



André Lallemand & La Caméra Électronique

Albert Bijaoui

Association du Planétarium Valéri

9 Juin 2009

ANDRÉ LALLEMAND
1904-1978

Lallemand

Plan de l'exposé

- Strasbourg
 - Formation & thèse
 - Le télescope électronique
- La Guerre et la création du laboratoire
 - Le laboratoire de la marine nationale
- Les grandes réalisations
 - La Caméra électronique
 - Les photomultiplicateurs
- La Caméra Grand Champ
- Rôle national et international

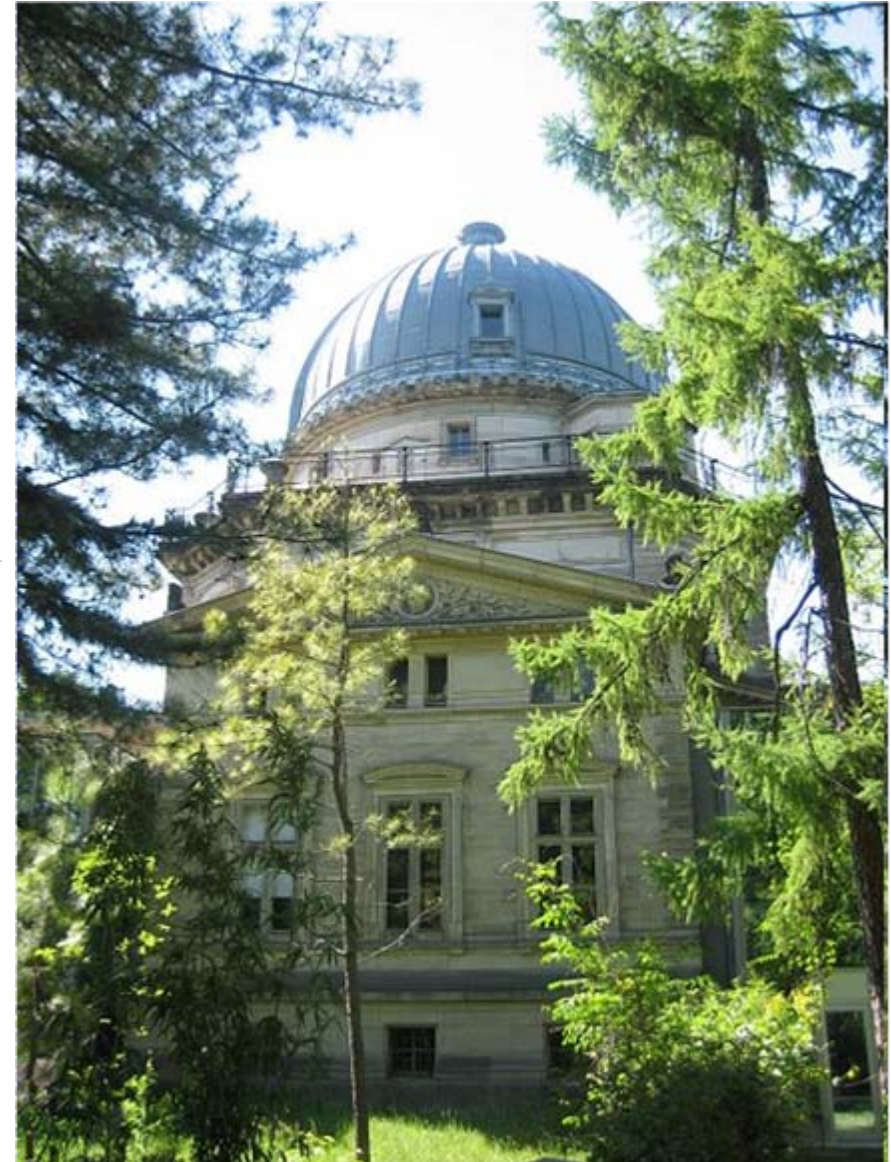
Strasbourg



Gravure : l'Observatoire fin 19e siècle.



Photo : l'Observatoire fin 19e siècle.



Les débuts

- Naissance à Cirey (Côte d'Or) 29/09/1904
- Père instituteur
 - Mutation à Strasbourg à la fin de la Grande Guerre (lycée Kléber)
- Assistant à l'Observatoire en 1925
- Agrégé de physique en 1927
 - Professeur 1 an à Haguenau
- Aide astronome à l'Observatoire en 1928
 - Chargé des travaux pratiques d'Astronomie (1931)

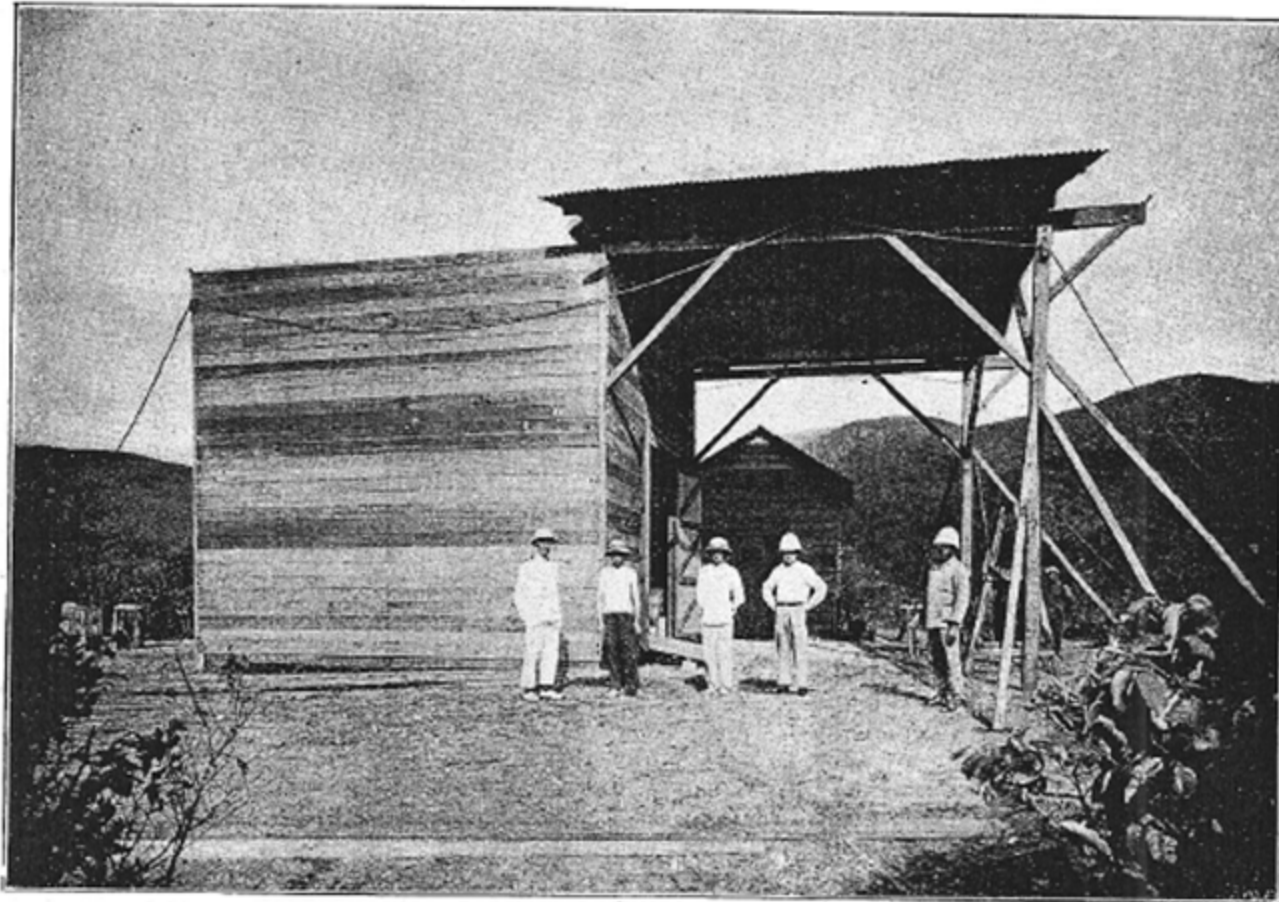
Thèse avec Pierre Weiss

- Préparation à l'Institut de Physique
 - Influence de l'état physique sur les propriétés magnétiques des éléments de la famille du fer (soutenue en 1928)
 - Magnéton de Weiss
 - Mesures précises de Lallemand
- Y fait la connaissance de Louis Néel



Expédition de Poulo-Condor

- Eclipse de Soleil exceptionnelle (5mn)
- A.Danjon, G.Rougier & A.Lallemand

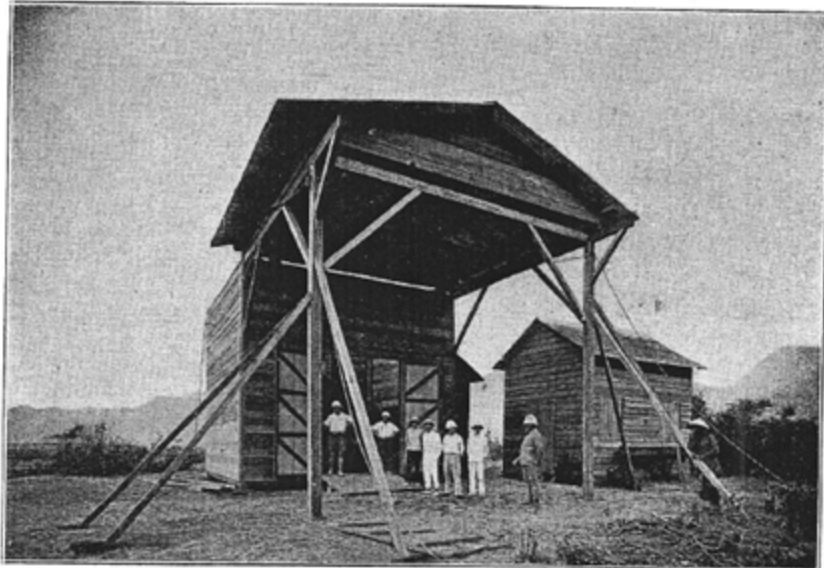


La station de Strasbourg, côté ouest.

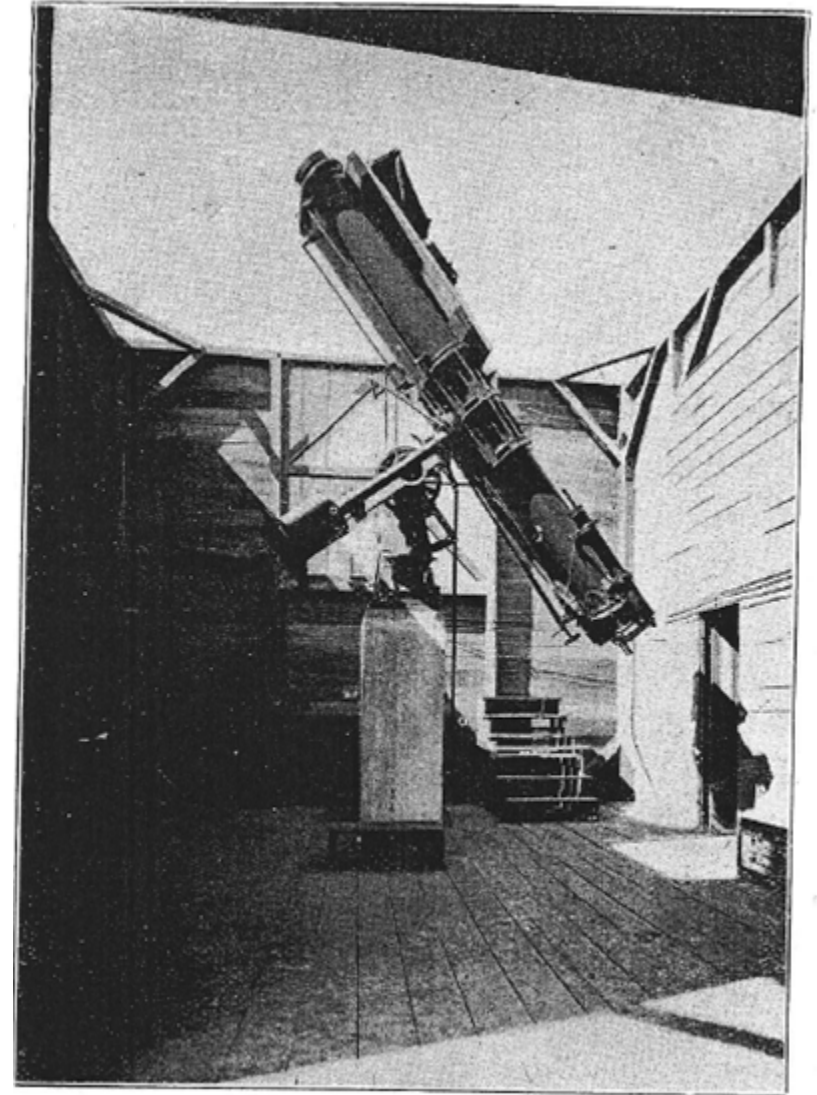
Le Site de Poulo-Condor



La route des Plantations et la dune de Strasbourg.

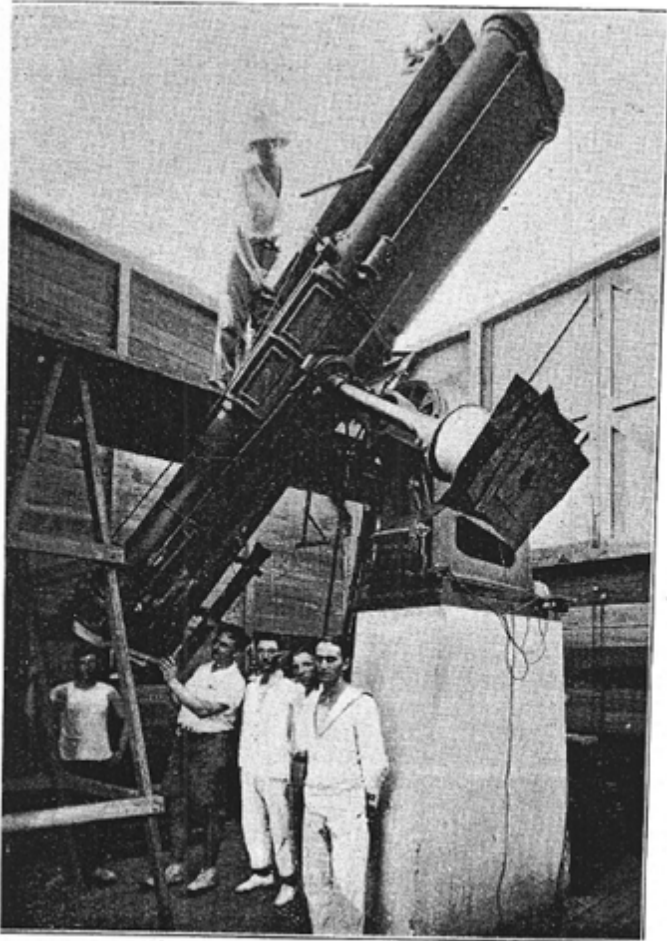


La station de Strasbourg, côté nord.

