré dans le visible avec une largeur typique de 2000 Å (il tombe très vite en dehors de la bande de la photocathode). Ce système dégrade fortement la FTM de l'image

au-delà d'une fréquence spatiale de 10 mm^{-1} , et les phosphores posent des problèmes de rémanence car ils ont des temps caractéristiques de l'ordre de 10 ns. Il s'agit de phosphores standard : P 20 (vert) ou P 11 (bleu).

Le laboratoire a abandonné tous les systèmes à optique électrostatique à cause des inhomogénéités de gain sur l'image :

la forme typique en calotte de la fonction gain $G(x,y)$ est illustrée ci-contre. L'image obtenue est de la forme :

$I(x,y) \times G(x,y) + N(x,y)$, où N est le courant d'obscurité. Il en résulte une sorte de vignettage très gênante.

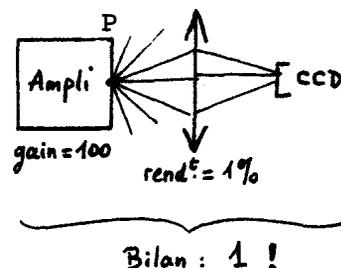


Des essais ont été faits avec un E.M.I., qui est un dispositif très coûteux (200 KF avec l'alimentation HT) où une optique magnétique remplace l'optique électrostatique. Les électrons sont accélérés et tournent à l'intérieur d'un solénoïde. Un système à 4 étages suivis d'une caméra TV donne un gain de 10^6 à 10^7 avec seulement 50 photons de bruit.

Compte tenu des expériences précédentes, il ne restait au laboratoire qu'à explorer la voie des capteurs CCD ou RETICON couplés à des galettes de micro-canaux. En effet, ces dernières, composées de milliers de petits tubes creux reliant la photocatode au phosphore, permettent seules, grâce au transport d'image, de limiter à 10 % les variations de gain (au lieu des 100 % précédents).

Les couplages à l'aide de dispositifs optiques n'ont aucun intérêt : les surfaces d'entrée/sortie des amplificateurs de brillance étant de l'ordre de $40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$ et celles des CCD étant de $5 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$, il faut recourir à une optique très ouverte dont le rendement n'est que de 1 % en raison de la diffusion sur 4π stér. des phosphores (voir schéma ci-contre).

Il vaut mieux utiliser un couplage par fibres optiques (apposition avec un liquide de même réfraction), proposé en standard par certains constructeurs de détecteurs.

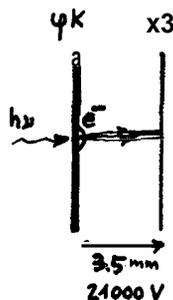


En recherchant des phosphores à temps caractéristiques **beaucoup** plus courts que ceux des P 20 et P 11, M. VERNIN est entré en **contact** avec un fournisseur qui proposait **également** un **autre** type d'amplificateur de brillance,

III, Le dispositif actuel.

Il existe des **phosphores** dits X3 dont le **temps** caractéristique est de l'ordre de 100 **ns**, ce qui répond **aux** exigences **d'absence** de **traînage** de M. VERNIN, **mais** dont le rendement **n'est** que de 16 % (**au** lieu des 100 % des **phosphores** classiques), **L'utilisation** de X3 **nécessite** donc une forte amplification **en amont**. Or le ~~ma-~~ fournisseur **vend également** des **amplificateurs** de **brillance** à "**focalisation de proximité**" très **performants**, et c'est **dans** cette **voie** que se dirige actuellement le **laboratoire**.

Le principe de **la focalisation** de proximité consiste à placer le **phosphore** très près de **la photo-**
cathode, tout en créant **une** très forte **d.d.p.** entre les deux (problèmes technologiques liés **aux** claquages). Les trajectoires des **électrons** étant très courtes, la **FTM** est aussi bonne **qu'avec** une **galette** de micro- **canaux** : **résolution** de 20 mm^{-1} . On peut donc empiler plusieurs étages **sans** trop **dégrader** l'image, et obtenir des gains très importants, Avec 2 étages, et compte tenu du X3, le **gain** actuellement **réalisé** est de 300, et **des** négociations sont en cours pour ajouter un **troisième étage** en vue **d'un gain** au moins égal à 15000.



Affaire à suivre donc (prix **compétitifs**). Le **fabricant, allemand**, est :

PROXITRONIC
Rüdfolf-Diesel str. 23
D 6108 Weiterstadt / Darmstadt

Le distributeur **français** est :

R.M.P.

18 rue d'Arras

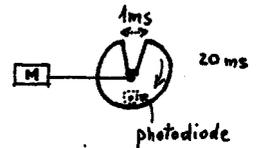
92000 Nanterre

(Tél. : 78256 71 - 24266 12)

IV, Problèmes d'obturation.

Etant donnés les temps **caractéristiques** des phénomènes étudiés par M. VERNIN, il est nécessaire de **limiter** les poses à **1 ms**, mais cela **n'impose pas** une fréquence d'échantillonnage de 1 KHz. En effet, la fréquence est **indépendante** du temps de **prélèvement**, et en **l'occurrence** une fréquence video suffit.

La commande de l'obturation à l'aide d'un moteur synchrone et d'un disque tournant qui masque une photodiode (voir ci-contre) pose des problèmes particuliers avec l'amplificateur de proximité, en raison des fortes tensions à moduler en tout ou rien (21 KV).



Une technique de ce genre pourrait avoir un **intérêt** direct dans le cadre de l'**observation** de la foudre, en tirant parti du faible temps **caractéristique** du phosphore X3.

Dans le cas **plus simple** où le temps de pose **coïncide** avec la **période** de **prélèvement**, il suffit de lire les CCD ou les **RETICON** qui intègrent tout et restituent tout. M. VERNIN cite les cartes MAIROX (RGB 256x256x4 bits) qui numérisent et stockent des **images** (vendues par **Métrologie**).

V, Quelques adresses,

En **faisant** la revue des auteurs, M. VERNIN cite des dispositifs **spéciaux** comme les dissecteurs d'images, où la photocathode est découpée par une fente de lecture (il faut beaucoup de **lumière**). Il rappelle que du point de vue de la **photométrie** on ne fait pas **mieux** que le photomultiplicateur, le plus **mauvais** étant la photographie (non **linéarité**, effet de **réciprocité**, **saturation**,...).

A Paris, une **société fait** des amplificateurs de brillance **divers**, ainsi que des CCD :

G.E.C./E.E.V.
Département tubes électroniques
2 rue Henri Bergson
92600 **Asnières** (Tél. 790 62 15)

La société SOFRETEC, dont le directeur est M. BERTIN, est **spécialiste** de **la télévision** et de **la lumière à bas niveau**. Elle fait également des **systemes** complets :

SOFRETEC
68 Bd Mission Marchand
92400 Courbevoie (Tél. (3) 947 92 44)

ITT est représenté en France par TECNIS,

Enfin M. VERNIN indique **qu'au CERGA**, où **l'on fait** de la **synthèse d'ouverture** optique, des caméras CCD **sont** développées, avec les **mêmes** difficultés liées à la **faiblesse du signal** et à la **rémanence**; **personnes** à contacter : MM, **BONNEAU** et **VAKILI**,

oooooooooooooooo

Unit wave-number (in cm⁻¹)

= 2.997 93 × 10¹⁰ c/s

Angular velocity (= 2π frequency)

- Unit angular velocity = 1 rad/s = (1/2π) c/s
- 1° of arc per tropical year = 1.536 314 68 × 10⁻¹³ rad/s
- 1° of arc per day = 5.611 269 46 × 10⁻¹¹ rad/s
- Angular velocity of earth on its axis = 7.292 115 15 × 10⁻⁵ rad/s
- Mean angular velocity of earth in its orbit = 1.990 986 58 × 10⁻⁷ rad/s

Momentum

- m.k.s. unit = 10⁵ g cm s⁻¹
- mc = 2.730 6 × 10⁻¹⁷ g cm s⁻¹
- Electron momentum in 1st Bohr orbit = 1.992 6 × 10⁻¹⁹ g cm s⁻¹

Angular momentum

- m.k.s. unit = 10⁷ g cm² s⁻¹
- Quantum unit (1/2π)ħ = ħ = 1.054 4 × 10⁻²⁷ g cm² s⁻¹
- Homogeneous sphere, R = radius, ω = angular velocity = $\frac{2}{5} R^2 \omega$

Luminous flux

- Lumen (m.k.s. or c.g.s. unit) is defined as the luminous flux from an area of $\frac{1}{60\pi}$ cm² of a black body surface at the temperature of melting platinum (2 042 °K)
- Lumen lm = (1/4π) flux from 1 spherical candle
- Lumen of maximum visibility radiation (5550 Å) = 1.47 × 10⁻³ watt

Luminous energy

- Talbot (m.k.s. unit) = 1 lumen second
- = 1 lumen second

Luminous intensity

- Luminous intensity is defined as the luminous emission per unit solid angle
- Candela (now candle) cd = 1 lumen radian⁻² = 1 lumen sterad⁻¹
- 1 projected cm² black body at temperature of melting platinum (2 042 °K) = 60 cd

