

G. WLERICK, M. DUCHESNE, B. SERVAN, F. GEX et J.M. MUNIER
Observatoire de Paris, DOPTO,
61 Avenue de l'Observatoire, 75014 PARIS.

INTERET DE L'ELECTRONOGRAPHIE

La France a toujours montré un intérêt particulier pour l'électro-nographie. Ceci est dû, d'une part au travail de pionnier d'André LALLEMAND (1904-1978), d'autre part au fait que les caméras électroniques sont bien adaptées aux observations astronomiques, en particulier, avec les grands télescopes.

De plus, l'Observatoire de Paris possède l'infrastructure nécessaire pour développer ces récepteurs. Leurs qualités sont:

- a) - Ils sont efficaces. Le rendement quantique des photocathodes est supérieur à 10% dans le bleu et le rendement quantique équivalent de l'ensemble cathode - émulsion est supérieur à 8%.
- b) - Ils ont peu ou pas de bruit. Par suite le rapport signal sur bruit est limité essentiellement par le bruit du signal parasite dû à la lumière du fond du ciel.
- c) - Ce sont des récepteurs linéaires. C'est à dire que le début de la courbe caractéristique éclairage - densité optique est une droite et ceci permet une photométrie précise.
- d) - Ils sont propres. Les caméras électroniques produites en France, sont les récepteurs d'images qui ont le moins de lumière diffusée.
- e) - La surface utile est grande. Jusqu'à celle d'un cercle de diamètre 81mm.

RECEPTEURS NOUVEAUX POUR LE TELESCOPE C.F.H.

Ces qualités reconnues ont encouragé la Société du Télescope C.F.H. et l'Institut National d'Astronomie et Géophysique (INAG) à prévoir 3 types de caméras pour équiper ce grand télescope. L'une de ces caméras,

la caméra a vanne, fait l'objet d'une autre communication à ce Colloque. Les deux autres modèles sont décrits ici.

A.- Caméra électrostatique C.F.H. de 40mm.

La réalisation et les essais du prototype dont l'étude a débuté en 1974, sont terminés et la fabrication des matériels prévus dans la Convention passée avec la Société du Télescope C.F.H. a commencé.

Le principe de cette caméra est identique à celui des caméras électroniques en verre de 20 et 30mm de diamètres utiles, en fonctionnement, depuis de nombreuses années, dans plusieurs observatoires. Elle est à focalisation électrostatique à 3 électrodes. Nous avons conservé, pour la mise en place de la photocathode, la méthode de transfert à partir d'une ampoule en verre dans laquelle est fabriquée, en dehors du tube, la couche photosensible; cette méthode, éprouvée depuis 1955, donne entière satisfaction, en particulier, elle permet une diminution très importante de l'émission parasite due à la présence de la vapeur de césium.

Cette caméra devant être utilisée principalement en spectrographie avec un objectif de chambre très ouvert, nous nous sommes efforcés de réduire au maximum la distance entre la glace de fermeture et la photocathode. Pour le prototype réalisé, cette distance est de 48mm. Pour conserver au tube des dimensions raisonnables et augmenter le nombre de plaques du magasin, nous avons adopté un grandissement linéaire de 0,6. Le magasin de plaques électrographiques est prévu avec 24 plaques. Pour la photographie directe, il sera possible d'envisager la réalisation d'un barillet à 10 plaques permettant d'enregistrer la totalité de l'image électronique de la photocathode. L'Observatoire étant situé à l'altitude 4200m, nous avons étudié, par une simulation sous pression réduite, l'influence de l'altitude sur le comportement du récepteur sous tension de travail et la consommation des vases de Dewar en air liquide. Les résultats sont satisfaisants.

Caractéristiques de la caméra électronique de 40mm de diamètre:

Dimensions: longueur 920mm, largeur 152mm, hauteur 890mm;
 Poids de la caméra: 13 Kg; poids du support blindage magnétique; 13 Kg;
 Tension totale d'accélération des photoélectrons: 20-25 Kv;
 Nombre de plaques utilisables en spectroscopie: 24;
 Grandissement linéaire: 0,6;
 Stabilité de la sensibilité des couches photosensibles: excellente
 stabilité lorsque la photocathode, après sa libération de l'ampoule
 et sa mise en position sur l'optique électronique, a atteint sa
 température d'équilibre;
 Résolution: 40 dt/mm en position fixe, 30 dt/mm lorsque le tube se
 déplace pendant une pose d'une heure (influence du champ magnétique
 terrestre et des flexions).