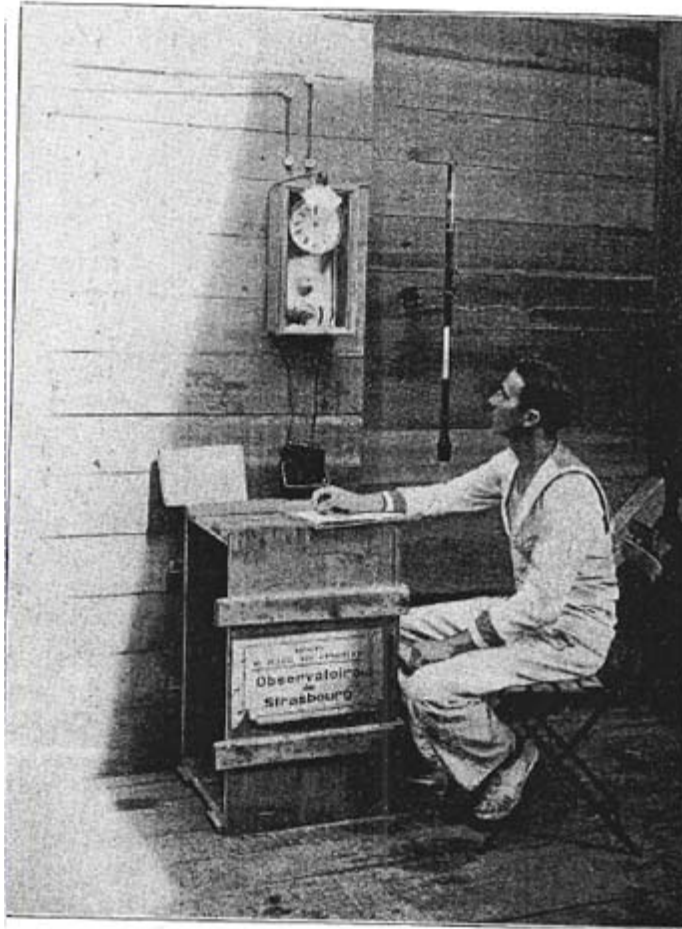


L'équatorial double de 24cm.

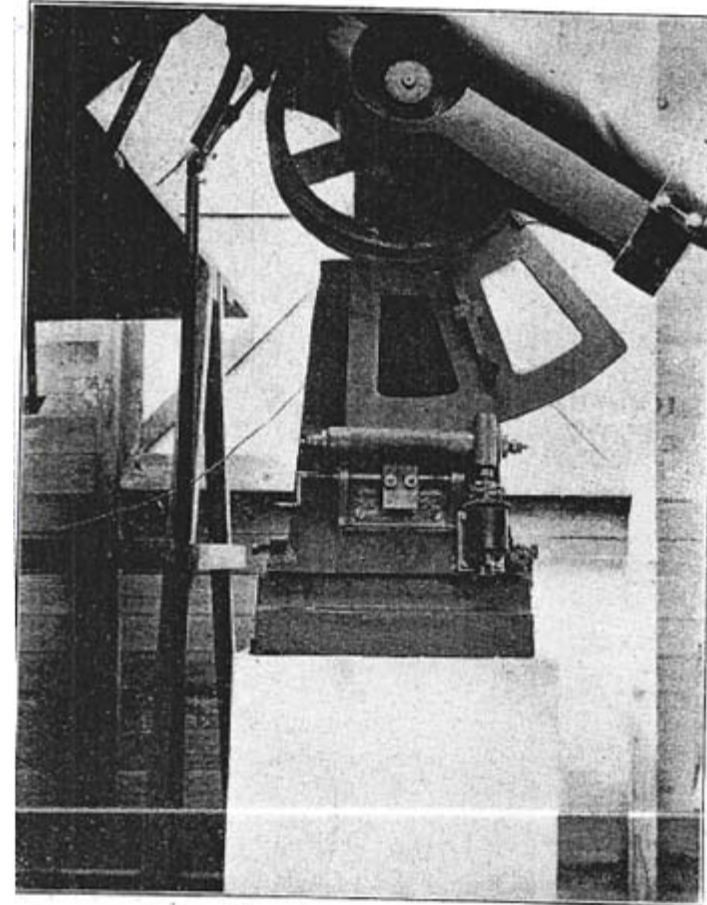
Les instruments d'observation



L'équatorial double et son équipe.



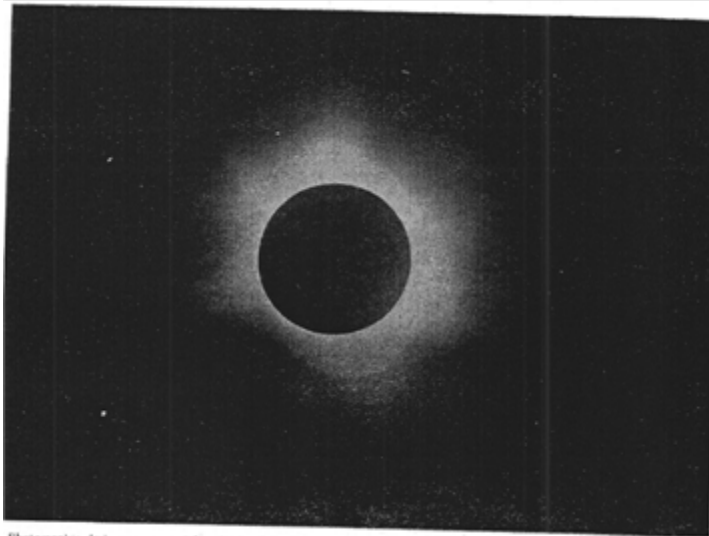
La pendule sidérale qui commande le moteur d'entraînement.



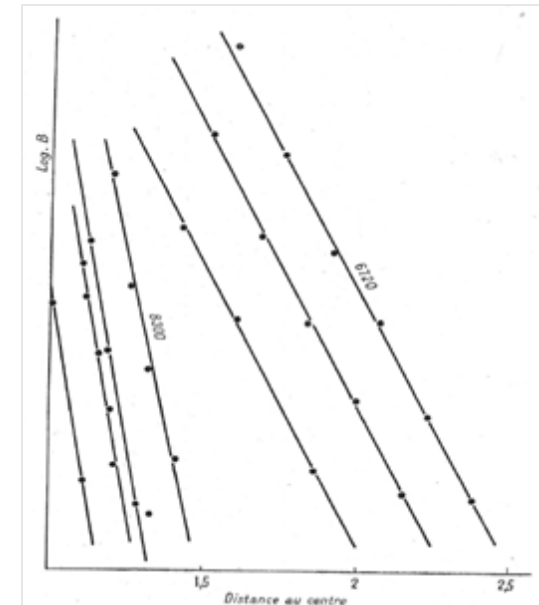
Moteur d'entraînement de l'équatorial.

Les résultats de Lallemand

- Conditions très difficiles
 - Sensibilisation des émulsions infrarouges
- Première image de la couronne solaire en infrarouge
- Conforme à la théorie de la diffusion de la lumière par les électrons

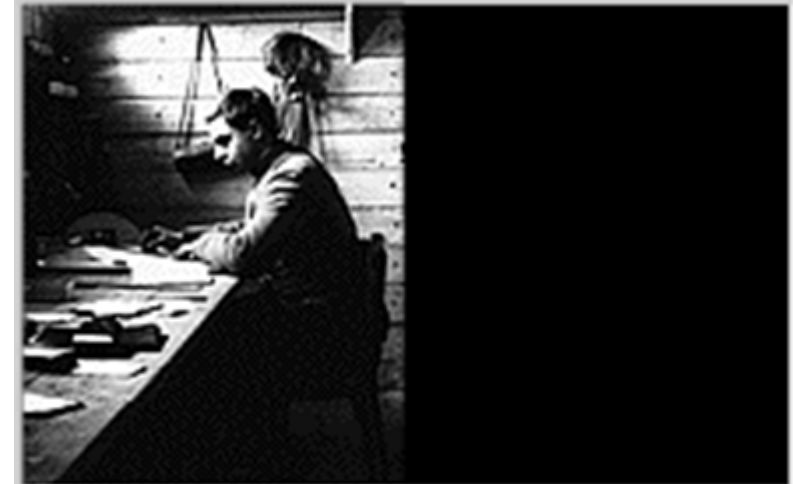


Photographie de la couronne solaire obtenue à Porto-Gondare, le 9 mai 1930, par la Mission de l'Observatoire de Strasbourg.
Équatorial double de 120°.

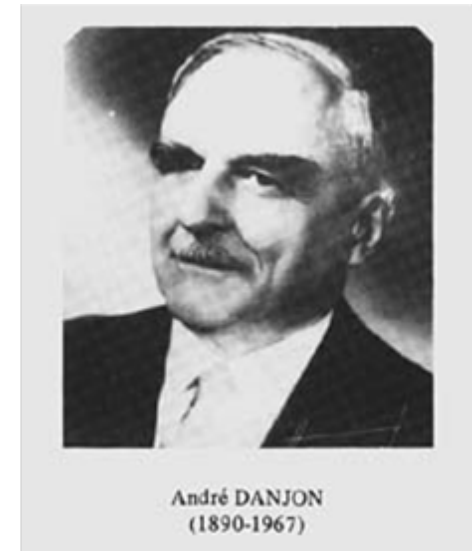


Rencontre avec André Danjon

- André Danjon directeur de l'Observatoire (1930)
- Photométrie
 - Photographique
 - Microphotomètre à deux faisceaux
 - Photoélectrique
- Détecteur d'images
 - **Télescope électronique**



Danjon directeur de l'observatoire.



André DANJON
(1890-1967)

Le Télescope électronique

- Idée de 1934
- CRAS en 1936
- Réalisation 36-39

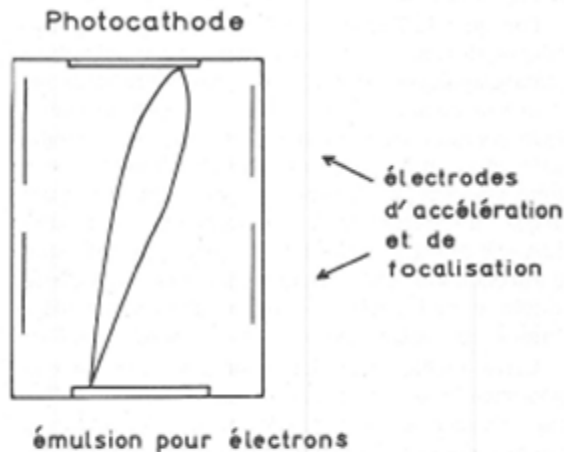


FIG. 1. — Principe du télescope électronique : l'instrument autonome, lunette ou télescope, forme une image optique sur une photocathode ; les photoélectrons émis sont accélérés et focalisés ; ils reforment une image « électronique » qui est enregistrée sur une émulsion photographique.

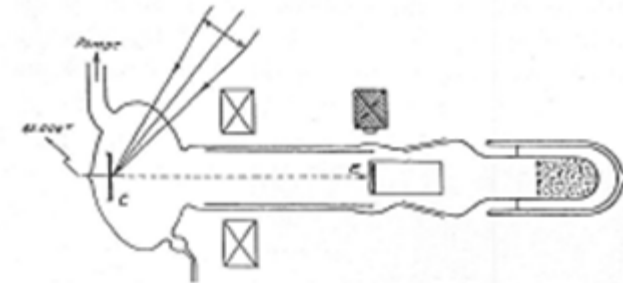


FIG. 3. — Schéma du récepteur réalisé par Lallemand dans la période 1936-1939. En C se trouve la photocathode, E est un écran cathodoluminescent qui sert pour la mise au point de l'image électronique ; lorsque la mise au point est effectuée, l'écran est remplacé, grâce à une commande magnétique externe, par une émulsion photographique (paru dans (6), p. 67, 1945).

PHOTOÉLECTRICITÉ. — Sur l'application à la photographie d'une méthode permettant d'amplifier l'énergie des photons. Note de M. ANDRÉ LALLEMAND, présentée par M. ERNEST ESCALANON.

J'ai étudié et décrit (*) un dispositif qui consiste à accélérer des photoélectrons par un champ électrique. On peut alors tirer parti de l'énergie de ces photoélectrons pour produire des effets dont les photons eux-mêmes sont incapables. L'optique électronique permet, en plus, de reconstituer sur le récepteur d'électrons l'image de la photocathode. J'ai entrepris d'étudier l'action de ces électrons sur la plaque photographique. J'ai pu effectuer, après une nouvelle mise au point du montage, six poses avec six plaques différentes, cela sans altérer la cathode photosensible ni la qualité des images ; j'aurais pu augmenter encore beaucoup ce nombre sans inconvénient, ce qui confirme l'intérêt pratique de la méthode.

Cet appareil constitue un véritable compteur de photons, la plaque photographique jouant le rôle de totaliseur d'impulsions en même temps qu'elle reproduit fidèlement le point d'arrivée de chaque photon, c'est-à-dire l'image lumineuse projetée sur la photocathode. D'après les résultats obtenus avec les compteurs de photons, on peut se faire une idée de la sensibilité que l'on peut atteindre avec ce dispositif.

.....

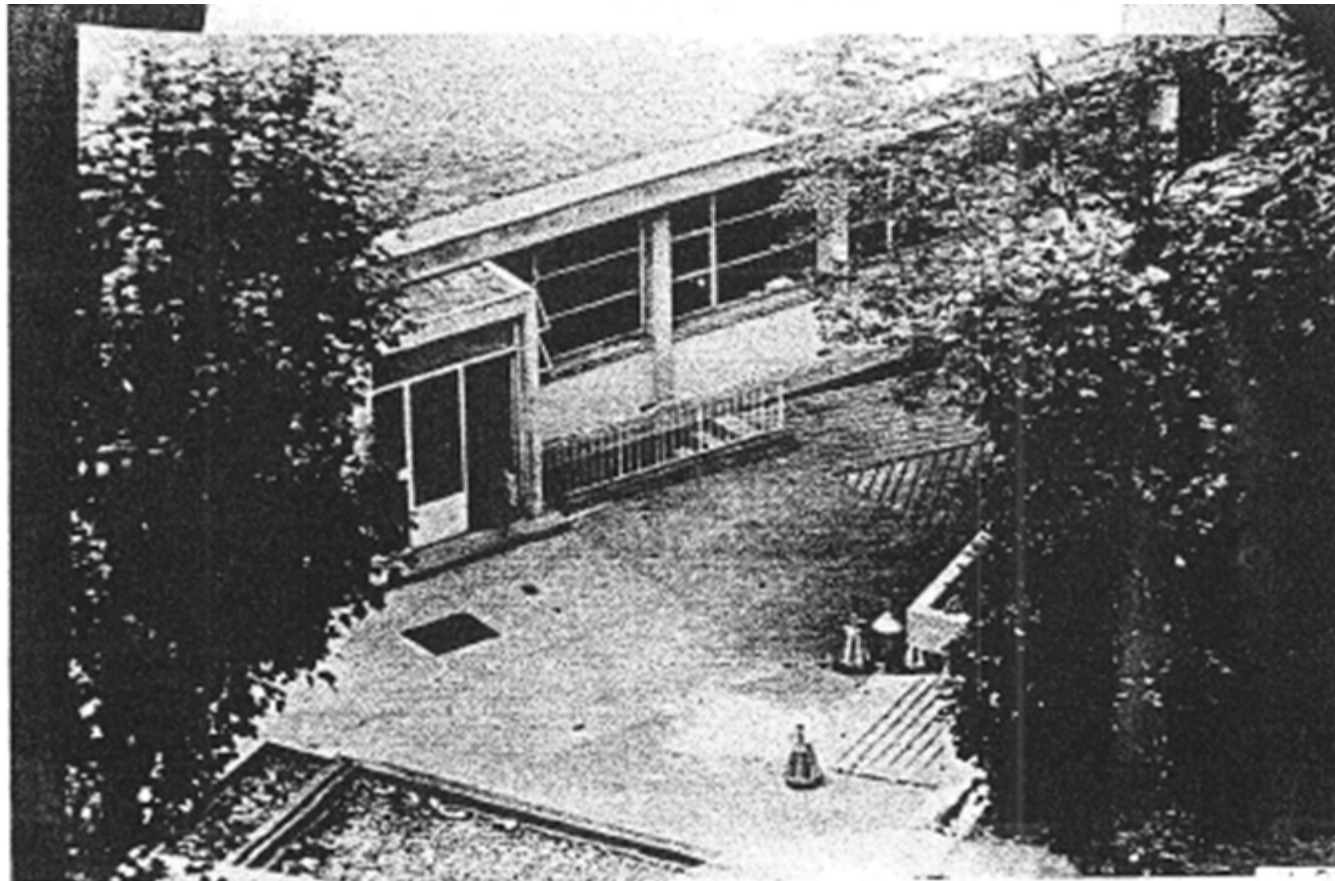
Par ailleurs les domaines de sensibilité spectrale des cellules photoélectriques sont plus étendus que ceux de la plaque photographique. En particulier une photocathode de césium sur argent oxydé peut permettre des études dans l'infrarouge, qui n'ont pu être tentées jusqu'ici par suite du peu de sensibilité des plaques photographiques, même spécialement traitées.