International candle

= 1.019 cd

Hefner candle

= 0.903 cd

Star, M_v = 0 outside earth atmosphere

= 2.5 × 10²⁸ cd

Stilb

sb = 1 cd cm⁻² = π lambert = 1 lumen cm⁻² sterad⁻¹

Lambert

= (1/π) cd cm⁻² = 1 000 millilambert
 = 1 lumen cm⁻² for perfectly diffusing surface
 = 1 lumen m⁻² for perfectly diffusing surface

Apostilb

= 10⁻⁴ sb = 10⁻⁴ cd cm⁻²

Nit (m.k.s. unit)

= 0.456 95 lambert = 0.155 00 stilb

Candle per sq. inch

= 1.076 4 × 10⁻³ lambert = 3.426 × 10⁻⁴ stilb

Foot-lambert

1 m_v = 0 star per sq. deg outside atmosphere = 0.87 × 10⁻⁶ stilb
 inside clear unit air mass = 0.72 × 10⁻⁶ stilb

Luminous emittance (of a surface)

Lumen per sq. metre (m.k.s. unit) = 10⁻⁴ lumen cm⁻²

Illuminance (light received per unit surface)

- Phot (c.g.s. unit) = 1 lumen cm⁻²
- Lux (m.k.s. unit) lx = 1 lumen m⁻² = 10⁻⁴ phot = 1 metre-candle
- Foot-candle = 10.764 metre-candle = 1.076 4 × 10⁻³ phot = 10.764 lux = 1 lumen ft⁻²

Star, m_v = 0, outside earth atmosphere

= 2.65 × 10⁻¹⁰ phot = 2.65 × 10⁻⁶ lx

Electric charge

The general inter-relations between electric and magnetic units are given in § 13.

Coulomb (m.k.s. unit)

C = 2.997 93 × 10⁹ e.s.u. = 0.10 E.M.U.

Coulomb ratio (international/absolute)

q = 0.999 84

Electron charge

e = 4.802 9 × 10⁻¹⁰ e.s.u. = 1.602 1 × 10⁻¹⁹ C

Electric potential

V = 3.335 6 × 10⁻³ e.s.u. = 10⁸ E.M.U.

Potential of electron in 1st Bohr orbit

= 27.21 volt = 0.090 76 e.s.u.

H ionization potential

= 13.60 volt = 0.045 38 e.s.u.

Volt ratio (international/absolute) p_v

= 1.000 33

Electric field

Volt per metre (m.k.s. unit) = 3.335 6 × 10⁻⁶ e.s.u. = 10⁶ E.M.U.

Nuclear field at 1st Bohr orbit

= 5.140 × 10¹¹ volt/m = 1.714 5 × 10⁷ e.s.u.

Resistance

Ohm (m.k.s. unit) Ω = 1.112 7 × 10⁻¹² e.s.u. = 10⁹ E.M.U.

Ohm ratio (international/absolute) p

= 1.000 49



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS :

ASIRONOMIE - OPTIQUE - CAPTEUR -
SATELLITE - ASIRONOME AMATEUR

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 64 / 1082 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

~~ARPELXXX~~~~DEXXX~~

<u>NOM :</u> F. LOUANGE	<u>NOM :</u>	<u>NOM :</u>
<u>VISA :</u> <i>F.L.</i>	<u>VISA :</u>	<u>VISA :</u>

LIEU : GRASSE

DATE : 05.10.82

OBJET DE LA VISITE : Visite de Calern

LABORATOIRE VISITÉ : C.E.R.G.A.
ADRESSE : Avenue Copernic
06130 GRASSE

N° C.N.R.S. : 04 0252

TÉL. : (93) 36.58.49

PERSONNES RENCONTRÉES - ~~CONTACTÉES~~ : M. BARLIER et collègues

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION :

La visite du Centre d'Etudes et de Recherches **Géodynamiques** et **Astronomiques** a **commencé** par la rencontre de Monsieur **BARLIER** au centre de **Roquevignon**, à Grasse. Très ouvert à **une** approche **pragmatique** des **problèmes** liés **aux** phénomènes non-identifiés, Monsieur **BARLIER** s'est montré intéressé **par** la nouvelle **démarche** du GEPAN **dans** le **domaine** de la détection. A **propos** de foudre en boule, **il** cite le **témoignage** du gardien du centre qui a vu ce phénomène.

Monsieur **BARLIER** a **passé** en revue les instruments utilisés au CERGA (interféromètres, astrolabes, stations LASER, télescope de **Schmidt**), en rappelant qu'en dehors du **grand** télescope de **Schmidt** ils **étaient** tous très **directifs** (quelques degrés d'ouverture **au plus**) et donc inutilisables pour la **surveillance**.

La **suite** de la **visite** s'est déroulée au **plateau** de **Calern**, avec pour guide Monsieur Francis **PIERON**, de la station LASER **satellites**. Chacune des **installations** propres à chaque type d'**activité** a **fait** l'objet d'**une** présentation particulière. Du point de vue de la détection des phénomènes aérospatiaux rares, **l'intérêt** de la visite résidait **surtout** dans la prise de **contact** avec les **8** personnes responsables, l'appréciation des conditions d'**opération** de **stations techniques** sur un site très isolé, et les informations diverses recueillies au **hasard** de conversations. La description **proprement** dite des **installations** et des **activités** du CERGA est fournie **dans** la brochure "**Le CERGA**".

La station de **téléométrie** LASER sur satellites a pour mission, **dans** le **cadre** du GRGS, de fournir des éléments d'**orbitographie** très précise pour des satellites géodésiques. Ceux-ci sont Co-opératifs (**munis** de réflecteurs LASER), et sont poursuivis de jour **comme** de nuit. Des impulsions extrêmement courtes (quelques nano-secondes) sont émises à **l'aide** d'**un** LASER à **rubis** déclenché, l'infime fraction d'énergie **réfléchi**e est captée **par** un télescope **Cassegrain** et amplifiée par un **photomultiplicateur**. Les données sont réduites **par** un mini-calculateur T 1600.

La station de **téléométrie** LASER-lune fonctionne sur le **même** principe, le réflecteur visé étant ici constitué par les coins de cube déposés sur la lune **par** la mission Apollo.

Le **bilan énergétique** est beaucoup plus critique qu'avec les satellites : sur la surface de la lune, le **faisceau LASER** s'étale sur environ 40 Km de **diamètre**, et le **télescope** ne reçoit au retour que quelques photons réfléchis, ce qui oblige à recourir à des **mesures** statistiques établies **sur** pluaieurs **tirs**.

Monsieur HEUDIER, responsable du télescope de Schmidt, **présente** son instrument (voir CR 330582). Selon lui, ce type de télescope représente **la seule** solution **correcte** (et bon **marché**) au **problème** que pose la conciliation d'un grand **diamètre** d'ouverture et d'un **champ angulaire** important (**jusqu'à** 200). Le télescope sert en particulier à la recherche d'**astéroïdes** et à l'**étude** des comètes. Bien qu'il **n'y** ait aucune **surveillance** systématique, **il** arrive **fréquemment** d'observer des bolides (plusieurs fois par **an**), et **il** ne **poserait** aucun **problème** de prendre **note** de ces **observations** **si** cela devait **être** utile à **quelqu'un**. **Monsieur HEUDIER** estime que son instrument permet **d'observer** des objets de quelques **mètres** de taille (programme de recherche de **matière** aux points de **Lagrange** de la lune).

M. HEUDIER **évoque** l'ancien réseau **américain** de surveillance optique des satellites, et les matériels correspondants qui ne sont plus utilisés : **caméras** Baker Nunn (1m d'ouverture à f/1, **champ** utile de 140 x 70 mm), **mises** au point en 1957, et dont le CNES ou le GRGS a certainement encore un **exemplaire**. **M. HEUDIER** **signale** également qu'il pourrait **être** **intéressant** de contacter **Monsieur MOREL**, à Besançon, **car** **il** fait des photographies **grand champ** du ciel nocturne dans le but d'étudier **la** brillance dans différentes couleurs.

En **parlant** de **météores**, **M. HEUDIER** explique qu'il a **animé** au sein de l'**Association Française d'Astronomie** une campagne de prises de vues d'**essaims** de météores, et qu'une méthode très simple de datation des rentrées dans l'**atmosphère** avait été mise au point, **par** couplage photo-radio : un poste de radio à transistors du commerce étant **accordé** en modulation de fréquence, chaque rentrée de météore provoque un **parasite** caractéristique qui **peut** servir à la **datation**; en pratique, **une** plaque photographique étant exposée, on **arrête** l'exposition dès que l'on entend ce parasite, ce qui permet de **n'avoir** qu'**une** trace de météore par cliché. Un article sur ce sujet a été publié dans "**Ciel et Espace**" en 1981 (revue de l'**AFA**).

Association Française d'Astronomie
115 rue de Charenton
75012 PARIS

(voir en annexe un article tiré de cette revue en 1982).