Emission parasite: inappréciable sur film Kodak Industrex pour des poses de 30 min.

B - Caméra électronique Lallemand "Grand Champ" (INAG).

Cette caméra (figure 1) a déjà été décrite (Lallemand et al., 1970, 1974, 1976). L'emploi principal prévu est la photométrie bidimensionnelle, dans le système U B V, au foyer Cassegrain F/8 ($F \approx 30m$) du télescope C.F.H. Le financement d'un ensemble de trois caméras est assuré par l'Institut National d'Astronomie et de Géophysique.

Caractéristiques principales:

Diamètre des émulsions: 81mm (10 minutes d'arc sur le ciel);
Grandissement: 1;
Résolution: 50 dt/mm sur le bord, 100 dt/mm dans la région centrale;
Nombre d'éléments-images ("pixels") pour une résolution moyenne de 70 dt/mm: $30 \cdot 10^6$;
Nombre de films dans le porte-plaques: 9;
Emission parasite (meilleurs tubes): $D \leq 0,04$ /heure sur film Kodak Industrex A avec une tension d'accélération de 25 KV et un champ magnétique de 162,5 oersteds (3 boucles).

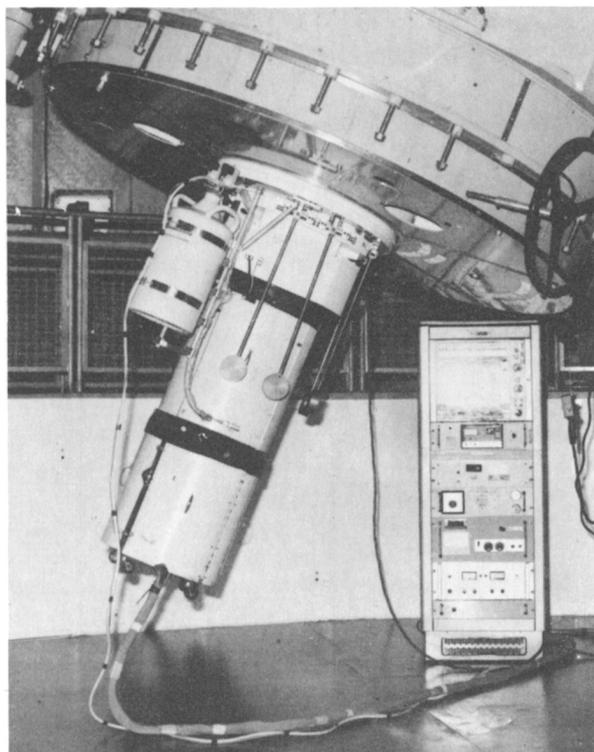


Figure 1. Caméra électronique Lallemand Grand Champ au foyer Cassegrain du télescope 193cm de l'Observatoire de Haute-Provence.

Le porte plaques et la photocathode sont refroidis à l'aide d'azote liquide, par une alimentation automatique. La pression dans le tube est de l'ordre de 1.10^{-9} Torr. Un sélecteur de films permet de choisir l'émulsion que l'on désire exposer; au besoin on peut remettre en position plusieurs fois la même plaque. La dixième plaque constitue l'obturateur. Le temps nécessaire à la préparation d'un tube est de 24 heures.

La sensibilité des photocathodes est bonne et l'on ne décèle pas de défauts sur les clichés (figures 2 et 3), même pour les plus longues poses (3h 15min). La qualité des images est bonne jusqu'au bord: les films sont utilisables sur toute leur surface (\emptyset 81mm). Trois petites zones permettent d'enregistrer éventuellement l'émission parasite et de la dissocier du fond du ciel (figure 5).

Ce récepteur est pur et sa dynamique est grande; elle a permis de mesurer l'épaisseur des anneaux de Saturne, sans montage coronographique, lors du passage de la Terre dans le plan de ces anneaux en Mars 1980, bien que la planète elle-même soit surexposée de 50 à 300 fois (figure 4). Ceci est une preuve de la pureté du récepteur.

Photométrie incorporée dans le cliché

A notre connaissance, ce récepteur est le seul permettant d'obtenir directement la courbe caractéristique de l'émulsion utilisée et cela dans des conditions identiques à celles du cliché astronomique; dans ce but, on projette sur le bord du cliché, une série de plages d'éclairement différent (figure 5).