FIG. 2. — Extraits d'une note présentée à l'Académie des Sciences le 16 novembre 1936 (C.R., 203, p. 990).

Les années de Guerre

- Conseiller auprès de la Défense Nationale
 - Caméras en infrarouge
- Transfert sur Clermont-Ferrand
- Astronome-Adjoint à l'Observatoire de Paris
- Reprise de ses travaux sur les détecteurs d'images
- Le laboratoire de photoélectricité du lac de Constance
- Le laboratoire de la marine nationale

Le Laboratoire de Physique Astronomique d'André Lallemand



Nouveaux laboratoires LALLEMAND.

La Caméra Électronique à focalisation électrostatique

Observations au Petit Coudé



Maurice DUCHESNE

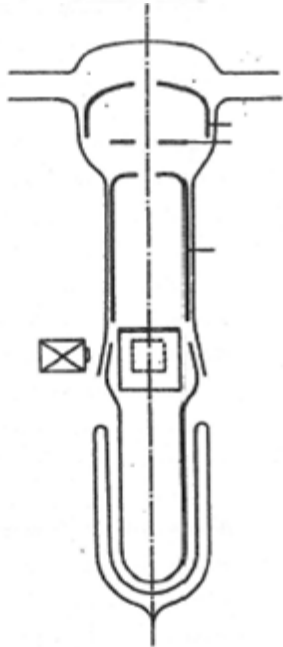


Schéma du télescope électronique à focalisation électrostatique réalisé à l'Observatoire de Paris en 1949.

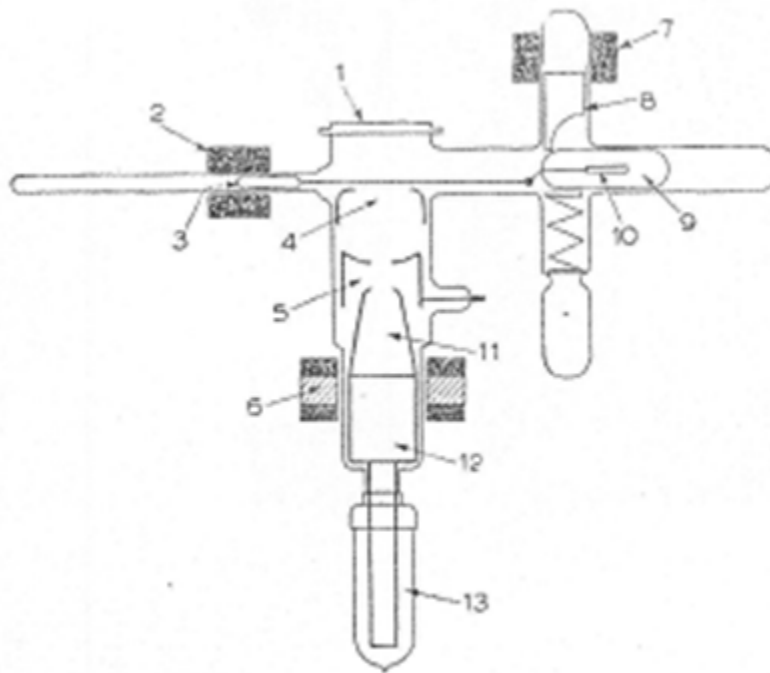


FIG. 1. Schéma de la caméra électronique.

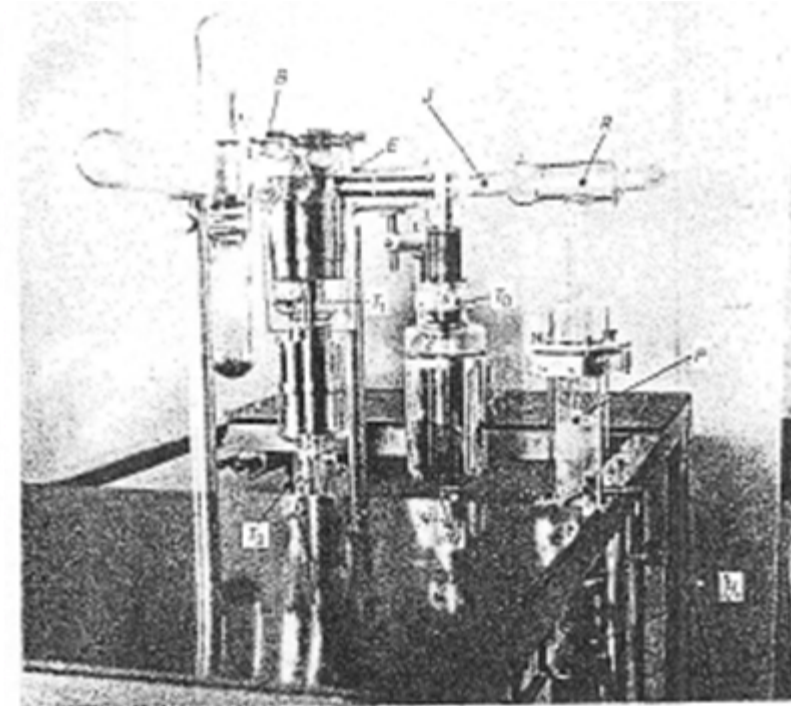


FIG. 2. La caméra électronique sur son bâti de pompage.

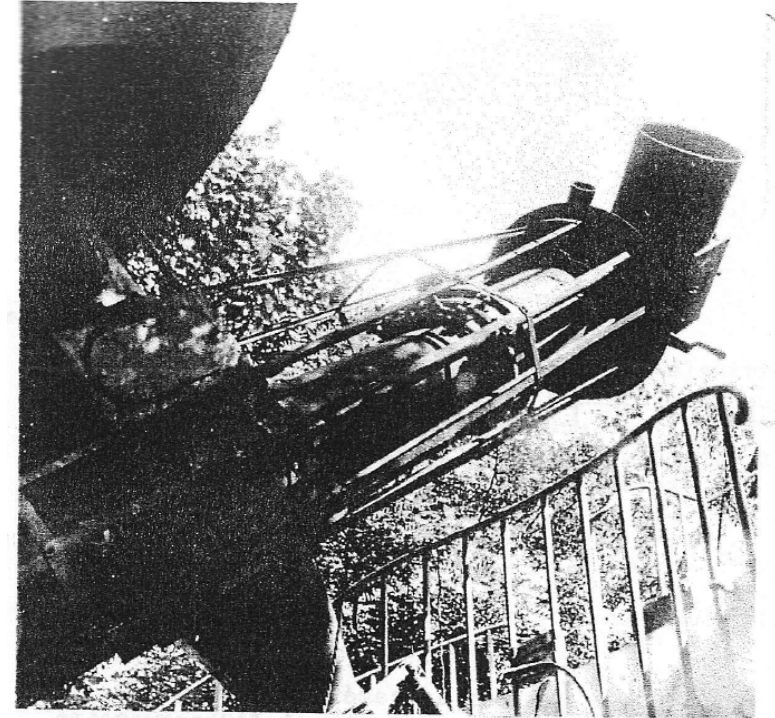
Observations au Petit Coudé



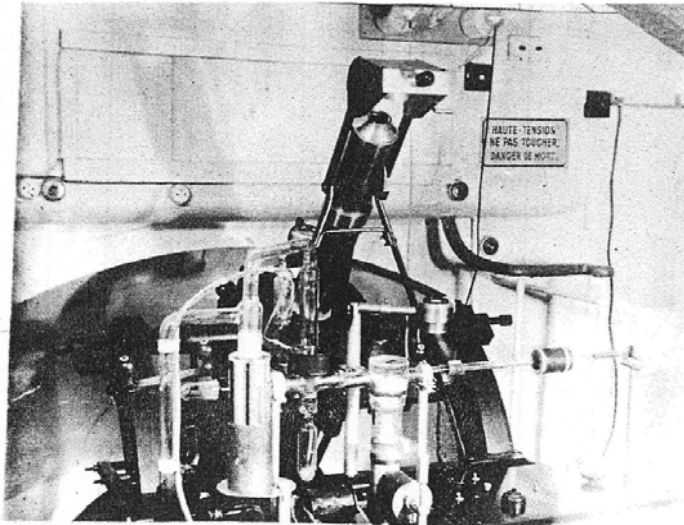
L'époque héroïque.

A l'Observatoire de Paris
vue extérieure du "Petit Coudé"
où est installé le 1er laboratoire
de M. DUCHESNE, réalisateur de la
caméra électronique à focalisation
électrostatique.

au "Petit Coudé"



Vue de la lunette équatoriale
(pointée vers le ciel) dite du "Petit
Coudé", avec une ouverture de 26 cm où
furent obtenues les 1ères photos d'objets
célestes avec la caméra électronique.



Vue intérieure du laboratoire du "Petit Coudé" de
M. DUCHESNE où est montée la caméra sur la lunette où furent
obtenues les 1ères photos d'objets célestes.

Les Photomultiplicateurs

- Développement de la photométrie photoélectrique aux USA
 - Stebbins & Whitford
 - Johnson (U, B, V)
 - Gain en précision (linéarité)
- Antoinette, Pierrette and Co
 - De l'UV à l'IR
- Large diffusion

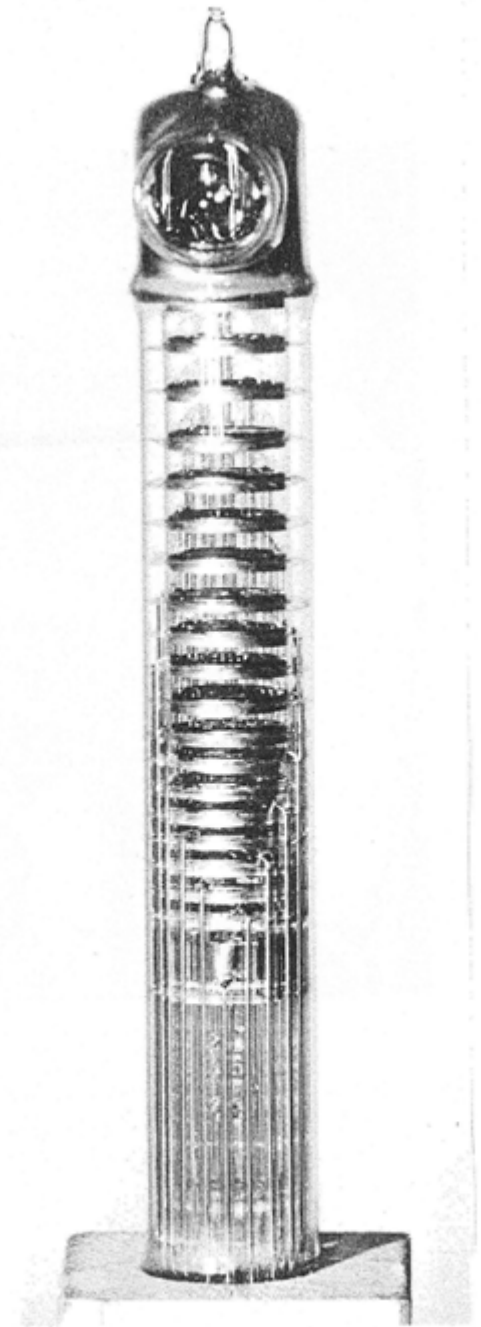
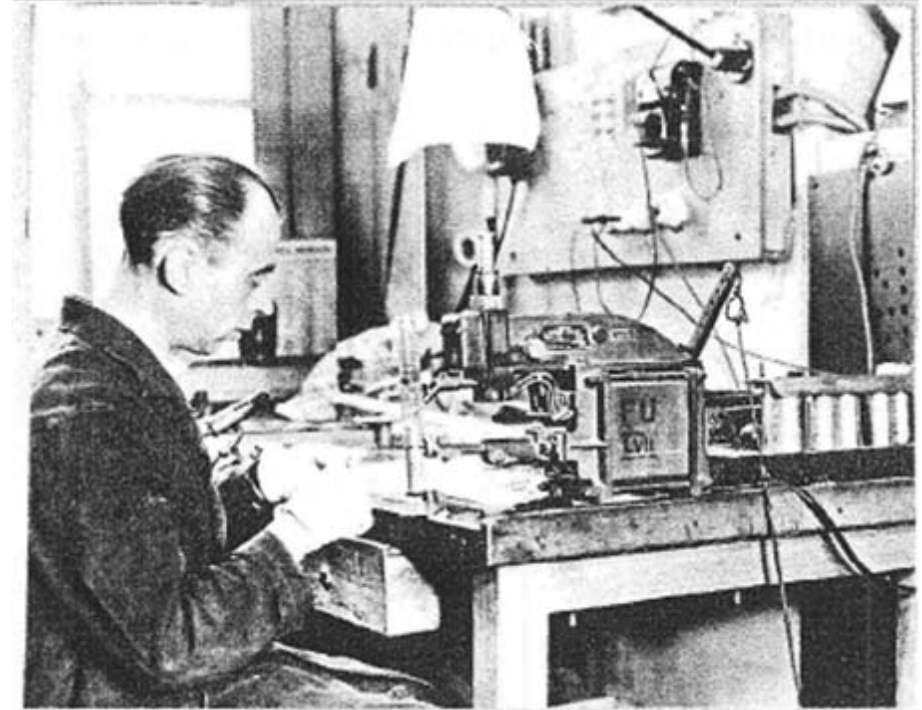
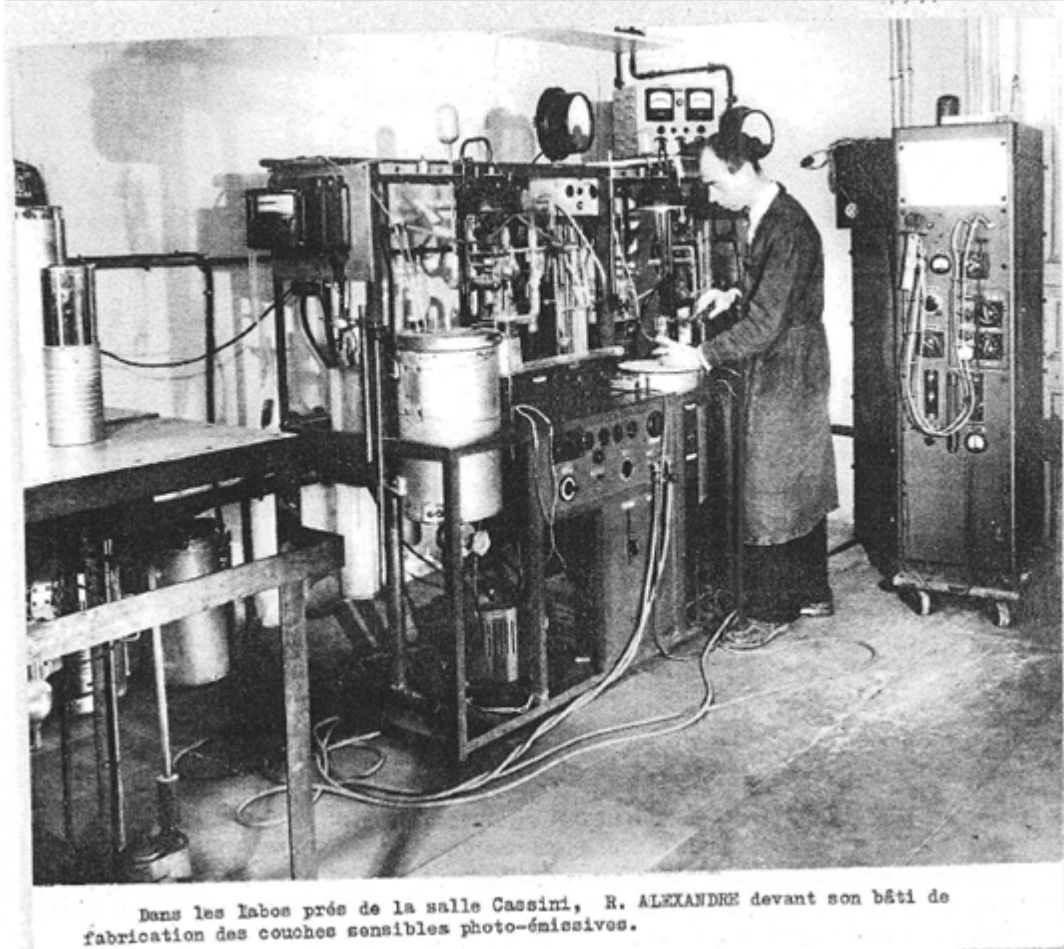