Monsieur GAY, responsable de **l'interféromètre** infra-rouge, présente **l'activité** dans ce **domaine** (voir brochure), Il est & la recherche **d'un** laboratoire susceptible **d'accueillir** un **stage** de DEA entre Février et Juin 83. **Sous l'étiquette** "Propagation en milieu naturel", le sujet à proposer-devrait porter **sur** le **traitement** de **l'information** optique (**d'où l'intérêt** de M. GAY pour le projet du GEPAN). Le responsable en titre, **avec** lequel M. GAY **est associé**, est **le professeur** Claude AIME de Nice (51.91.00).

Une rapide visite des **installations d'interférométrie** optique, **activité** dirigée par Monsieur LABEYRIE, a **permis d'échanger** quelques **idées** avec des ingénieurs **chargés** de réaliser un **système d'imagerie** à base de capteurs CCD et d'amplificateurs de **brillance**. Ce **domaine** est relativement nouveau et ces personnes **sont** en contact avec M. VERNIN de Nice (voir CR 631082).

oooooooooooooooo

L'observation des Perséides

par Pierre KOHLER

PEUT-ÊTRE parce qu'elle ne nécessite aucun instrument astronomique particulier. L'observation des météorites, que le langage populaire désigne sous le nom d'étoiles filantes, n'est pas très en vogue parmi les astronomes amateurs. Pourtant, nous ne saurions trop vous inciter à les inscrire dans votre programme d'observation de cet été.

La période estivale est d'ailleurs la plus favorable de l'année à cet égard, et cela pour deux raisons. D'abord parce qu'en l'espace de six semaines seulement (du 10 juillet au 22 août), se présentent tous les ans pas moins d'une demi-douzaine de périodes favorables: elles correspondent au passage de la Terre à travers des

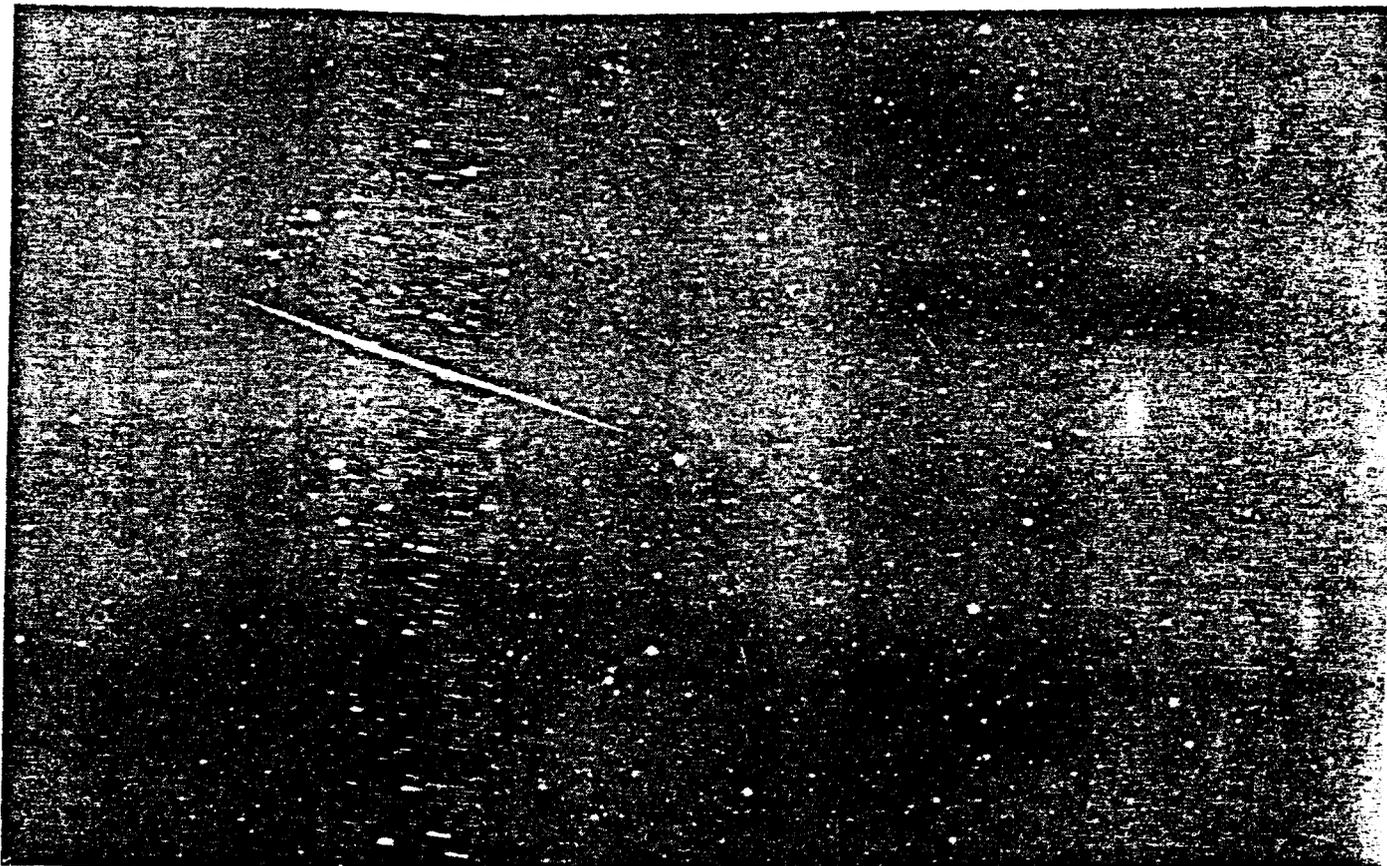
essaims de météorites, disséminés sur l'orbite de certaines comètes, souvent disparues. Ensuite, il se trouve que le plus riche de ces essaims, celui des Perséides, donne lieu à la production de météores dix fois plus fréquents que la moyenne de l'année, soit environ un par minute, et plus certaines années.

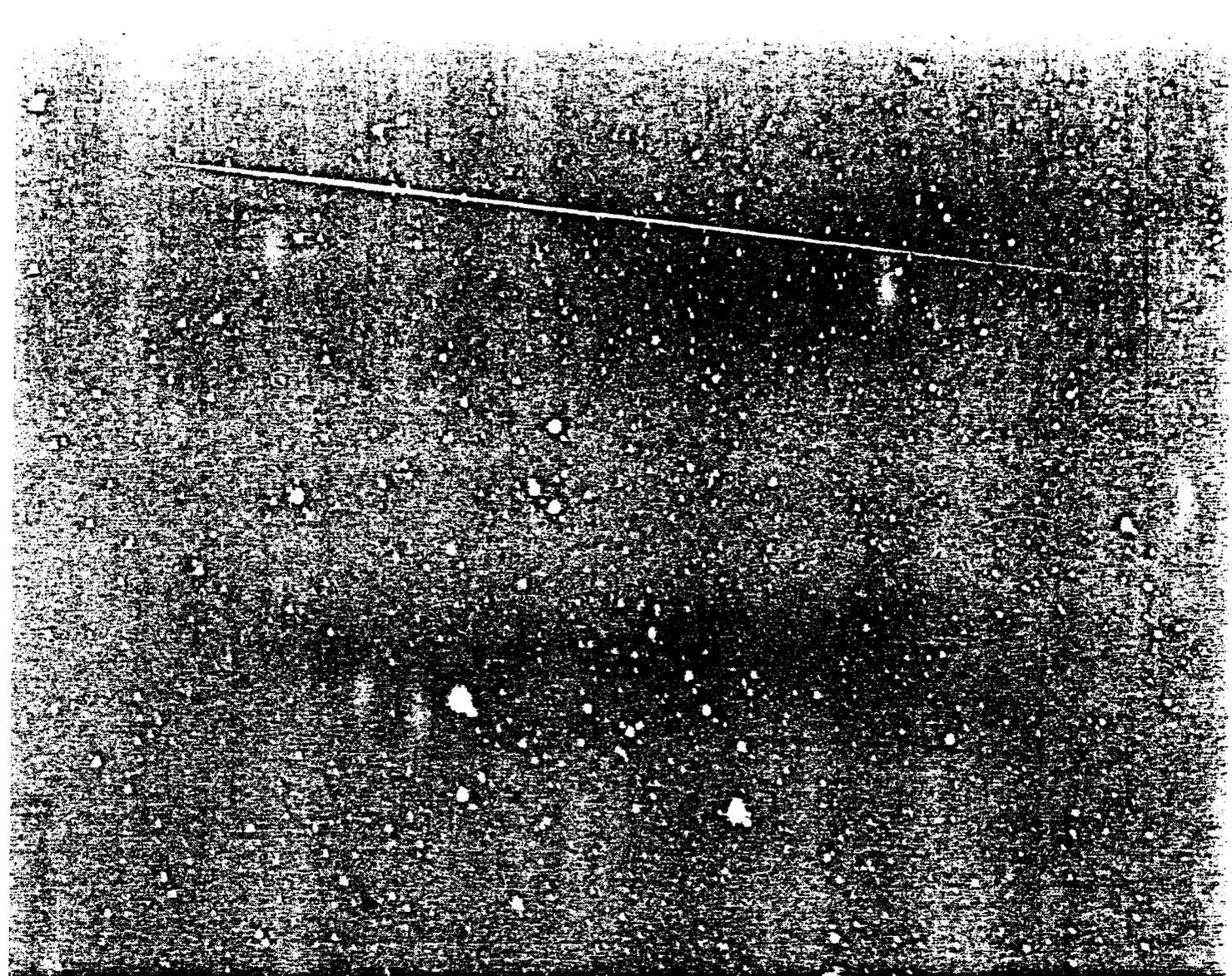
L'essaim des Perséides - ainsi dénommé parce que le point de divergence des météores (radiant) se situe dans la constellation de Persée - est associé à la comète Swift-Tuttle, découverte en 1862 (1862-III). L'importance des Perséides tient sans doute à ce que le périhélie de la comète en question se situe pratiquement au niveau de l'orbite terrestre, à 0,964 unité astronomique. En outre,

la comète Swift-Tuttle a une période de 119,6 ans exactement, ce qui va ramener le gros de cet essaim près de notre planète en $1862 + 120 = 1982$: cette année même! En principe, nous devrions donc être gratifiés d'un beau spectacle céleste dans la nuit du 11 au 12, et du 12 au 13 août, d'autant que les observations de ces dernières années ont bien montré un accroissement régulier de la fréquence des météores lors de ce passage des Perséides.