LE LABORATOIRE DES PHOTOCATHODES

Ce laboratoire est installé depuis 1979 dans des locaux modernes et fonctionnels. Il possède en particulier une salle à flux d'air filtré, équipée d'enceintes à flux laminaire de classe 100, conçues pour assurer le dépoussièrage, l'assemblage et le scellement des cellules dans des conditions optimales.

Le Service "Photocathodes" de l'Observatoire de Paris a une activité de production et une activité de recherche et de développement. Deux à trois cents photocathodes, de qualité astronomique, de type S11, sont fabriquées chaque année et livrées aux Observatoires français et étrangers équipés de caméras électroniques: Observatoire de Haute-Provence, Observatoire du Pic du Midi, Observatoire Européen Austral au Chili, Télescope Canada-France-Hawaii. Leur sensibilité est très élevée. Depuis 1980 des photocathodes sensibles de type S20, de 20 et 30mm de diamètre, sont réalisées et utilisées dans ces sites. Les développements en cours portent sur:

- La réalisation de photocathodes de type S20 de 81mm de diamètre adaptées à la caméra électronique "Grand Champ".
- La réalisation de photocathodes infrarouges de type S1 utilisables dans les caméras électroniques. Les couches S1 ont une excellente

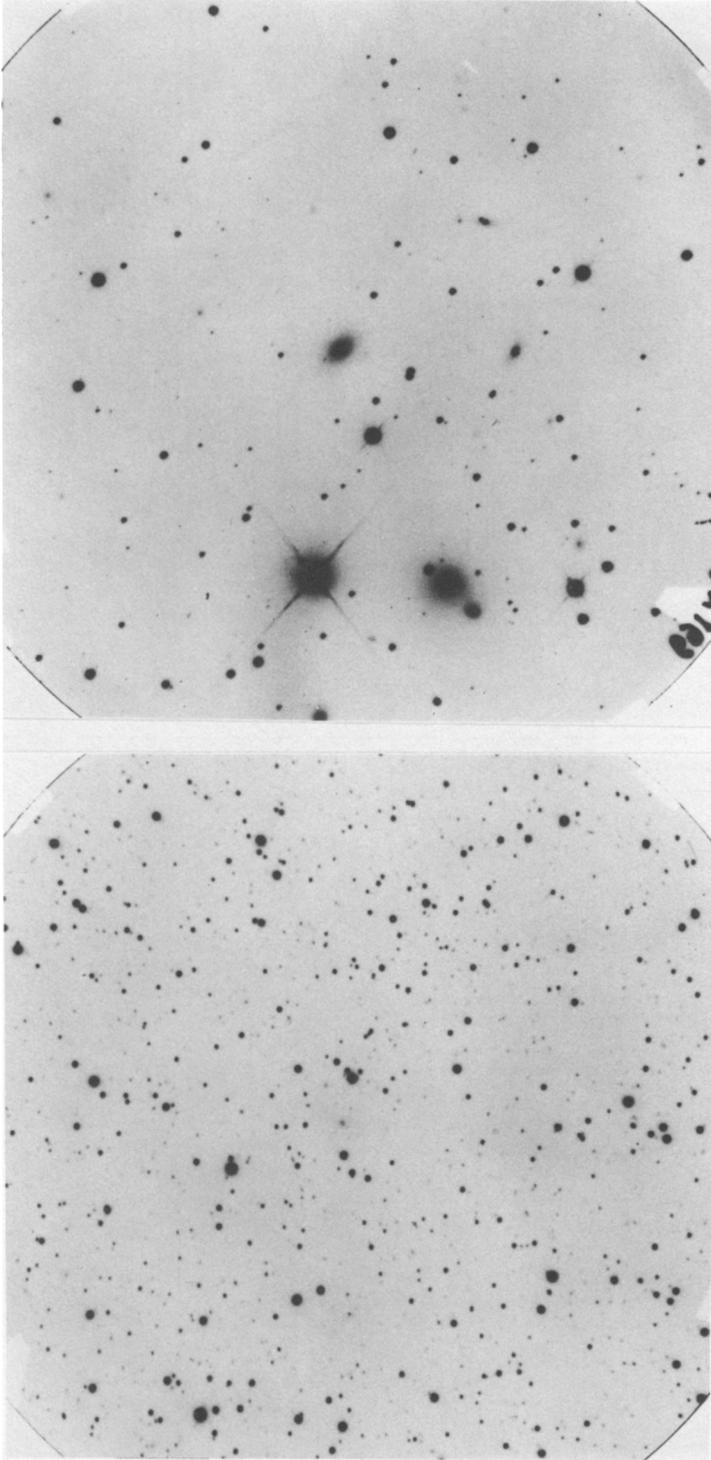


Figure 2. Radiosource Cygnus A; Couleur V, 60min