Photo-multiplicateur de l'Observatoire de Paris, sensible à la lumière ultra-violette, à 20 étages, dimensions: 38 cm.-6cm.

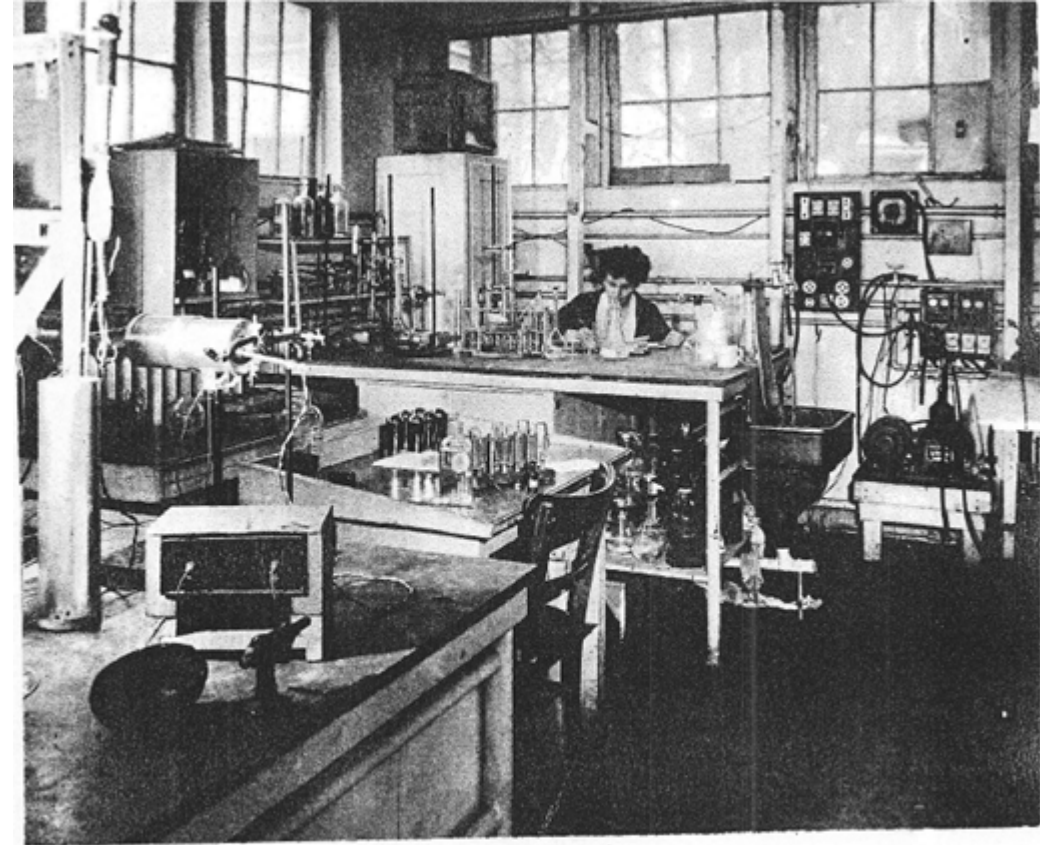
Le montage des photomultiplicateurs



R. ALEXANDRE, à son établi,
montant un photo-multiplicateur.

Laboratoire de photoélectricité marine

- Cellules au Sulfure de Plomb (infrarouge)
- Tube télévision pour l'infrarouge



Ida RAETZ, chimiste, dans la salle de chimie du Laboratoire de Photo-électricité marine où étaient élaborées, entre-autres, les couches photo-résistantes au sulfure de plomb.

Premières observations à l'OHP



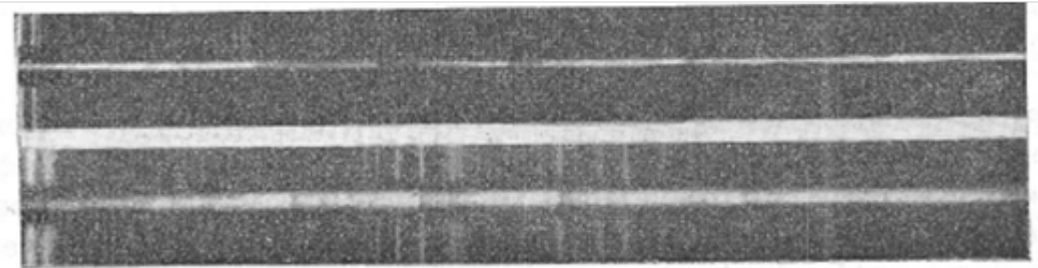
M^{lle} CHOPINET, A. LALLEMAND montent une
Caméra électronique au foyer Newton du Télescope
de 120 cm. de l'O.H.P.



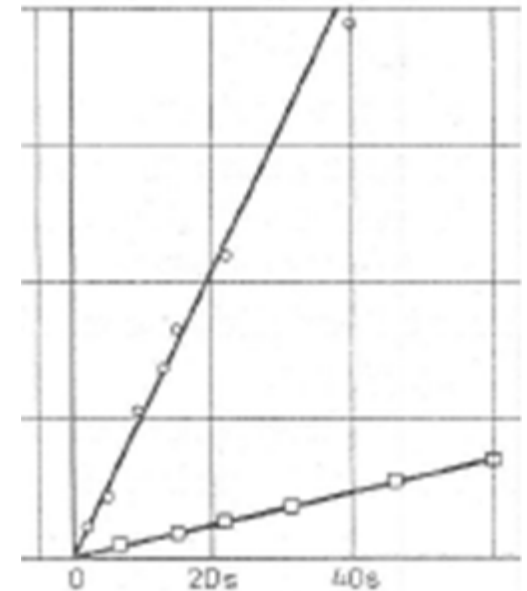
Spectrographie sur des étoiles/nébuleuses en 1953

Intérêts de la Caméra Électronique

- Gain en sensibilité / photographie
 - Facteur > 100
 - Télescope de 1,2m \rightarrow télescope de 12m
- Linéarité
- Réponse indépendante de la longueur d'onde
 - Adapté à la photométrie



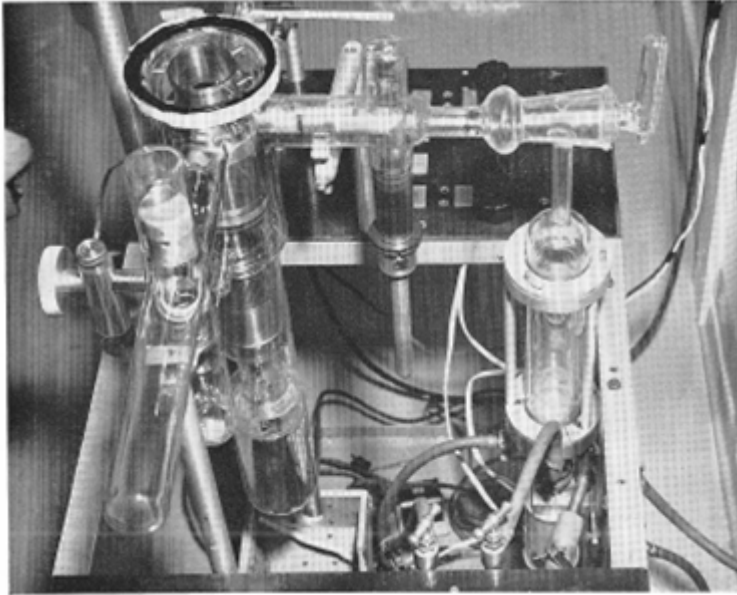
Étoile H. D. 123 303. Magnitude visuelle $m_v = 6,8$, type gM_1 , 30 avril 1956.
P. Photographie classique sur plaque Kodak 103 C; pose, 250 s.
E. Photographie électronique sur plaque Ilford G₂; pose, 10 s.



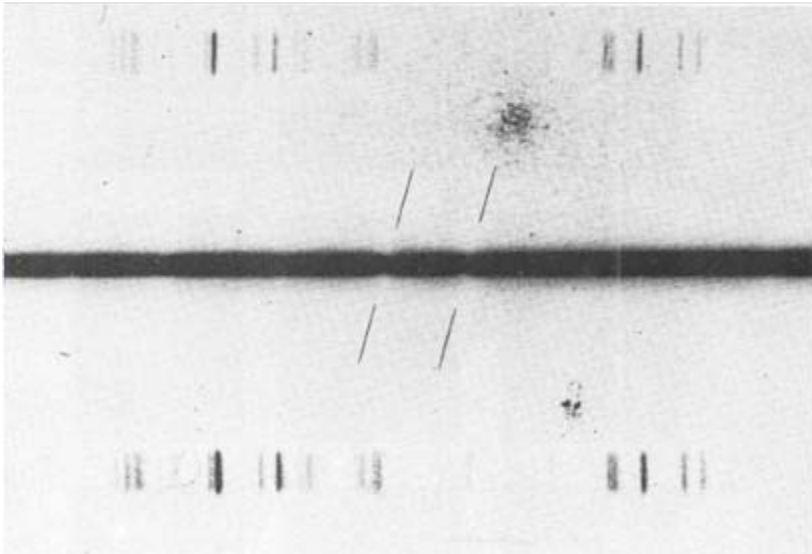
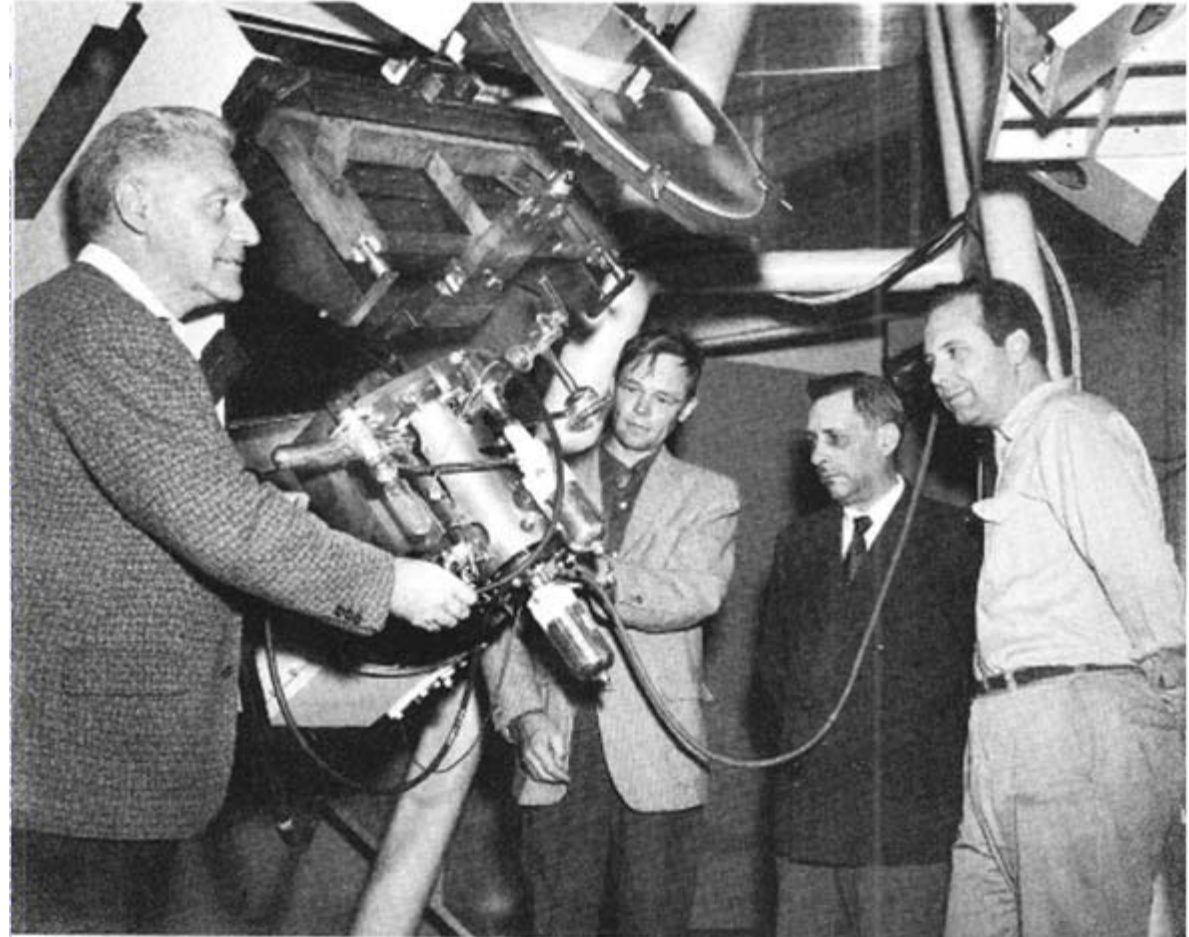
Observations à Lick (Californie)