En fait, leur observation peut commencer dès le 20 juillet et se poursuivre jusqu'au 19 août; durant cette période d'un mois la fréquence d'apparition des météorites en provenance de Persée sera un peu supérieure à la moyenne, mais sans plus. Une inten-

Étoile filante entre Andromède et Persée. Cliché Pierre Blanchet de Dax. Film Ekta 400. objectif de 35 mm. pose 10 minutes.





Perséide photographiée par C. Buil le 12-8-1980 lors d'une expérience de triangulation. Appareil Zénit. objectif 35 mm.

sification sera plus nette à partir du 9 août, et **jusqu'au** 16, durant les trois jours encadrant le maximum; il devrait alors être possible de compter, pour l'ensemble de la voûte céleste, entre 50 et 70 météores par heure. Un observateur donné ne pouvant évidemment découvrir qu'une partie de la sphère céleste, donc un nombre un peu inférieur. Il faut noter que le radiant se décale d'environ $1,5^\circ$ par jour, du fait du déplacement de la Terre par rapport à l'essaim : venu d'Andromède, celui-ci se dirige ainsi vers la constellation de la Girafe; il se trouve juste entre Persée et Cassiopée au moment du maximum.

Le radiant, en cette époque de l'année, se situe assez bas sur l'horizon nord-est (20° environ) à la tombée de la nuit, pour culminer presque au zénith au petit jour. C'est d'ailleurs dans la seconde moitié de la nuit que

les météorites sont les plus nombreuses. Le soir, en effet, leur vitesse de pénétration n'est que de 30 km/s car la vitesse de la Terre sur son orbite (30 km/s) doit se retrancher de leur vitesse propre (60 km/s); il leur faut en effet « rattraper » notre planète. Inversement, le matin, elles viennent en quelque sorte à notre rencontre et les vitesses s'ajoutent, soit 90 km/s (plus de $300\,000 \text{ km/h!}$). Cette différence du simple au triple fait que l'éclat résultant de leur fusion dans l'atmosphère est plus intense, et que de petites météorites qui auraient été normalement invisibles parce que pas assez lumineuses, deviennent accessibles.

Malheureusement, la période du maximum coïncidera avec le dernier quartier de la Lune, la luminosité de l'**astre**, assez **proché** de l'essaim, devenant quelque peu gênante après

3 heures du matin. Or c'est justement en fin de nuit que la fréquence d'apparition sera la plus grande. **Il n'en** reste pas moins qu'il ne faut pas laisser passer l'occasion d'observer, cette année, les Perséides, un travail intéressant consistant à relever sur la photocopie d'une carte du ciel leur trajectoire, avec indication de l'heure et de l'éclat. Vous devriez ainsi pouvoir localiser le radiant avec précision (il faut signaler que celui-ci n'est qu'un point virtuel, d'où ne **part en** réalité aucune météorite), et **détermi-**ner la fréquence horaire des météores. Bien entendu, un appareil muni d'un objectif grand angle, **fixé** sur un pied et ouvert en pose à pleine ouverture dans cette direction, doit permettre d'obtenir de magnifiques clichés.

Avis aux amateurs, et bonne chasse aux météores... ■□



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS :

ELECTROMAGNETISME - RADAR - IONOSPHERE

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 65 / 1082 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

~~APPRENTISSAGE~~

NOM : F. LOUANGE

NOM :

NOM :

VISA : F.L.

VISA :

VISA :

LIEU : TOULON

DATE : 06.10.82

OBJET DE LA VISITE : Le radar ST

LABORATOIRE VISITE : Laboratoire de Sondages Elec-
ADRESSE : tromagnétiques de l'Environ-
nement terrestre

Boulevard des Armaris
83100 TOULON

N° C.N.R.S. : 07 0668

TÉL. : (94) 27 13 49

PERSONNES RENCONTRÉES ~~XXCONTRACTÉES~~ : M. CROCHET

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION :

Monsieur CROCHET dirige le LSEET (Laboratoire de Sondages Electromagnétiques de l'Environnement Terrestre) et s'occupe plus particulièrement du sondage de l'atmosphère à l'aide de RADARS. Il étudie une classe particulière de phénomènes aérospatiaux rares : ceux qui interagissent avec les ondes électromagnétiques. C'est à ce titre, par exemple, qu'il s'est rendu 6 ans de suite sur l'équateur pour mettre en évidence l'électrojet équatorial, bouleversant par les résultats obtenus des théories sur la stabilité des plasmas.

Monsieur CROCHET s'intéresse à toutes les "anomalies" de propagation, et il pense pouvoir expliquer tous les phénomènes constatés par les opérateurs de RADARS ("trous" de détection, décalages angulaires apparents de cibles dans certaines zones, etc.) par des phénomènes ionosphériques ou de guidage troposphérique. L'un de ses étudiants fait de la réception TV tous temps, et a une collection de photographies de mires de chaînes de TV du monde entier (singularités temporaires de propagation).

Le radar ST (Stratosphère-Troposphère) dont s'occupe M. CROCHET est décrit dans le projet ci-joint, et M. CROCHET a promis qu'il enverrait une documentation plus récente. Il s'agit d'un radar "air clair" qui mesure directement les mouvements des vents et des turbulences, sans avoir recours à un phénomène annexe (traînée météoriques, scintillation des étoiles). Une forêt d'antennes de type "COCO" (Coaxial Colinear) émet des impulsions de quelques μ s (cadence d'environ 1 KHz) à 50 MHz, avec une puissance de crête de 100 KW. Le signal reçu est traité en temps réel (FFT), les principaux paramètres étant calculés et enregistrés pour traitement ultérieur en mode interactif.

L'intérêt principal d'un tel radar est de pouvoir faire un radiosondage vertical plus précis et moins cher qu'à l'aide d'un ballon. En effet, il existe en France une dizaine de stations de radiosondage d'où on lâche 1 ou 2 ballons par jour (prix d'un radiosondage = 1000 F), mais ces ballons volent au gré du vent selon une trajectoire qui n'est pas vraiment verticale. Avec le radar, on peut mesurer l'altitude de la tropopause une fois par minute !

Le laboratoire participe à l'**expérience** ALPEX, avec 2 radars **ST américains** en plus du sien. Il **s'agit** d'étudier les ondes gravimétriques sur les Alpes, **d'Avril** à Juin 1982.

A la question "**Envisagez-vous** des **campagnes** de mesure **d'ondes de gravité** par radar **couplées** à des **mesures au sol** à l'**aide de microbarographes** ?", Monsieur CROCHET répond que cela est **envisagé** avec le LDG **dans** quelques années,

M, CROCHET signale qu'il est en pourparlers avec **l'ETCA** pour une éventuelle collaboration sur le **plan** logistique.

oooooooooooooooooooo

L. S. E. E. T.

Toulon, le 16 OCT. 1980

LABORATOIRE DE SONDAGES ELECTROMAGNETIQUES
DE
L'ENVIRONNEMENT TERRESTRE

" La Gironne " Boulevard des Armes
TOULON 83100

Téléphone : (94) 27.13.40

PROJET DE RADAR S T (STRATOSPHERE - TROPOSPHERE)

GENERALITES

Vocation du L.S.E.E.T.

Lors de la création du L.S.E.E.T. en 1972 dans le cadre de l'I.P.G. à PARIS un plan de développement décennal du laboratoire avait été établi et présenté à un certain nombre de responsables de Géophysique Externe. Ce plan prévoyait le développement d'études de l'environnement terrestre à l'aide de radars Doppler Décamétriques (radars HF) dans des milieux tels que l'ionosphère équatoriale, l'ionosphère aurorale et l'Océan. Les objectifs de ce plan ont été largement atteints dans les domaines de l'ionosphère équatoriale et de l'Océan (radioocéanographie) et sont en phase d'être atteints dans le domaine de l'ionosphère aurorale (projet SAFARI : Swedish And French Auroral Radar Investigation). Bien que les études dans ces domaines puissent continuer à être l'objet d'opérations ponctuelles (ionosphère équatoriale) ou de développements théoriques et expérimentaux importants (ionosphère aurorale, radioocéanographie) une partie du potentiel du laboratoire pourra être orientée vers des activités nouvelles dans le cadre des sondages électromagnétiques de l'environnement terrestre.