(Wlérick, Rambaud, Renard, Servan).

Figure 3. Radiosources 3C 66A et 3C 66B;
Couleur V, 145min (Wlérick, Servan).

(C.N.R.S., Observatoire de Haute Provence, télescope 193cm, caméra électronique Grand Champ, emulsion
Kodak Electron Image, tension 25 KV)

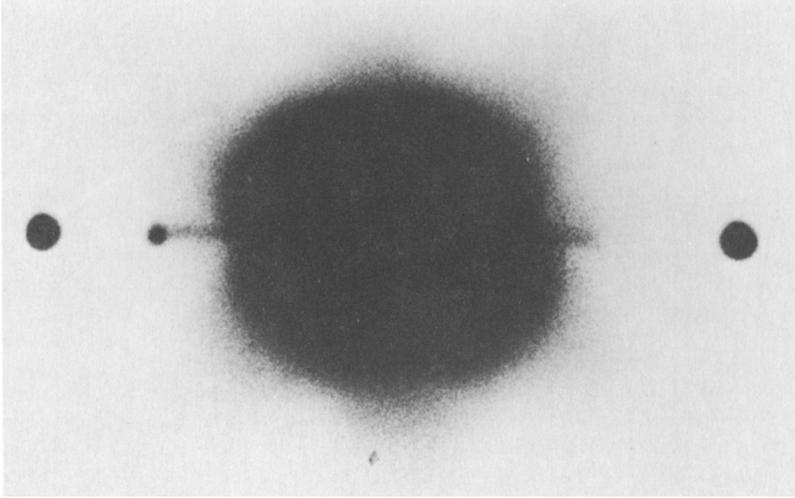


Figure 4. Planète Saturne, couleur V, pose 30 sec, pris le 12 Mars 1980, jour où la Terre traversait le plan des anneaux, heure de pose 22^h50 TU; il a été nécessaire de surexposer 100 fois le globe de la planète. (Wlérick, Servan, Renard)

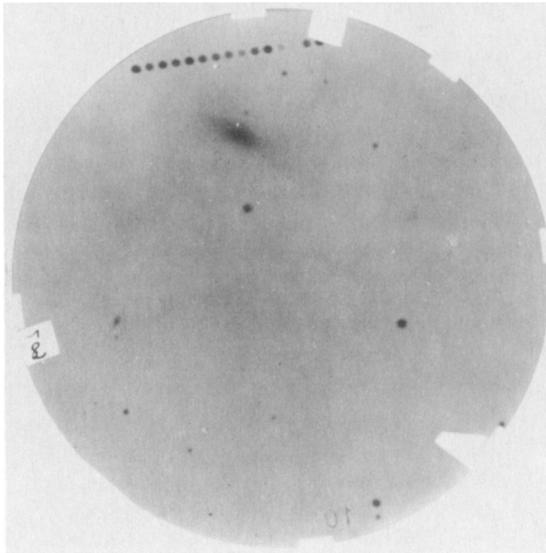


Figure 5. Galaxie NGC 4694 montrant les plages de calibration et les 3 zones périphérique qui permettant de mesurer l'émission parasite de la caméra pendant la pose; on voit que, pour ce cliché elle est négligeable. Couleur V, pose 94min, emulsion Kodak Electron Image (Wlérick, Servan, Cayette, Renard, Horville)

sensibilité dans leur ampoule de fabrication mais leur utilisation dans la caméra se heurte à deux difficultés principales: l'évolution de la sensibilité au cours du temps pour les grandes longueurs d'onde; la variation très importante de la sensibilité d'une région à l'autre de la photocathode.

UTILISATION DE LA CAMERA ELECTRONIQUE GRAND CHAMP A L'OBSERVATOIRE DE HAUTE-PROVENCE (C.N.R.S.)