- Prise de conscience de l'intérêt de la caméra électronique
- Développements parallèles aux USA
 - Tubes pour la télévision
 - Convertisseurs d'images
 - Tubes images (cascades)
- Invitation de Lallemand & Duchesne à Lick (Merle Walker)
- Diverses installations

Rotation différentielle du noyau de M31



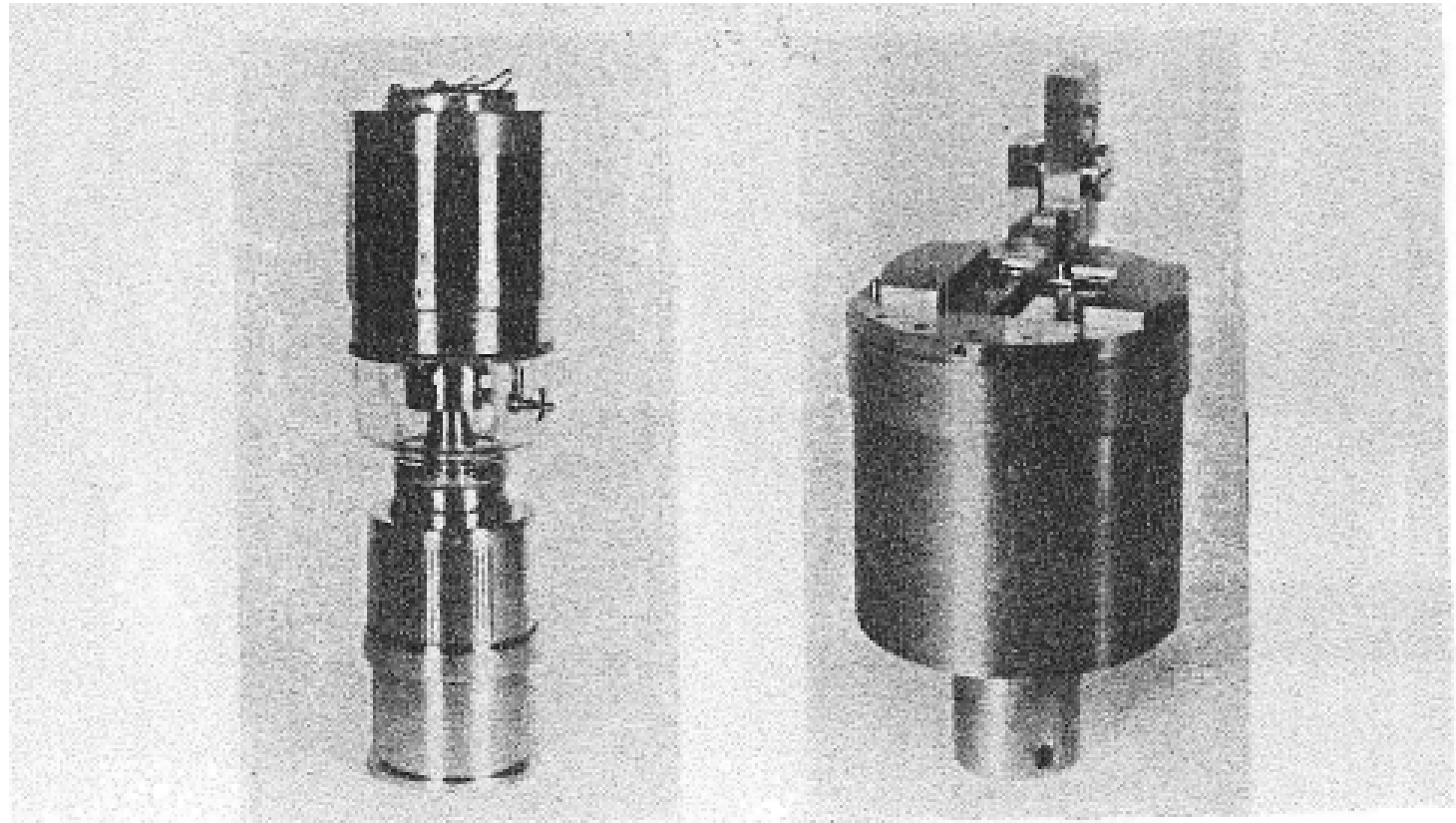
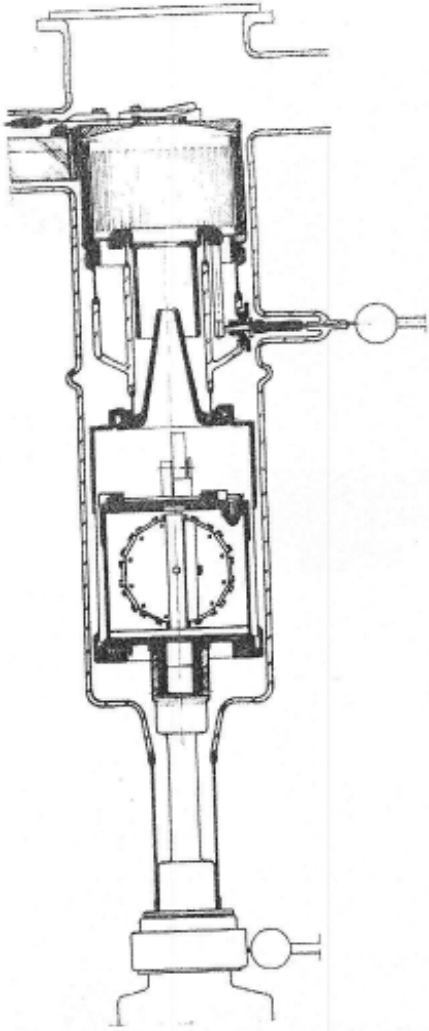
THE ELECTRONIC CAMERA MOUNTED ON ITS PREPARATION STAND



La consécration

- Astronome titulaire en 1958
- Directeur de l'Institut d'Astrophysique de Paris en 1960
- Élection à l'Académie des Sciences en 1961
- Nomination au Collège de France en 1961
 - Chaire des Méthodes Physiques de l'Astronomie
- Prix des Trois Physiciens
- Commandeur de l'Ordre de la Légion d'honneur
- Caméra électronique à l'exposition universelle de Montréal en 1967

La Caméra électrostatique

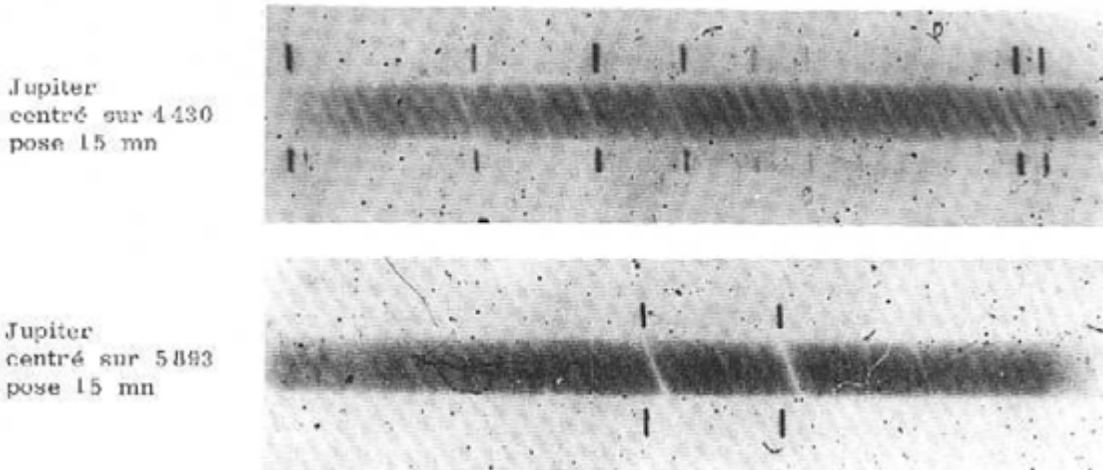
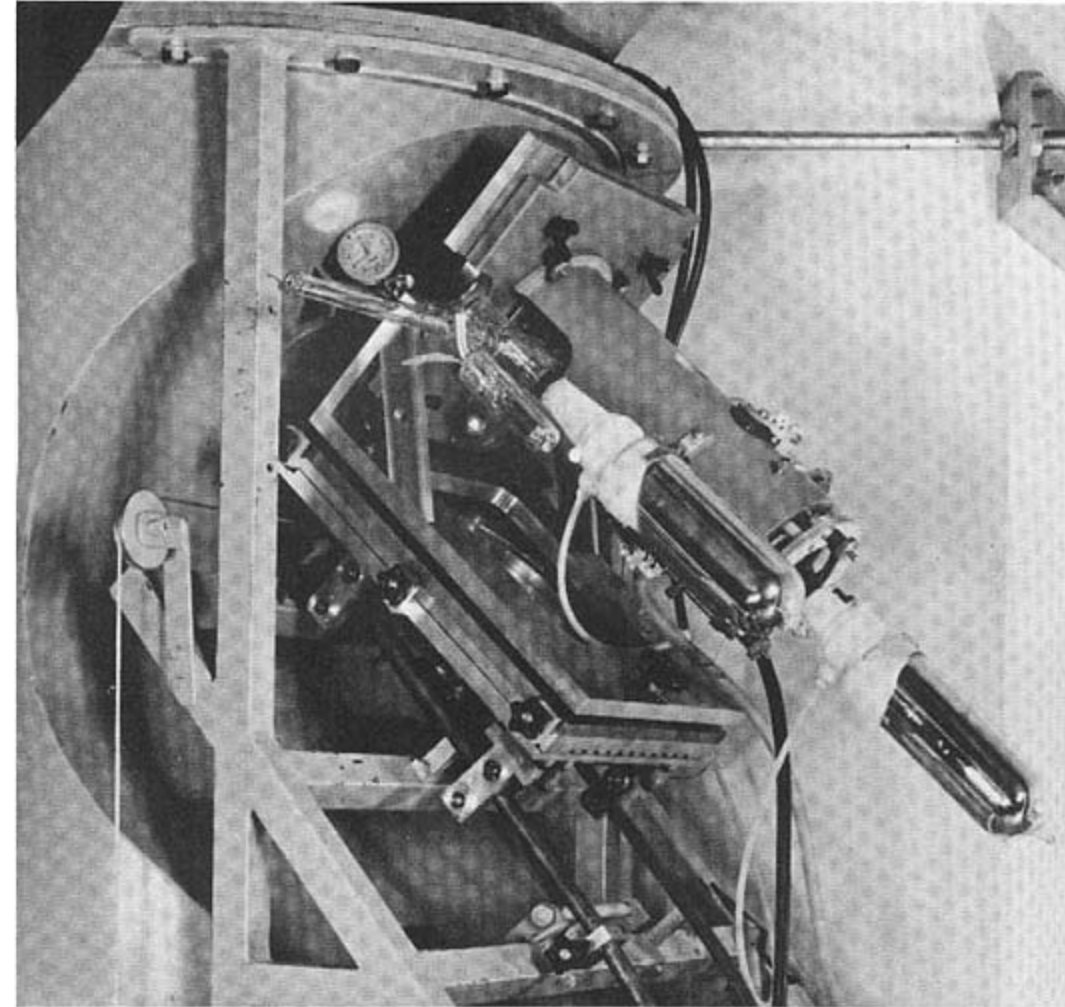


Vue d'ensemble des
lentilles électroniques

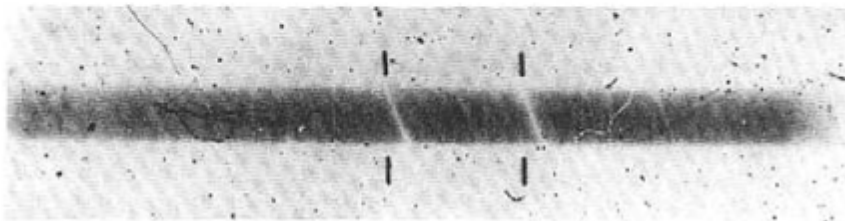
Vue du magasin de
plaques photographiques

Observations sur le TGR du télescope de 193cm de l'OHP

- Spectrographe de Très Grande Résolution d'André Baranne

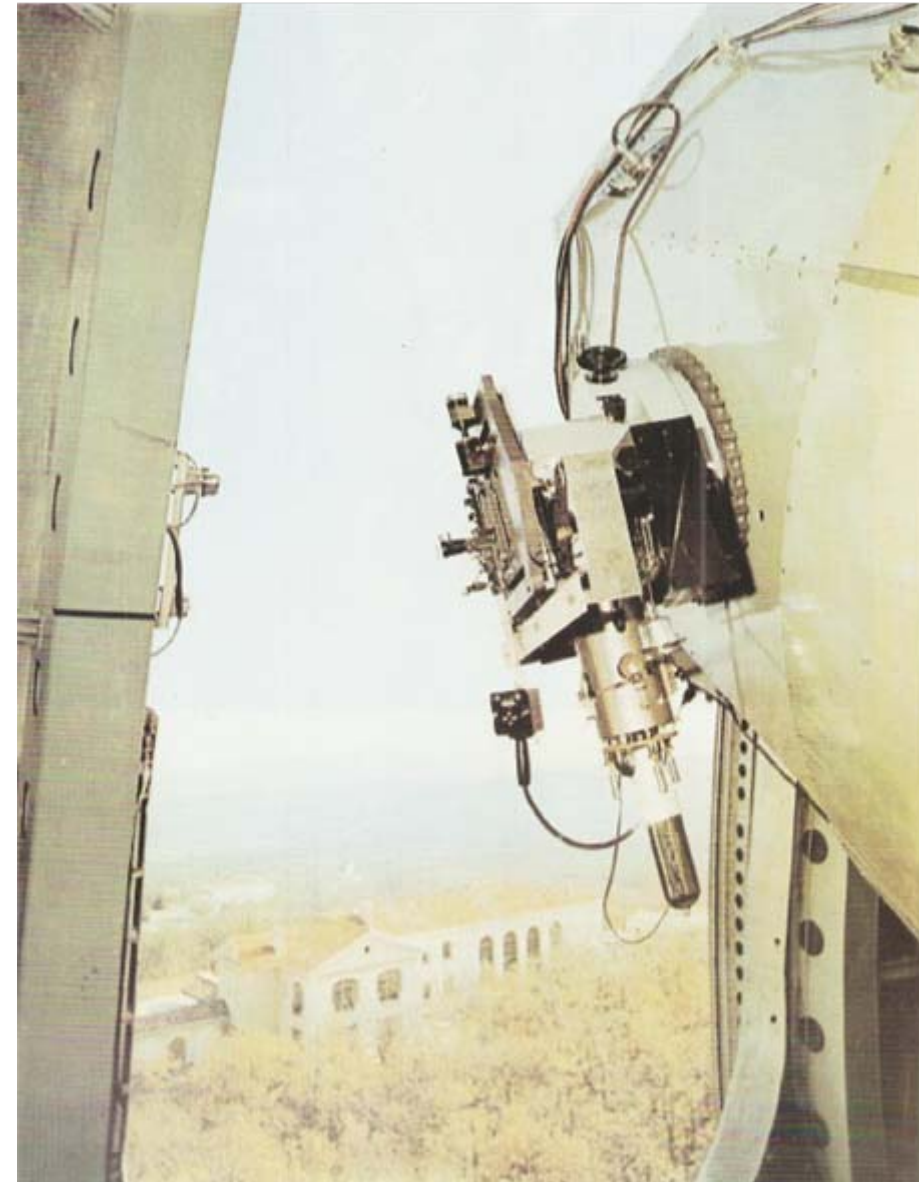
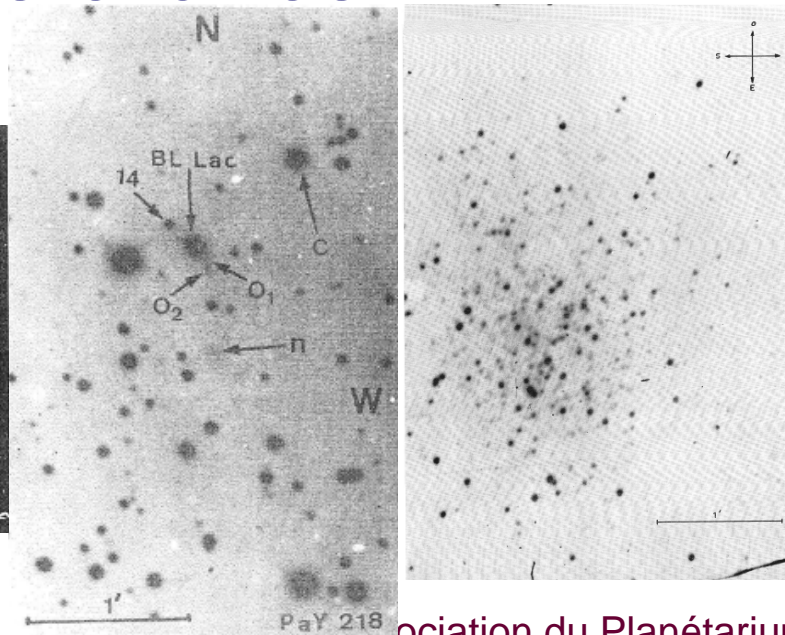
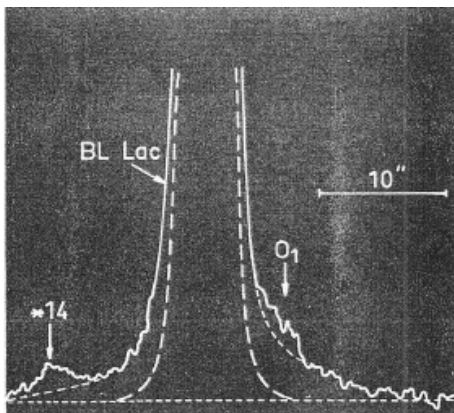