Motivations du L.S.E.E.T. dans l'opération Radar ST

Les études de basse et moyenne atmosphère en air clair à l'aide de radars Doppler rentrent dans le cadre des préoccupations du L.S.E.E.T. depuis plusieurs années. Les phénomènes d'interaction ODM-milieu sont de nature similaire à ceux traités antérieurement dans l'ionosphère et à la surface de l'Océan (diffusion de BORN, phénomène de Bragg). La structure turbulente du milieu peut être apparentée à des structures déjà rencontrées dans les plasmas ionosphériques et à la surface de l'Océan. Les techniques radar utilisées, les méthodes de traitement de signal, les antennes employées sont analogues à celles utilisées par le L.S.E.E.T. depuis 7 ans.

Le L.S.E.E.T. travaille en collaboration très étroite depuis 1973 avec les promoteurs des radars ST et MST (B.B. BALSLEY, W. ECKLUND, J. ROTTGER) et pourrait développer cette collaboration dans le cadre de ce nouveau projet. Par ailleurs, le L.S.E.E.T. pourrait entreprendre une coopération dans ce domaine avec le CRPE-ISSY, l'I.M.S.P.-NICE et le Service d'Aéronomie à l'O.H.P. pour des études conjuguées de la basse et de la moyenne atmosphère ainsi qu'avec certaines

universités ou centres de recherche des pays africains où le L.S.E.E.T. est déjà implanté (Observatoire Géophysique à ADDIS-ABEBA, Unaza au ZAIRE).

Dans le cadre d'un projet à long terme d'études de l'atmosphère, le L.S.E.E.T. pourrait développer dans ce domaine des études en diversité, similaires aux études antérieures du L.S.E.E.T. sur l'ionosphère équatoriale :

- **diversité fréquentielle** où des études dans la gamme HF (10-30 MHz) viendraient compléter à moyen terme les études qui seraient effectuées en France en VF (L.S.E.E.T.) et UF (C.R.P.E.) et à PORTO RICO en VHF (J. RÖTTGER) et en UF (R. WOODMAN),
- **diversité spatiale** à grande échelle où des études pourraient être effectuées en différentes régions (tempérée, tropicale, équatoriale, aurorale) en coopération avec d'autres équipes et à moyenne échelle en collaboration avec le C.R.P.E. et l'I.M.S.P. pour l'étude de la turbulence sur quelques dizaines de kilomètres.

Enfin, le développement de moyens d'études de l'atmosphère permettrait au L.S.E.E.T. de se doter d'un équipement qui pourrait couvrir les trois domaines (Océan, atmosphère, ionosphère) et servir de base à un sondeur multifonctions de l'Environnement Terrestre qui pourrait être l'instrument de futurs observatoires de l'Environnement Terrestre venant relayer les actuelles stations ionosphériques.

Elaboration du projet

Dès 1978 le L.S.E.E.T. a envisagé la réalisation d'un radar ST en liaison directe avec B.B. BALSLEY promoteur du radar MST de Poker Flat (Alaska). Les charges logistiques et techniques de l'expérience aurorale "SAFARI" et l'absence de personnel technique ont alors retardé le lancement du projet.

Dans le cadre du programme MAP, une étude d'objectifs et de faisabilité d'un radar MST a été entreprise en collaboration par le C.R.P.E., le CEPHAG et le L.S.E.E.T. L'absence de moyens en personnel scientifique et technique à cette époque dans les divers organismes et l'importance des moyens budgétaires nécessaires (5 à 7 MF) ont conduit à l'abandon du projet au profit de programmes moins ambitieux.

Tout en conservant une collaboration étroite au niveau des objectifs scientifiques, chaque laboratoire (C.R.P.E., L.S.E.E.T) présente un projet indépendant mais complémentaire prenant en compte l'expérience technique préalablement acquise (HF-VHF pour le L.S.E.E.T., UF pour le C.R.P.E.).

Ces réflexions et cette concertation ont conduit au projet du L.S.E.E.T. présenté par la suite.

M. CROCHET
Responsable du L.S.E.E.T.

I - SITUATION DU SUJET.

Ce n'est qu'au **début** des années 1970 que l'utilisation des radars Doppler VHF et UHF pour l'étude de l'atmosphère en air clair a **été** envisagée (WOODMAN and GUILLEN, 1974) et que des projets spécifiques ont **été développés** pour aboutir aux réalisations VHF de **SUNSET** et **PLATTEVILLE** (COLORADO), **NSL** (OKLAHOMA), **POKER FLAT** (ALASKA) et **SOUSY** (RFA). **Parallèlement**, la plupart des grandes stations radar VHF ou UHF (**généralement orientées** vers les sondages incohérents) allaient **permettre le développement** de ces **études en particulier** à **JICAMARCA** (PERU), **ARECIBO** (PORTO RICO), **CHATANIKA** (ALASKA), **MILLSTONE** (MASSACHUSETTS) (voir K.S. GAGE et B.B. BALSLEY, 1978 pour une revue du sujet). Dans l'état actuel des **réalisations** et des projets, **il** convient de noter que seuls **SOUSY** et **EISCAT** sont implantés dans l'hémisphère **Euro-africain** entre **50° Ouest** et **130° Est**.

PROCESSUS D'INTERACTION

La section efficace de rétrodiffusion dépend de la **gamme** d'altitude, elle est essentiellement due aux fluctuations d'humidité et de **température** dans la **troposphère** (0 ≈ 15 Km), de **température** dans la stratosphère (15-50 Km) et de l'ionisation dans la **mésosphère**. Les processus de rétrodiffusion sont soit du type diffusion turbulente (diffusion de **Born** - phénomène de **Bragg**) en **oblique**, soit du type réflexion partielle sur les stratifications d'indice en vertical (GAGE and BALSLEY, 1980).

BILAN DES OBSERVATIONS GEOPHYSIQUES

- Mesure des **profils** en altitude du vecteur vent
- Mesure des profils en altitude de la constante de la turbulence C_n^2
- Etude en **altitude** des ondes de gravité
- Evolution temporelle de la tropopause.

La **gamme** d'altitude couverte et la résolution en altitude **dépendront** de la puissance **émise** et de la surface des aériens.

REALISATIONS

Seuls des radars dits M.S.T. peuvent couvrir la **gamme** d'altitude 1-100 Km en opérant en VHF (afin que la longueur d'onde explorée ne soit pas plus courte que la **grandeur** d'échelle minimum de la turbulence sur toute la **gamme** d'altitude). Ces radars doivent mettre en oeuvre des moyens (émetteur - aériens) tels que le **produit** puissance **moyenne** - surface de captation soit de l'ordre de 10^9 à 10^{10} watts m^2 .

Des radars dits S.T. tels que ce produit soit de l'ordre de 10^6 à 10^7 watts m^2 peuvent cependant permettre d'explorer la troposphère, une partie de la stratosphère et épisodiquement une partie de la mésosphère.

II - PROGRAMME DE RECHERCHE ENVISAGE PAR LE L.S.E.E.T.

PROGRAMME A COURT TERME - RADAR ST VHF - 1981-1983

Afin de ne pas avoir à étudier simultanément un nouveau milieu (la moyenne atmosphère) et une nouvelle technique (nouveau radar ST) le L.S.E.E.T. se propose de réaliser dans un premier stade un radar VHF 49,9 MHz s'inspirant directement des radars VHF réalisés par le NOAA dans le Colorado et en Alaska. Ce choix présente l'avantage de **réduire considérablement la période d'études techniques, le coût d'éventuelles études et le prix de revient des matériels construits en grande série aux Etats-Unis (moduler émetteurs 100 KW)**. Le L.S.E.E.T. a par ailleurs depuis 7 ans l'expérience des antennes COCO (coaxial colinear) et du traitement du signal utilisés dans ce type de radar.

Au prix d'investissements modérés, une telle solution **permet** de tirer profit de l'expérience technique du NOAA et du L.S.E.E.T. et de disposer rapidement d'un **système** opérationnel qui pourrait être utilisé en coordination avec d'autres expériences **françaises** et servir de **référence** à de futurs radars du même type en France ou en Afrique.

A ce stade, des mesures systématiques seraient effectuées (vents, turbulence, ondes) et les limites du **système** clairement définies. Un effort particulier devrait être entrepris (éventuellement avec le CEPHAG) pour **l'amélioration** du traitement du signal et des données.

PROGRAMME A MOYEN TERME - RADAR ST HF - 1983-1985

Bien que la plupart des projets actuels d'étude radar de la moyenne atmosphère concerne les **gammes** de fréquence VHF et UHF, le développement d'études dans la **gamme** décimétrique présenterait un grand **intérêt** pour l'étude du phénomène turbulent à grande échelle.