Jupiter
centré sur 5893
pose 15 mn



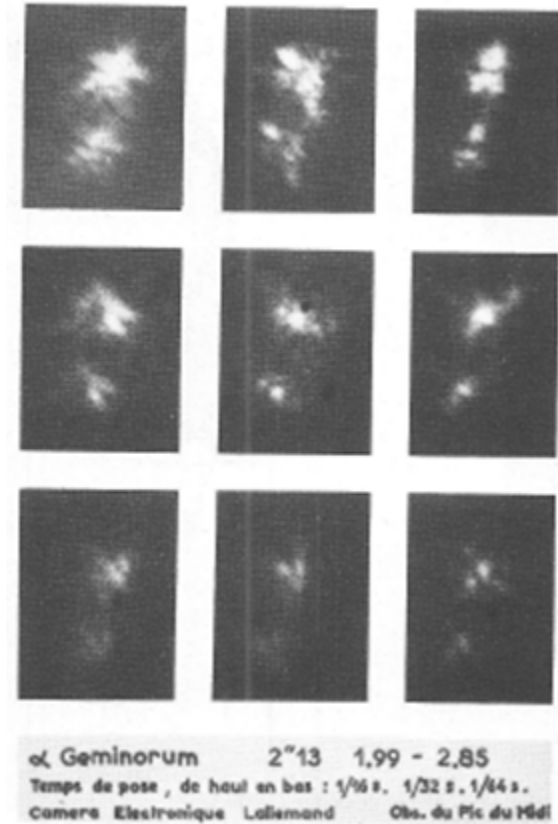
Au foyer Newton du 193cm

- Bonnette Wlérick
- Observations des radiosources
- Observations des amas stellaires



Diverses Installations

- Spectrographie échelle (ECHELEC)
 - Duchesne/Baranne ~1974
 - 152cm de l'OHP
 - 152cm de l'ESO
- Télescope de 1m du Pic du midi
 - Wlérick/Roesch ~1962
 - Etoiles doubles, Planètes
- Télescope de 76cm Jungfraujoch
 - Pilloux ~1969
- Expériences de physique à Orsay



Une Caméra lunaire

- Cohabitation cellule/photo dans le vide spatial
- Expérience de Carruthers avec Apollo 16

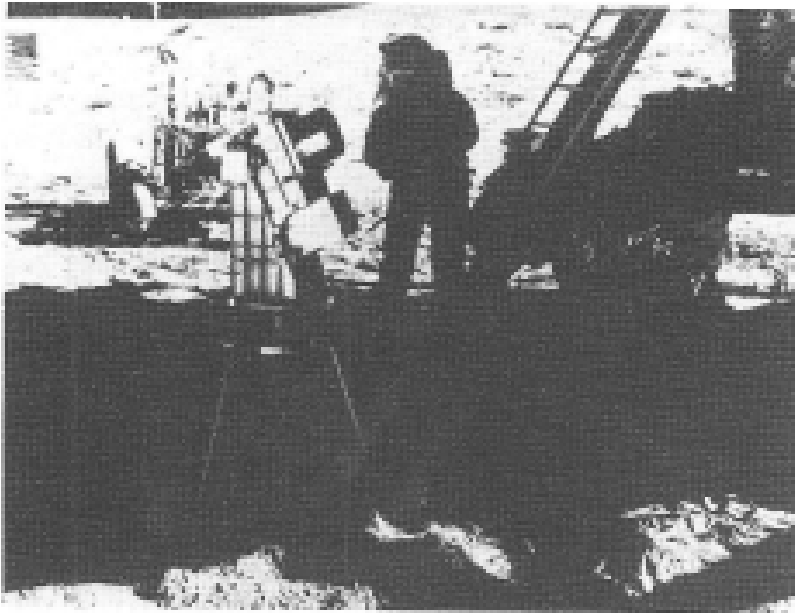


FIG. 8. — Récepteur électronographique sur la Lune. Les astronautes du vol Apollo 16 ont placé la caméra de Carruthers de façon à ce qu'elle se trouve dans l'ombre du module. On voit sur la photographie l'astronaute Charles Duke et, derrière la caméra, la Jeep lunaire (cliché NASA, USA).

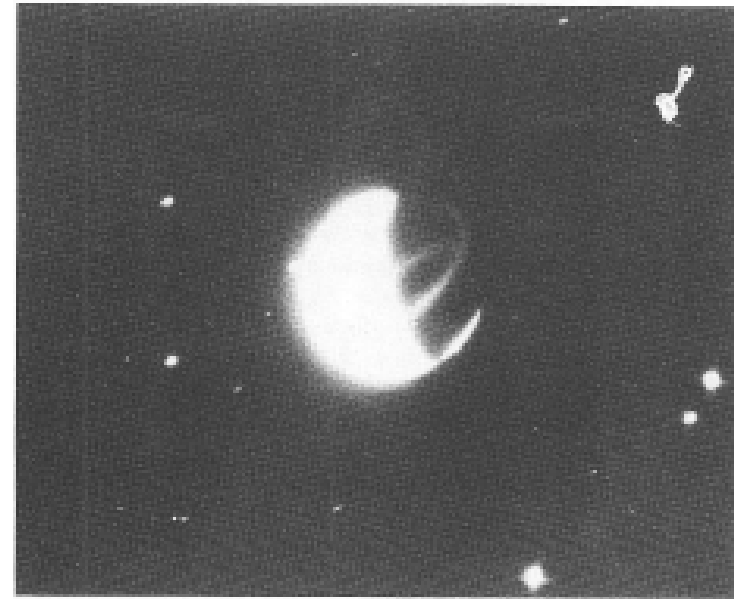
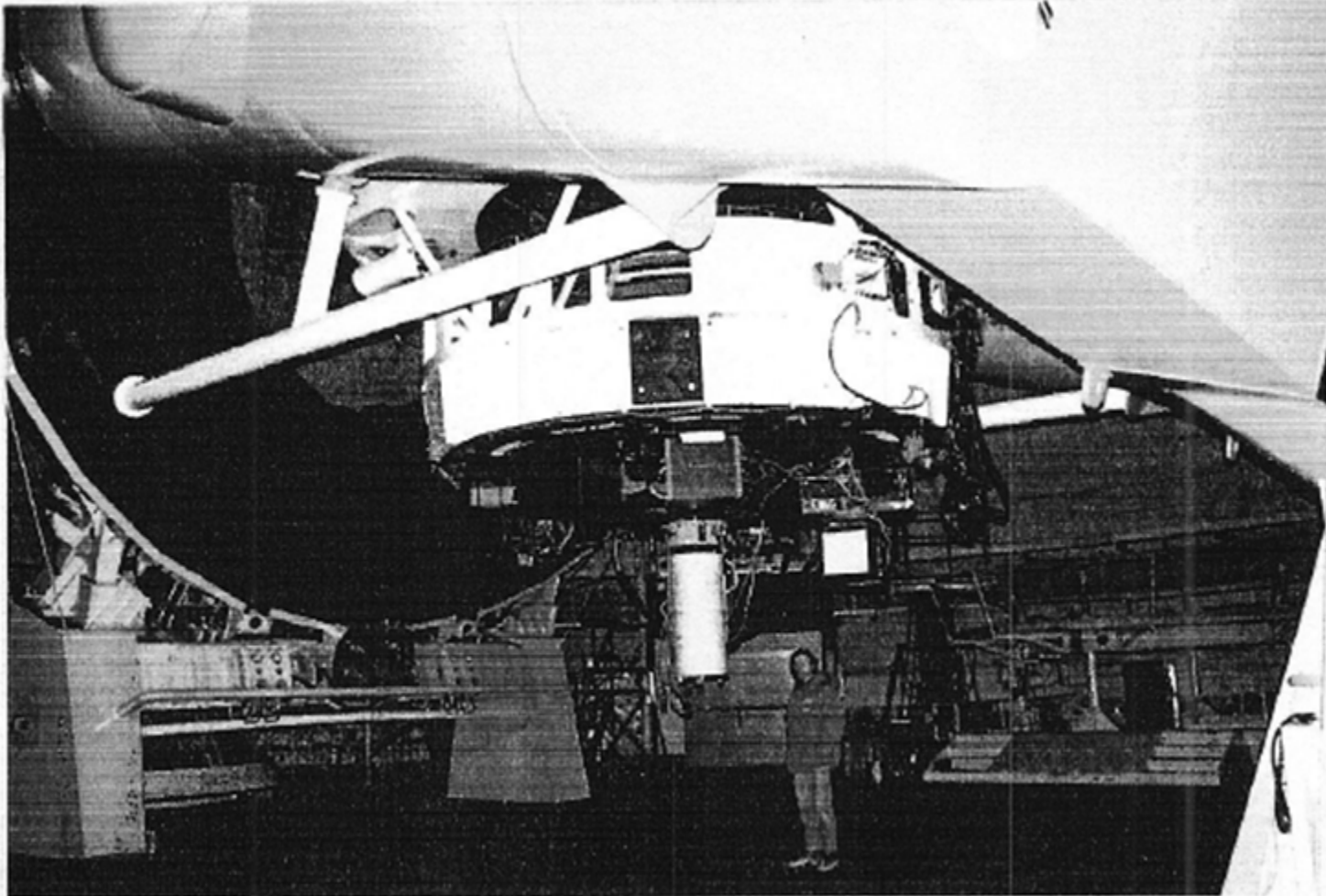


FIG. 9. — Cliché de la Terre pris, dans le domaine de longueur d'onde 1 250-1 600 Å, avec la caméra placée sur la Lune. Dans la partie non éclairée de notre globe, on observe les zones aurorales et deux bandes d'émission du Ciel nocturne dues à des atomes d'oxygène dans un état excité (cliché Naval Research Laboratory, USA).

La Caméra à Grand Champ



La Caméra Grand Champ sous le télescope.



Gérard WLERICK

La course pour le champ

- Première caméra électronique : 20 mm
 - Champ d'un télescope ~10 cm + avec correcteur
 - Croissance à 30 mm année 1970
 - Uniformité de la résolution sur le champ
 - Caméra de 40 mm ~1975
 - Courbure de champ importante
- Le grand champ nécessitait une nouvelle optique électronique

Raisons d'une nouvelle aventure

- Concurrents
 - Caméra sur la Lune (Carruthers)
 - Caméras à vanne (Kron, Felenbok, Gribonval)
 - Caméras à fenêtre de Lenardt (MacGee)
 - Tubes images
- Nécessité d'avoir du champ
 - Gain / Nombre d'éléments
- Repenser en fonction de la technologie
 - Optique à focalisation magnétique

La nouvelle caméra

- Collaborateurs
 - B.Servan
 - L.Renard

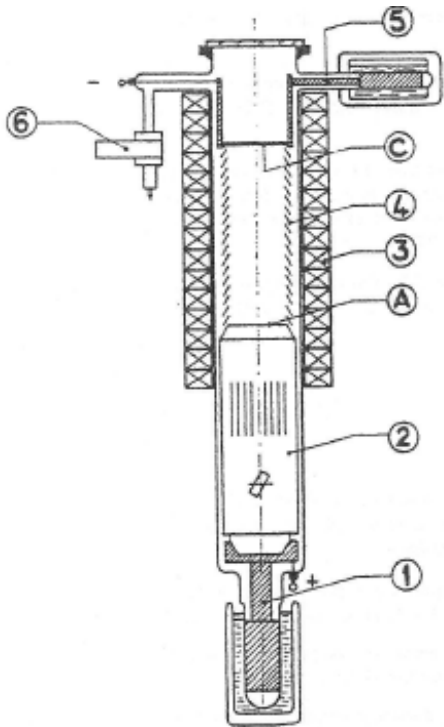


Fig. 1,

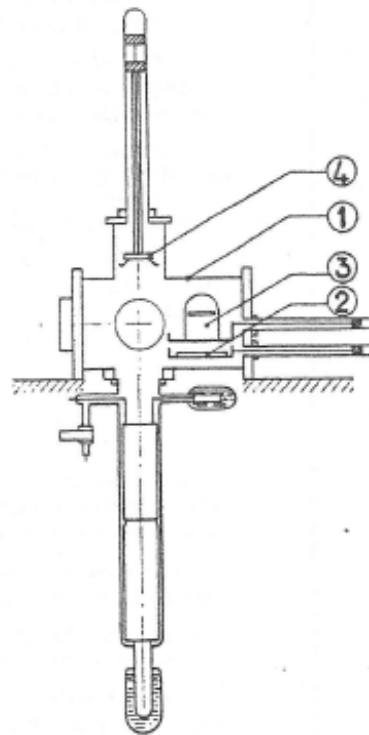
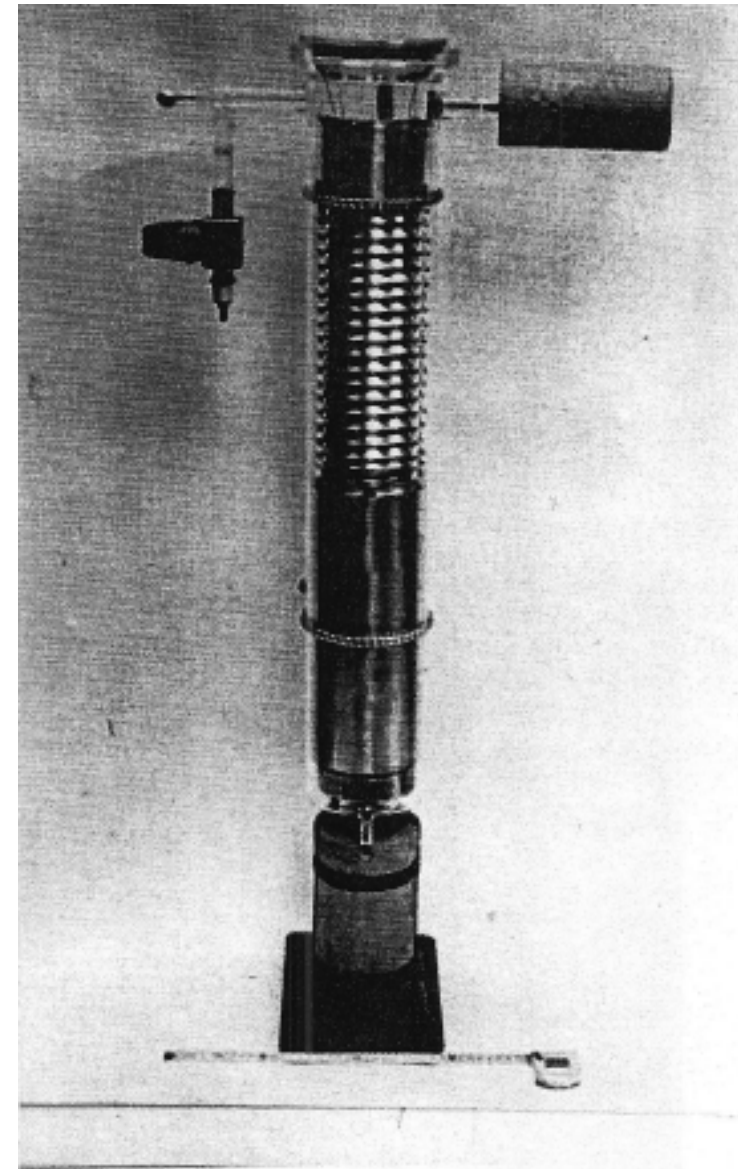


Fig. 2.

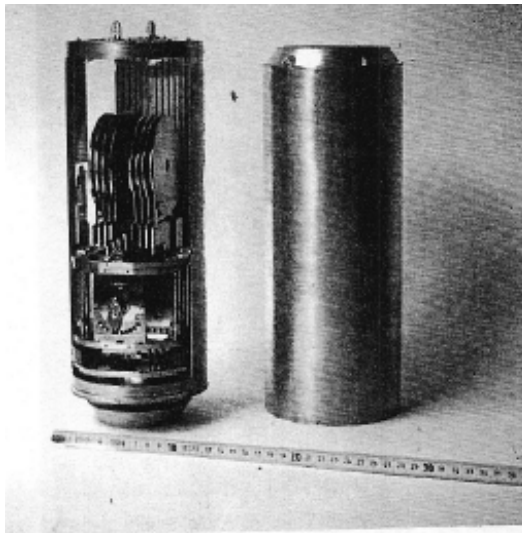


Tube de caméra Grand Champ avec son optique et son Porte Plaques.

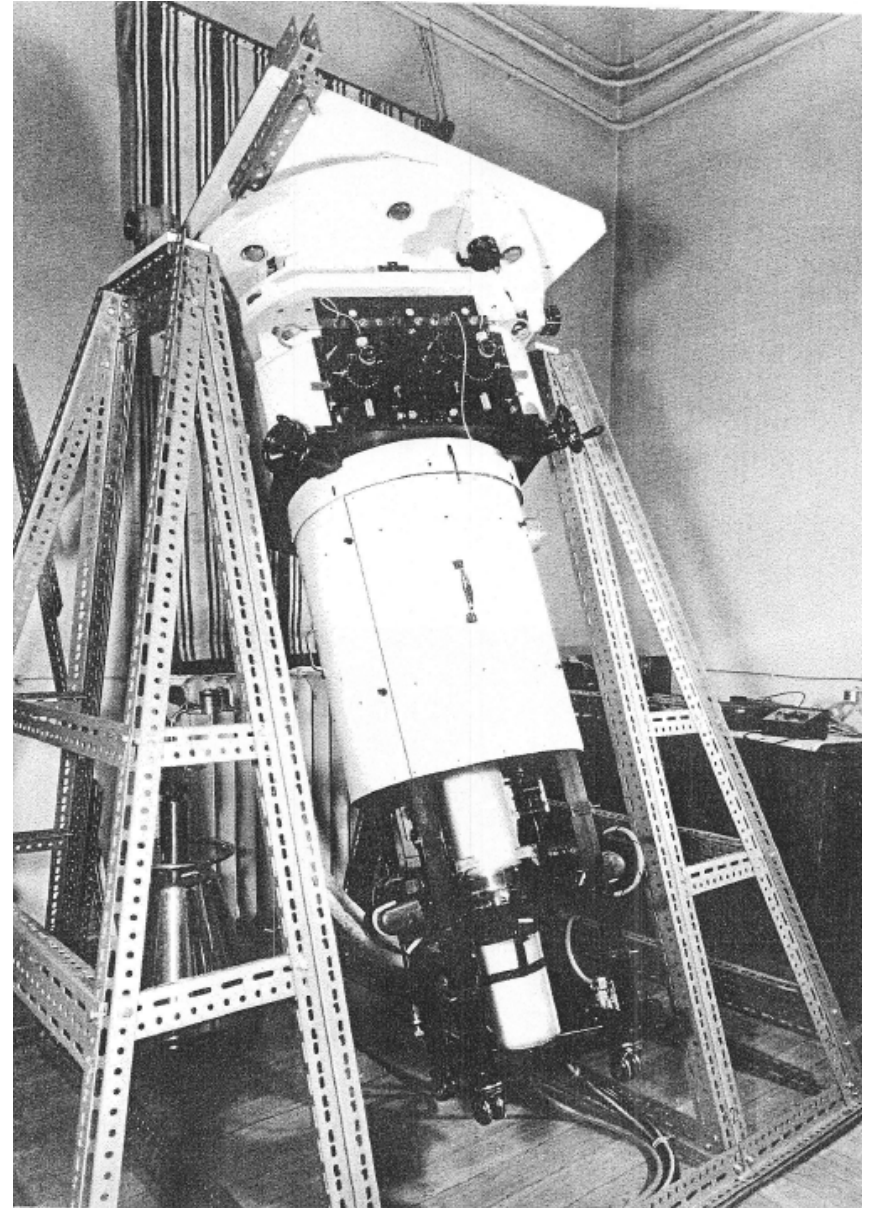
Détails de la Caméra



Photo-cathode de 84 mm. de \varnothing dans sa cellule pour la caméra Grand Champ.

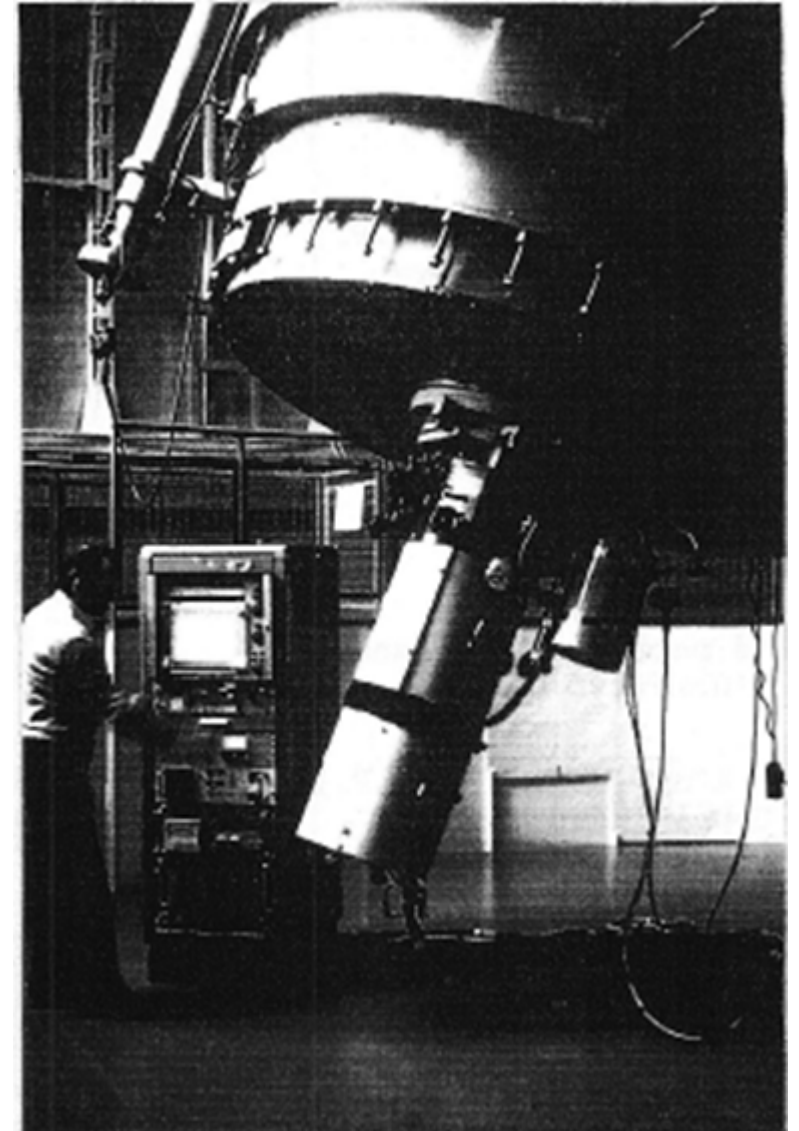


Porte-Plaques à 7 plaques.
Il y eut d'autres Porte-Plaques à 9 plaques.



Premières observations (OHP)

- Installation au foyer Cassegrain du 193cm
- Une quinzaine de missions
- Départ à la retraite d'André Lalemand (1974)
- Décès accidentel en 1978



Quelques observations

PLANÈTES ET SATELLITES. — *Sur l'épaisseur des anneaux de Saturne*. Note (*) de Bruno Sicardy, Gérard Wlérick, Membre de l'Académie, André Brahic, Pierre Laques, Jean Lecacheux, Bernard Servan, Raymond Despiou, Daniel Michet et Léopold Renard.

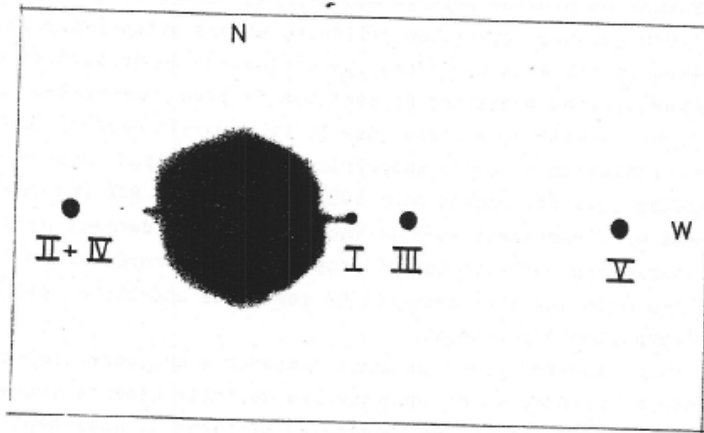
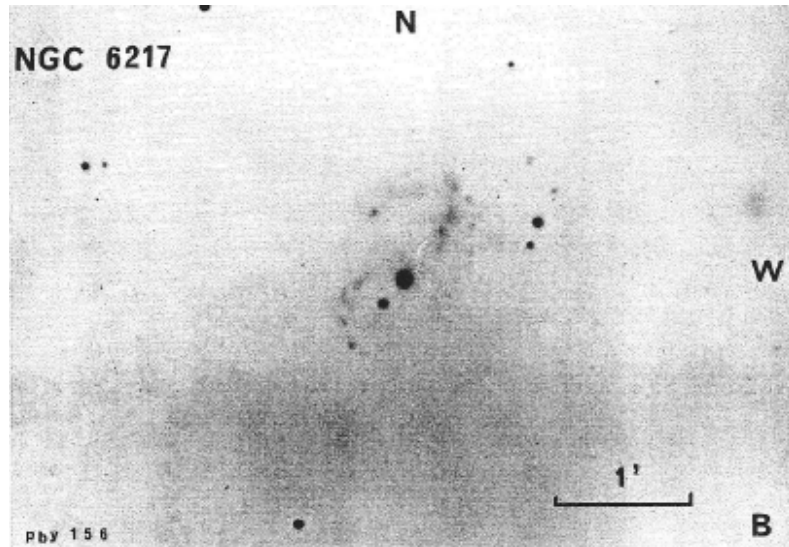
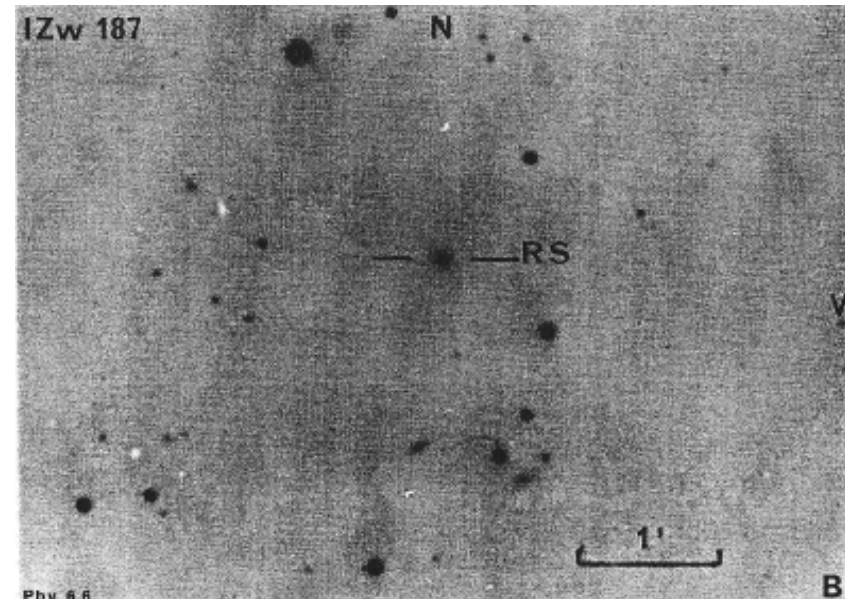
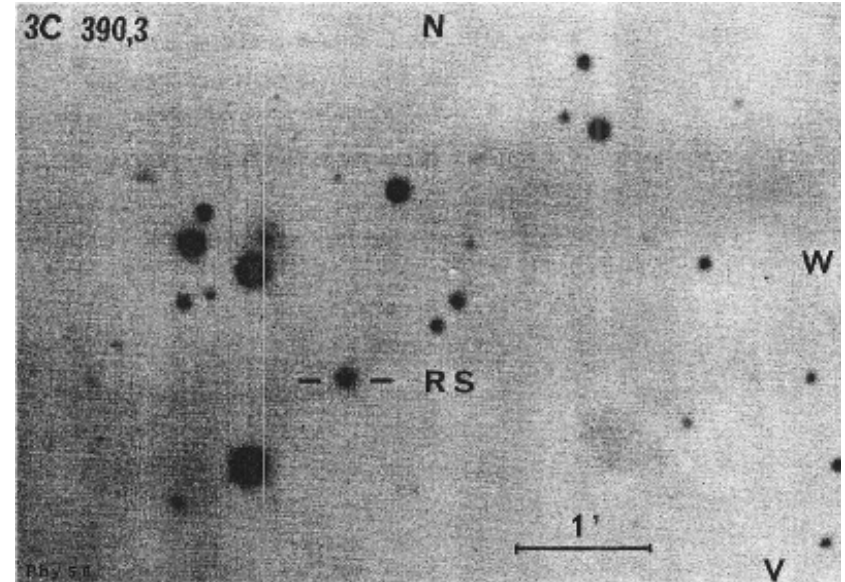
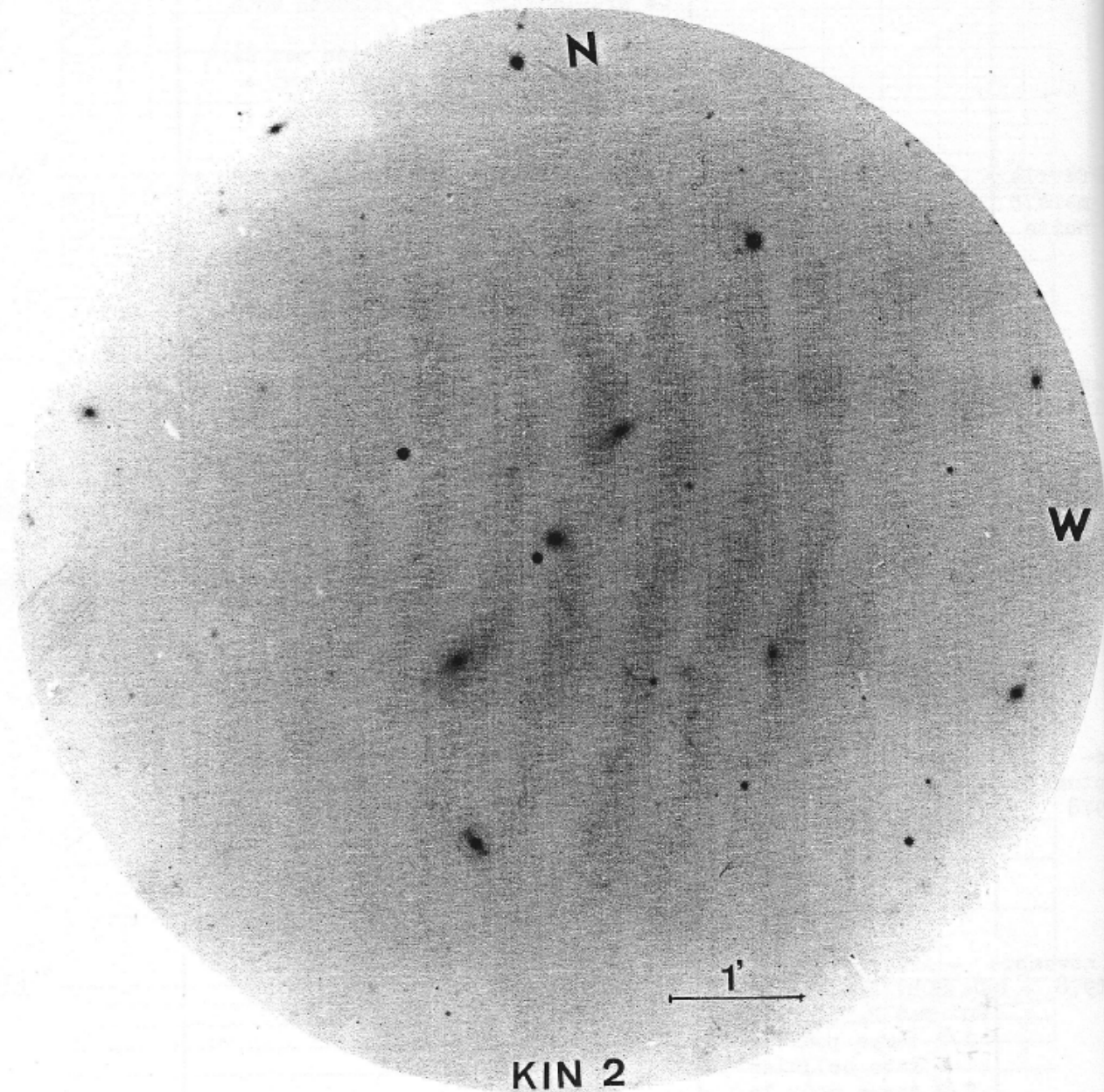