Afin d'étudier la faisabilité d'une telle expérience et de déterminer les puissances et les surfaces d'aériens **nécessaires, une** expérience **préliminaire utilisant** partiellement des moyens existants serait souhaitable. Après discussion avec R. WOODMAN et J. ROTTGER co-utilisateurs de PORTO RICO en basse atmosphère, on envisage une expérience HF à PORTO-RICO en utilisant un radar cohérent HF du L.S.E.E.T., un émetteur 25 à 100 Kw VHF adapté en HF et une source HF trifréquence (14-21-28 MHz) utilisant le réflecteur de PORTO-RICO **comme réflecteur**. Une telle expérience permettrait une étude complète du spectre de la turbulence locale pour des longueurs d'onde de 5 à 10 mètres en HF, 3,75 mètres en VHF (J. RÖTTGER) et 13 et 75 m en UHF (R. WOODMAN).

En fonction des résultats d'une telle expérience, un radar HF ST pourrait être installé en France.

PROGRAMME A LONG TERME - SONDEUR HF - VHF

- Développement d'un radar HF-VHF
- Développement d'un observatoire de l'Environnement :
 - ionosphère
 - océan
 - atmosphère

Utilisation de ce radar **comme** appareil de référence pour l'équipement de divers observatoires de l'Environnement par techniques radar (Ethiopie, Zaïre, Algérie ...).

III - LE SYSTEME ST VHF 49,9 MHz

Un double réseau d'antennes coaxiales perpendiculaires permet de mesurer les deux composantes du vecteur vitesse à 15° de l'angle zénithal dans les plans Est-Ouest et Nord-Sud. Un aménagement ultérieur des systèmes déphaseurs doit permettre de restituer la composante verticale et d'effectuer un balayage en élévation. Ce double réseau est connecté à un double ensemble émission-réception au **travers** d'un système de protection TR-ATR. Les signaux analytiques issus des récepteurs sont analysés sur **minicalculateur** par **Transformée** de Fourier Rapide (TFR) pour **différentes** altitudes et recombinaison pour donner le vecteur vent et l'amplitude du signal en fonction du temps et de l'altitude.

AERIENS

- Double réseau type COCO (coaxial colinear) pour formation de **faisceaux** $2^\circ 2' \times 2^\circ 2'$.
- Surface : 96 m x 96 m .
- nombre d'éléments par ligne : 48 .
- **nombre** de lignes $32 \times 2 = 64$.
- longueur de câble coaxial : 6.500 mètres .
- Hauteur au-dessus du sol : 1,50 mètres.
- Antennes soutenues par des caténaire isolants au-dessus d'un sol métallisé .
- **Systèmes** de raccordement des dipôles par 1472 connecteurs spéciaux ou soude et isolement.
- Adaptateurs d'impédance symétriques-asyrnétriqties.
- Déphaseurs fixes par lignes coaxiales.

OPTIONS A METTRE EN OEUVRE ULTERIEUREMENT

- **Commutateur** de lobe coaxial par incréments binaires.

SYSTEME D'EMISSION

- 2 amplificateurs accordés à tubes 50 MHz
- Puissance crête 100 Kw
- Taux d'occupation **maximum** 2%
- bande passante AF \gg 500 KHz

SYSTEME DE RECEPTION

- 2 récepteurs accordés (1 par **composante**) avec restitution du **signal** analytique pour détermination des fréquences Doppler positives ou négatives

PILOTE RADAR

- générateur d'impulsions : cadence 500 à 1500 Hz
largeur 2-20 μ s

option : impulsion codée (Barker Code ou Codes complémentaires)

TRAITEMENT DU SIGNAL

En temps réel, le signal analytique est traité par FFT sur minicalculateur ; les spectres Doppler et les paramètres principaux : puissance du signal, puissance du bruit, Doppler moyen, largeur Doppler sont calculés en temps réel et enregistrés en numérique pour traitement ultérieur sur **système** interactif.

RESOLUTION DU SYSTEME

Résolution spatiale : de 300 m à 3 Km selon l'altitude et la technologie mise en oeuvre.

Résolution temporelle : 1 à 4 minutes (à préciser).

IV - MOYENS A METTRE EN OEUVRE

PERSONNEL

PERSONNEL SCIENTIFIQUE

- 1 chercheur de rang A - M. CROCHET - 50% à partir de 1981
- 2 chercheurs de rang B :
 - 1 Attaché CNRS - Docteur C. HANUISE
 - 1 Maître-assistant } 50% à partir de 1982
- 1 chercheur 3ème cycle - D.G.R.S.T. 100% - 1982
- 2 chercheurs étrangers :
 - N. MAKIESE - Professeur à KINSHAHA
 - O. GHERREBRHAN - chercheur à ADDIS
- 1 étudiant post-graduate Institut Polytechnique ALGER.

PERSONNEL TECHNIQUE

- 1 technicien 1^{er} CNRS - C. BOURDIER 50-75%
- 1 technicien 2^o CNRS - J. GAGELLI 25%
- 2 étudiants vacataires et stagiaires de **Maîtrise** de Sciences et Technique de **Télécommunications**

EQUIPEMENT

(demande I.N.A.G. 1981)

	<u>Prix approximatifs</u>
- 2 émetteurs 50 MHz - 100 Kilowatts	200 KF
- 2 récepteurs 50 MHz (sous-traités localement)	60 KF
- système d'aériens (construit au laboratoire avec sous-traitance)	140 KF
- système d'analyse temps réel	120 KF
- Enregistreur numérique	80 KF
	<hr/>
	600 KF

FOCTIONNEMENT (annuel)

- composants électroniques 30 KF
- éléments mécaniques 20 KF
- fournitures pour enregistrement (papier, films, bandes magnétiques) 10 KF

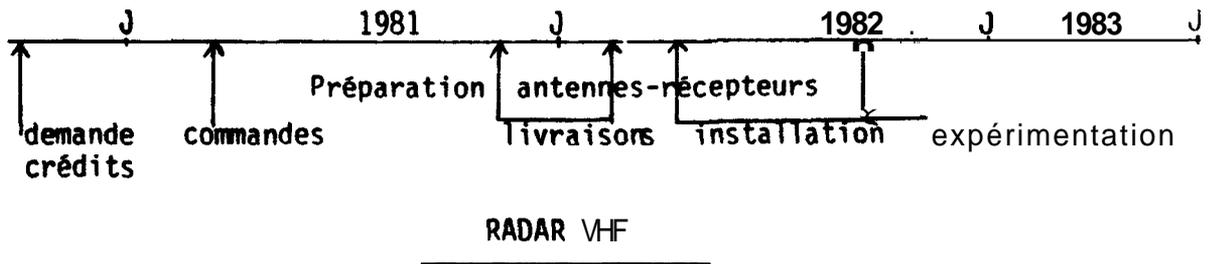
VACATIONS (base annuelle)

- Etudiants M.S.T. Télécommunications) 20 KF
- Stagiaires M.S.T. et D.E.A. (

MISSIONS (première année)

- Missions exploratoires (OHP ...)
- Missions pour mise en oeuvre : 2 mois - 2 personnes) 25 KF
- Missions pour expérimentation (

V - CALENDRIER INDICATIF



VI - REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

WOODMAN R. and A. GUILLEN

"Radar Observations of Hinds and Turbulence in the stratosphere and mesosphere" - J. Atm. Sci., 31, 493, 1974.

GAGE K.S. and B.B. BALSLEY

"Doppler Radar Probing of the clear atmosphere" Bulletin of the American Meteorological Society, 59, 1074, 1978.

GAGE K.S. and B.B. BALSLEY

"On the scattering and reflection mechanisms contribution to clear air radar echoes from the troposphere, stratosphere and mesosphere" Radio-Science, 15, p. 243, 1980.



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS :

ASTRONOMIE - CAMERA - OPTIQUE

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 66 / 1082 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

~~APPELÉ DE~~

NOM : F. LOUANGE

NOM :

NOM :

VISA : F.L.

VISA :

VISA :

LIEU : MARSEILLE

DATE : 07.10.82

OBJET DE LA VISITE : Optiques grand angle en astronomie

LABORATOIRE VISITE : Laboratoire d'Astronomie

N° C.N.R.S. : 00 7421

ADRESSE : Spatiale
Traverse du Siphon

Les Trois Lucs
13012 MARSEILLE

TÉL. : (91) 66.08.32

PERSONNES RENCONTRÉES ~~xx CONTACTÉES~~ : M. COURTES et collègues

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION :

La **visite** du LAS (Laboratoire d'**Astronomie Spatiale**) a **permis** de remonter son directeur Monsieur **COURTES** ainsi que Monsieur **CRUVELLIER** (voir CR 530782). Monsieur **COURTES** est intéressé **par** l'**avant-projet** de détection optique du **GEPAN**, et en particulier **par l'étude** du prétraitement en temps réel des séquences **d'images**.