Fig. 1. — Cliché électronique de Saturne, C.N.R.S., O.H.P., télescope 1,93 m, caméra électronique « Grand Champ », pris le 12 mars 1980 à 22 h 50 mn T.U. en couleur V. Les satellites sont indiqués par leur désignation en chiffres romains.



Exemple d'image obtenue avec la caméra à grand champ



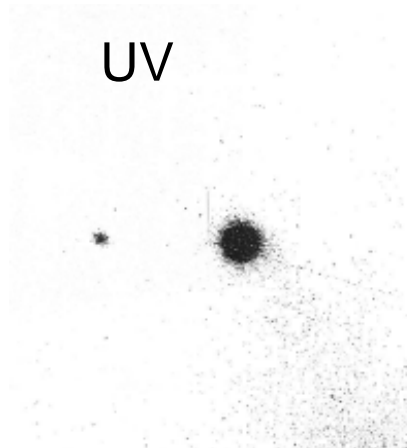
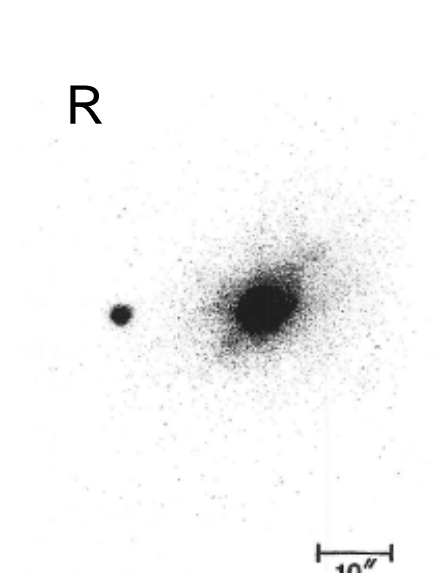
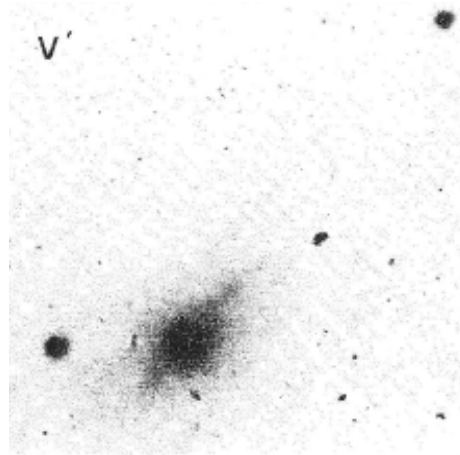
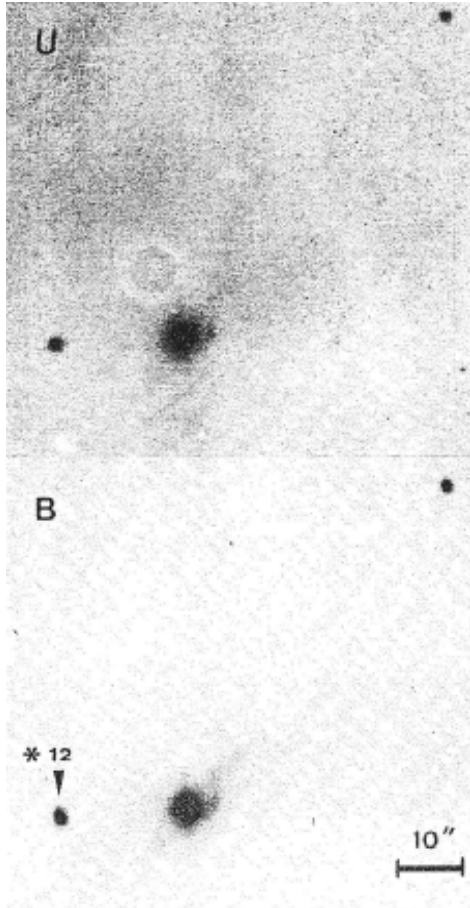
Photographie N° 1. Champ de galaxies Kinnander 2, pose 60 min., filtre V, émulsion ILFORD G5, 20 Avril 1977. L'électronographie permet une utilisation intéressante d'un foyer Cassegrain peu ouvert (F/15), en particulier pour la photométrie d'astres présentant de forts gradients d'éclat.

Observations sur le CFHT

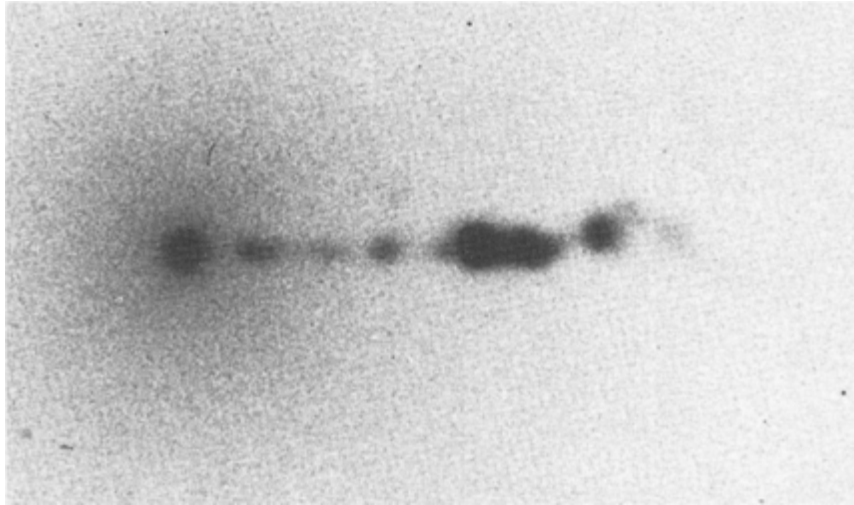
- Télescope de 3m60 installé en 1979
- Installation au foyer Cassegrain



Premières images de 3C120



Quelques résultats (1983)



Jet optique de la Galaxie Messier 87. Télescope Canada-France-Hawaii, Caméra électronique grand champ, couleur U (ultraviolet), pose 10 min, Mars 1983. Ce cliché a permis de montrer l'identité des images optique et radio de ce jet, ce qui confirme sa nature de rayonnement synchrotron (cliché G. Lelièvre, G. Wlérick, B. Servan, J.L. Nieto) .

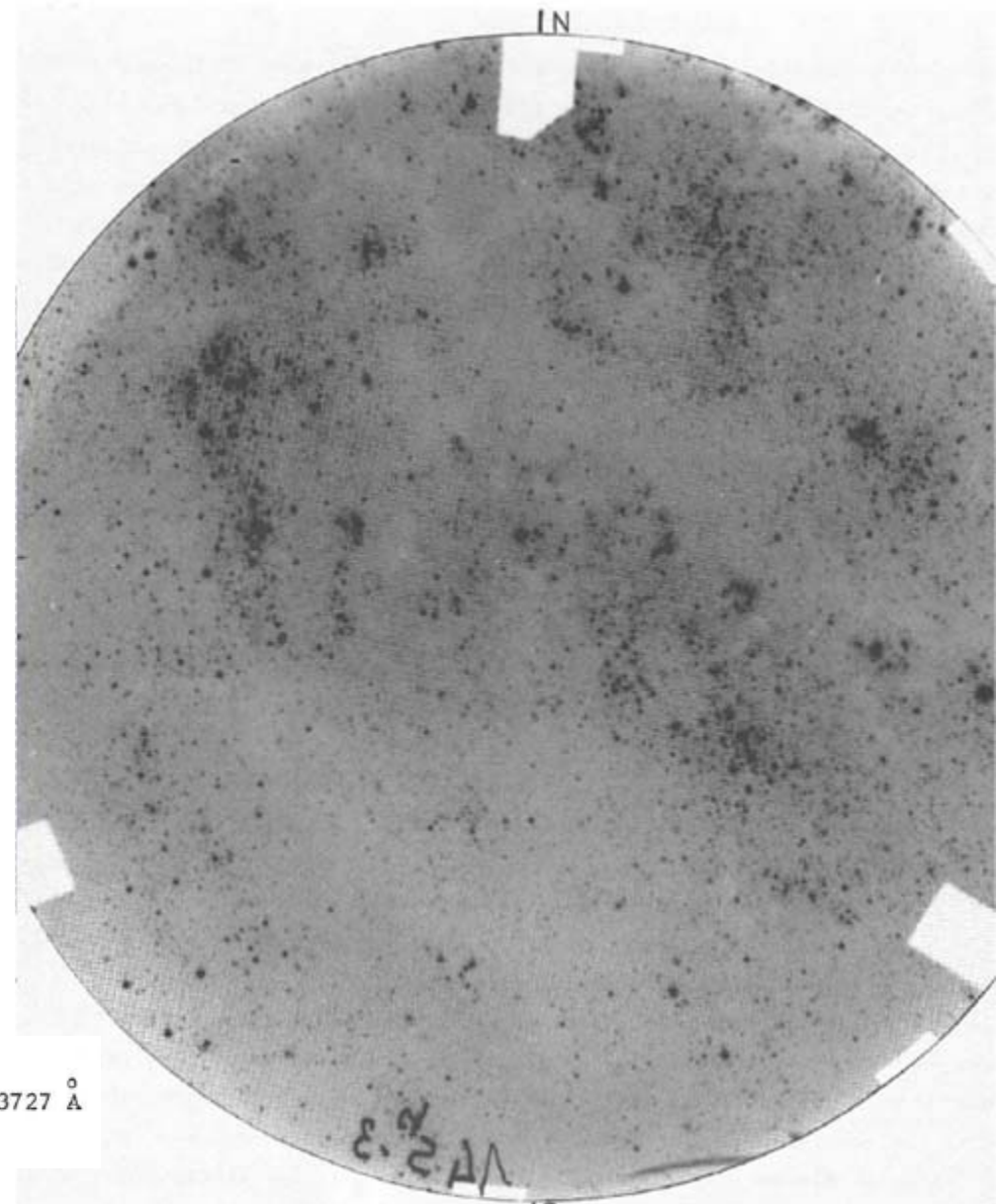


Figure 1 - Bras Sud de la galaxie Messier 33 ; couleur U ; pose 60 min ; 8 Novembre 1983, cliché n° HbY 80. Noter les nébulosités émettant $[OII] 3727 \text{ \AA}$ autour des étoiles chaudes.

Conclusions

- André Lallemand a joué un rôle essentiel dans le développement de la recherche astronomique nationale et internationale
 - Détecteurs (images et photomultiplicateurs)
 - Cours au Collège de France
 - Rôle institutionnel (IAP, ESO, ..)
- Rôle dans la recherche française
 - Détecteurs d'image & Photoélectricité
- Rôle dans la société française
 - Conseils & détecteurs pour l'armée