Monsieur **Jean MAUCHERAT** a organisé cette visite, qui a **commencé** **par** une présentation des **réalisations** du LAS (exposition de maquettes). La **caractéristique** la plus importante du LAS, du point de vue des **projets** du **GEPAN**, est que ce laboratoire est **spécialisé** dans les systèmes **d'observation** astronomique à très grande **angles**. Cet **important** laboratoire propre du CNRS regroupe des spécialistes de toutes les disciplines **concernées**, et en particulier des **électroniciens** et des **opticiens**.

Bien que spécialisé dans l'**UV**, le **LAS** est intéressé à **l'étude** de **systèmes** optiques à grand angle **dans** n'importe quelle **gamme** de **longueurs** d'ondes. **Disposant d'une** masse considérable de documents et de matériel, **il** est plus volontiers disposé à discuter sur des problèmes **très** précis et **concrets** que **sur** des idées **générales** concernant un ensemble de techniques.

Une visite de la **bibliothèque** a **permis** de trouver quelques articles caractéristiques des **travaux** du LAS. On trouvera en **annexe** les deux premiers chapitres **d'un** article non encore publié sur une optique à **très** grand angle fonctionnant en UV.

En ce qui concerne la partie optique proprement dite du système de détection actuellement envisagé par le **GEPAN**, les **remarques** **suivantes** ont été **formulées** :

- d'une **façon générale**, **il** vaut mieux utiliser un miroir concave que convexe, ce qui laisse la **possibilité** d'interposer **un** filtre entre ce miroir et une optique complémentaire (les applications du LAS en grand **angle** nécessitent généralement un filtrage étroit en longueurs **d'ondes**).
- **pour** une application dans la **gamme** optique, **un** fish-eye est certainement approprié. Voir **par** exemple la présentation **du**

fish-eye TAKUMAR (f/4.5, f=35mm) dans un article de S. Suyana, "Astronomy and Astrophysics" vol. 52, p. 145 à 147 (1976).

- étant données les perturbations **atmosphériques** au-dessous de 15° d'élévation, il semble **optimal** de limiter le **champ de surveillance** à 120° ou 150° **au maximum**.
- il est possible **d'améliorer** le contraste **d'un** facteur 10 en utilisant un filtre **anti-atmosphérique** de type Celestron (voir publicité dans "Sky and Telescope"),

Monsieur **MAUCHERAT** et **certains** de ses **collègues** ont beaucoup réfléchi **aux phénomènes lumineux inhabituels**, et ils conseillent fortement les ouvrages suivants :

- "The flying circus of **physics**" de Jearl Walker (éd. John Wiley).
- "Le carnaval de la physique" (traduction française), chez Dunod.
- "The nature of light and color in the open air" de M. Minnaert (éd. Dover).

En particulier, ils évoquent les faisceaux de "lumière tronquée", **parfaitement** expliqués dans ces ouvrages en milieu diffus (**brume par exemple**) par une loi **d'intensité** en $1/d^4$, où **d** est la distance de la source le long de l'**axe de propagation**.

M. **MAUCHERAT** explique le **témoignage** en milieu **marin** présenté lors d'un débat télévisé (sur la vie extraterrestre) par ce **phénomène**, la source **lumineuse** étant dans ce **cas** constituée par un LASER **émettant** dans le **vert testé** à cette époque par des sous-marins américains qui se **trouvaient** dans la zone décrite.

Ce type de connaissance de **certains** experts du LAS, **allié au fait** que ce laboratoire est souvent sollicité au niveau **régional** pour expliquer des témoignages de type OVNI, pourrait **être** avantageusement mis à profit par le GEPAN (un **cas** de témoignage multiple **parfaitement** expliqué a posteriori par un **ballon-sonde** a eu lieu peu de temps avant la visite, en impliquant la presse locale, sans que le GEPAN en **ait** jamais été **informé**).

M. MAUCHERAT évoque les photographies "inexpliquées" prises à bord du Concorde lors d'une éclipse solaire : l'auteur en est M. KOUTCHMEI, de l'Institut d'Astrophysique de Paris.



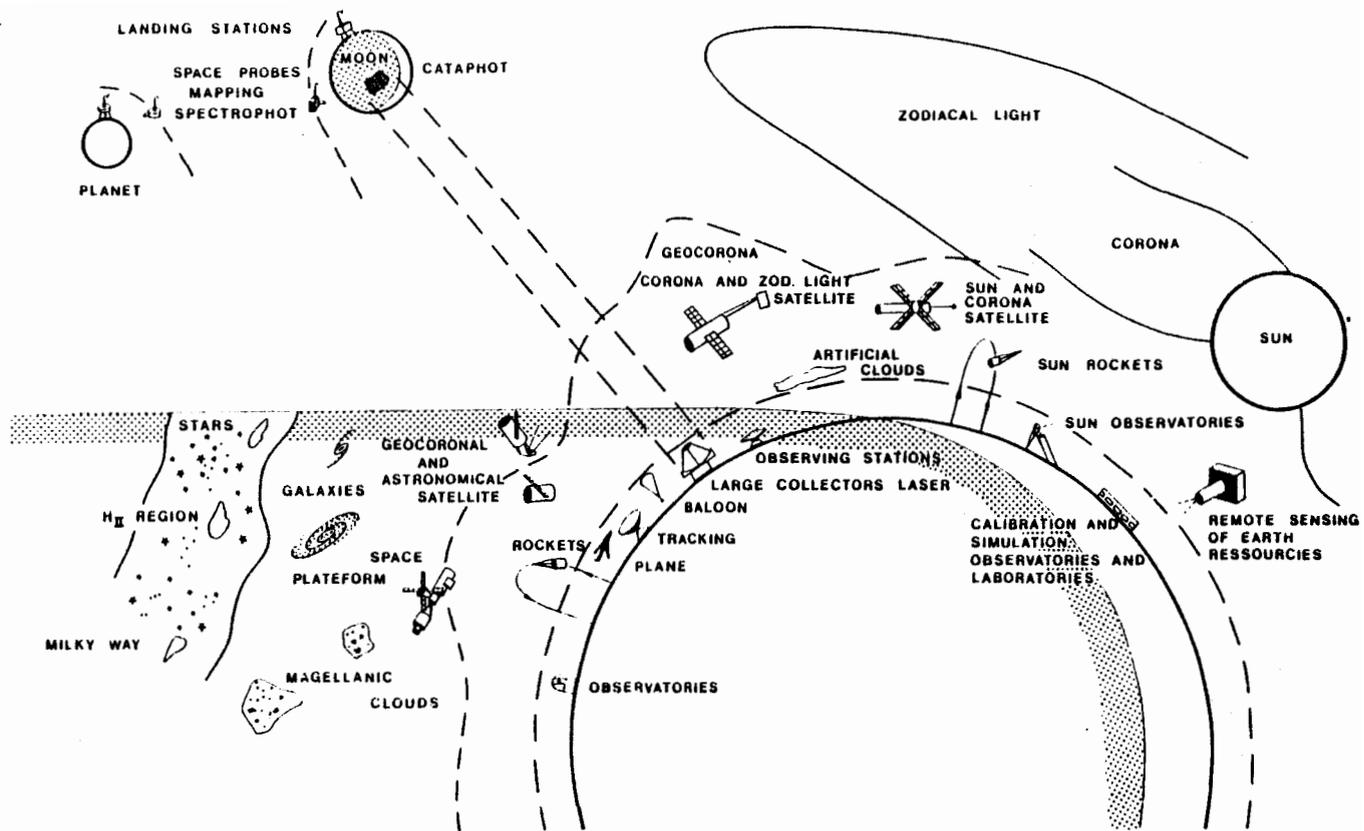


Fig. 2 : This graph summarizes the main experiments of space optics and their development

Annexe au Compte-Rendu de Visite n° 66/1082

"Some new optical designs for ultra-violet **bidimensional** detection of astronomical objects", G Courtes, P. Cruvellier, M Detaille et M. Saisse, publication pour "Progress in Optics, Juillet 1980.



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS :

OPTIQUE - CAPTEUR

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 67 / 1082 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

~~APPELÉ DE~~

NOM : F. LOUANGE

NOM : A ESTERLE

NOM : J.J. VELASCO

VISA : *F.L.*

VISA :

VISA :

LIEU : TOULOUSE

DATE : 08.10.82

OBJET DE LA VISITE : Dispositif spectroscopique

LABORATOIRE VISITÉ : C.N.E.S. division OTC

N° C.N.R.S. :

ADRESSE : 18 av. E. Belin
31055 TOULOUSE CEDEX

TÉL. : (61) 53.11.12

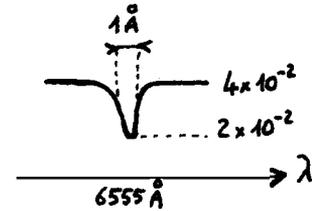
PERSONNES RENCONTRÉES ~~xx CONTACTÉES~~ : M. VERMANDE

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

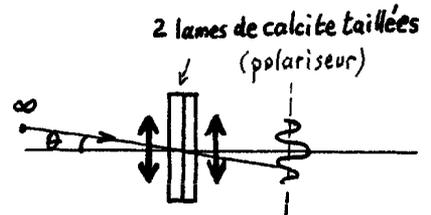
DU :

DIFFUSION :

Monsieur VERMANDE, de la division OTC du Centre **Spatial** de Toulouse, développe un **système** électro-optique de spectrographie destiné à la télédétection des **phytoplanctons**. Le **problème** consiste à détecter une **raie** d'absorption dans le continuum **associé** à la fluorescence des **planctons** (voir **schéma** ci-contre). Pour une **densité** de 1 mg/m^3 , la **réflectance** du sol **pass**e de 4×10^{-2} (fond continu) à 2×10^{-2} sur une bande de 1 \AA de largeur **centrée** vers 6555 \AA . Dans ce **cens**, le dispositif recueille environ 500 **photons/pixel** sur le **temps d'intégration**.



Le principe de fonctionnement consiste à remonter au spectre par transformation de Fourier, à l'aide d'un **polariscope** (ou tout autre interféromètre à 2 ondes) **placé** en **amont** d'un objectif. Un rayon incident **arrivant** sous un **angle** θ (voir figure ci-contre) **pass**e par deux polariseurs d'où sortent 2 rayons **décalés** en fonction de $\sin \theta$. Si un point à l'infini décrit 180° , son image décrit un **interférogramme** dans le **même** plan.



Dans une direction du **plein focal**, on a donc un système **imageur** normal, tandis que dans la direction perpendiculaire une cible **mobile** (ponctuelle) **donne** directement le spectre. Dans la phase de design, le **résolution** spectrale **choisie** détermine le nombre de détecteurs requis (on utilise des capteurs CCD) et la **largeur** de **bande** autorisée (conditions du **théorème d'échantillonnage**).

M. VERMANDE **pensait** a priori que ce système pourrait constituer une **solution** simple à l'étude simultanée de la trajectoire et du spectre **émis** par un météore. La discussion technique a **mis** en **lumière** plusieurs **raisons** qui rendent la méthode inutilisable **pour** le système de détection des **phénomènes aérospatiaux** rares qu'envisage de développer le GEPAN :

- le polariseur fait perdre 3 dB, ce qui peut **être** critique compte **tenu** de la faiblesse des sources **lumineuses**.

- si l'objet observé ne décrit pas une longue trajectoire rectiligne, l'interprétation du spectre n'est plus possible (inapplicable à la foudre, par exemple),
- le principe impose de lire l'ensemble de la mosaïque à chaque fois que l'objet observé (supposé ponctuel) se déplace de 1 pixel, ce qui poserait des problèmes de faisabilité pour l'électronique,
- les spectres obtenus ne sont interprétables que si les sources sont ponctuelles.
- ce dispositif a été adapté à des optiques d'ouverture angulaire maximale de l'ordre de 10° ; aucune solution n'est envisageable pour des ouvertures de 60° ou plus (même une optique intermédiaire ne résoudrait rien).

L'idée initiale de M. VERMANDE n'est donc pas applicable au système de détection qu'envisage le GEPAN. Cependant, puisqu'il s'agit d'un dispositif placé en mont d'un objectif, rien n'empêcherait le cas échéant de l'expérimenter pour l'étude spécifique d'étoiles filantes décrivant de longues trajectoires apparentes dans le ciel,

oooooooooooo



Groupe d'Etude des
Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés

THÈME :

DETECTION

MOTS-CLÉS :

ASTRONOMIE = CAMERA = OPTIQUE

COMPTE- RENDU DE VISITE N° : 68 /1082 /

VISITE EFFECTUÉE PAR :

~~YVES L. DE~~

<u>NOM</u> : F. LOUANGE	<u>NOM</u> : A. ESTERLE	<u>NOM</u> : J.J. VELASCO
<u>VISA</u> : <i>F.L.</i>	<u>VISA</u> :	<u>VISA</u> :

LIEU : TOULOUSE

DATE : 08.10.82

OBJET DE LA VISITE : Caméra TELEPHOT et sursauts gamma

LABORATOIRE VISITÉ : C.E.S.R.
ADRESSE : 9 menue Colonel Roche
B.P. 4346
31029 TOULOUSE CEDEX

N° C.N.R.S. : 00 8002

TÉL. : (61) 53.13.13 p. 346

PERSONNES RENCONTRÉES ~~xx CONTACTÉES~~ : M ~~ABBEIA~~
ATT

DOCUMENT N° CT/GEPAN -

DU :

DIFFUSION :

Messieurs VEDRENNE et HURLEY étant absents, leur collaborateur Monsieur ATTEIA est venu au GEPAN parler des activités de leur laboratoire.

La caméra TELEPHOT a été utilisée cet été au Pic du Midi durant deux mois avant d'être envoyée en Norvège pour étudier les aurores boréales. Des stocks de cassettes ont été enregistrés pour tenter de confirmer ou d'infirmer la théorie selon laquelle les sursauts gamma de certaines étoiles sont accompagnés d'éclairs optiques. Les sursauts gamma seront identifiés par la sonde soviétique VENERA, et le but est de chercher dans les cassettes s'il existe un éclair à un endroit du ciel donné, à un moment donné (et non, à l'inverse, de chercher systématiquement sur les cassettes s'il y a des éclairs optiques).

Le problème est posé depuis 1928, lorsqu'une plaque photographique fit apparaître un flash d'une durée de 10 s environ, dont l'explication par un météore radial est extrêmement improbable. Certaines théories sur les sursauts gamma prévoient de tels éclairs, d'une durée de quelques secondes et d'une intensité correspondant à une magnitude de 0 à 2, tandis que d'autres ne les prévoient pas.

Depuis quelques semaines, un appareil photographique équipé d'un objectif fish-eye (105° x 1600) prend un rouleau de pellicule par nuit, effectuant une pose de 1 mn toutes les 2 à 4 mn.

M. ATTEIA signale l'existence au Japon d'une équipe qui surveille le ciel à l'aide de deux ensembles de 3 appareils de 35 mm (un au nord, un au sud); le point de contact est Monsieur NISHIMURA, de l'I.S.A.S., à Tokyo,

Le CESR a lancé sa campagne de prise de vues avec la TELEPHOT, car la détection de sursauts gamma fonctionne à bord de VENERA, Il faudra, après, attendre 1986 pour que soit lancé ISPM, et cette date correspond assez bien aux perspectives de calendrier pour le système de détection du GEPAN.

Dans les laboratoires du CESR, M. ATTEIA montre quelques séquences filmées au Pic du Midi : bien que presque rien n'ait encore été visionné, un flash inexplicé d'une durée de 2 s et de magnitude

approximative 0 a déjà été identifié. Le GEPAN propose son aide pour tenter de l'expliquer (satellite avec une expérience active?). Jusqu'à la magnitude 6, rien ne passe inaperçu, en dépit du trafic considérable que cause la rémanence du tube MOCTICON. Cela signifie qu'aucun phénomène visible à l'oeil nu n'échappe à la caméra.

Cette **séance** d'examen de quelques **séquences**, pénible pour les **yeux**, a contribué à la **justification d'un système** de tri en temps réel pour **un dispositif de surveillance**.

Après cette visite, **l'idée** est venue qu'il serait utile de se **servir** de cette **campagne** de prise de vues pour justifier **quantitativement** ce choix **d'un prétraitement** en temps réel. Le **principe** serait de **rétribuer** une ou plusieurs personnes pour visionner **entièrement** les cassettes du CCSR, en notant les temps et les **durées** des **événements discernables** à l'oeil nu. Des statistiques **d'une** grande utilité **pourraient** en **être dérivées** (pourcentage du **temps écoulé** oh il se passe quelque **chose**, fréquences relatives des **passages d'avions** et de satellites,...).

oooooooooooo

SOMMAIRE DU VOLUME N° 2

oooooooooooooooooooooooooooo

Ce volume présente, en ordre chronologique, les 47 **Comptes-Rendus** de visite suivants :

<u>C.R. n°</u>	<u>Organisme/Labo</u>	<u>C.R. n°</u>	<u>Organisme/Labo</u>
00/0580	Alpens	41/0682	SGDN
01/1181	EERM	44/0682	STNA
03/1181	Météo Nationale	45/0682	ONERA
08/1281	ONERA	46/0682	Campistrous
11/0182	Minéralogie	47/0682	CDC Tours
12/0482	Aviation Civile	48/0682	ETCA
13/0482	SAF	49/0782	Campistrous
14/0482	CRPE	51/0782	LDG
15/0482	SGDN	52/0782	Phy. de l'exosphère
18/0582	Aviation Civile	53/0782	LAS
20/0582	LPA	54/0782	LSEET
23/0582	CRPE	55/0782	IMSP
24/0582	PIREN	56/0782	IPG Paris
27/0582	CNES DTI	57/0882	Minéralogie
28/0582	CEHAG	58/0882	CNES OT
29/0582	Analyse Ionique	60/0982	CESR
30/0582	Aéronomie	61/0982	INRIA
31/0582	HRM	63/1082	IMSP
32/0582	OPMT	64/1082	CERGA
33/0582	CERGA	65/1082	LSEET
34/0582	EMAA	66/1082	LAS
35/0582	IPG Paris	67/1082	CNES OTC
36/0582	CESR	68/1082	CESR
40/0682	ISR		