Le miroir primaire du télescope utilisé a un diamètre de 193cm. Au foyer Cassegrain, ouvert à F/15, la longueur focale équivalente est $F = 28,5m$, elle est donc voisine de celle du télescope C.F.H. et le champ angulaire enregistré est 10'. En plus de la surveillance de Saturne (Sicardy et al., 1980), la plupart des observations ont été consacrées à la photométrie des radiosources (Lelièvre et al., 1980). La figure 2 montre une pose sur Cygnus A et la figure 3 est relative aux sources 3C 66A et 3C 66B. Pour cette dernière source, 3C 66B, nous n'observons pas de jet en couleur V (Wlérick, 1981) alors que Butcher et al. en ont détecté un en couleur B; ce jet doit donc être très bleu. La figure 2 illustre bien la grande uniformité qu'il est possible d'obtenir pour la photocathode ainsi que l'homogénéité et la propreté de l'émulsion Kodak Electron Image. Sur la figure 3, on remarque une étoile brillante; son image présente seulement la croix de diffraction pas d'aigrettes, pas de halo, ... Ceci est une nouvelle preuve de la propreté de l'ensemble télescope-récepteur.

MAGNITUDES LIMITES PREVUES AVEC LE TELESCOPE DE 3,6m A HAWAII

A - Spectrographe Casshawec et caméra électrostatique de 40mm

Nous avons pris, pour base de calcul, les résultats obtenus avec des télescopes de 1,5m (O.H.P. et E.S.O.) et les Spectrographes Echelec équipés d'une caméra électronique. Nous pensons obtenir, dans le bleu, pour une pose de 1 heure, un spectre correctement posé (mais non élargi) d'une étoile de magnitude $B=18$, avec une dispersion de 60 A/mm sur la photocathode.

B - Caméra électronique Grand Champ au foyer Cassegrain F/8

Nous avons extrapolé les résultats obtenus avec le télescope de 1,93m de l'O.H.P., au foyer F/5, équipé d'une caméra électronique de 21mm de diamètre (Wlérick, 1971; Wlérick et Lelièvre, 1971). Les calculs ont été effectués en utilisant celle des formules de Baum (1962) qui est valable dans le cas non saturé; ceci est une hypothèse raisonnable pour un foyer Cassegrain ouvert à F/8. La magnitude limite est supposée correspondre à une valeur du rapport signal sur bruit égal à 4. Nous avons envisagé diverses durées de pose et une qualité d'images d'au tant meilleure, que l'exposition était plus courte. Les résultats sont rassemblés dans le tableau 1.

On remarque que le récepteur est particulièrement puissant. Une de ses propriétés remarquables est sa sensibilité dans l'ultraviolet; il conviendra d'exploiter cette propriété dans le site de montagne d'Hawaii.

Tableau 1

Couleur			V	B	U
magnitude du fond du ciel à Mauna Kea par [1"] ²			21,6	22,2	21,5
	durée	images largeur 1/2 H			
magnitude limite	15 min	0"6	25,3	25,5	24,6
	1 h	0"8	25,7	25,9	25,0
	4 h	1"	26,2	26,4	25,5

REFERENCES

- Baum, W.: 1962, "Astronomical Techniques", éd. W.A. Hiltner, University of Chicago Press, p.1.
- Lallemand, A., Servan, B., Renard, L.: 1970, Comptes Rendus Acad. Sci. Paris 270, p.385.
- Lallemand, A., Servan, B., Renard, L.: 1974, "Proceedings of the Conference on Electrography and Astronomical Applications", Austin, Texas (U.S.A.), éd. G.L. Chincarini, P.J. Griboval and H.J. Smith, pp.29-36.
- Lallemand, A., Servan, B., Renard, L.: 1976, Colloque U.A.I. N° 40, "Applications Astronomiques des Récepteurs d'images à Réponse Linéaire", éd. par M. Duchesne et G. Lelièvre, p.I-1.
- Lelièvre, G., Wlérick, G., Servan, B., Renard, L.: 1980, Comptes-Rendus du Colloque: "Application de la Photométrie Bidimensionnelle à l'Astrophysique", Toulouse, 22-24 Avril.
- Sicardy, B., Wlérick, G., Brahic, A., Lacques, P., Lecacheux, J., Servan, B., Despiou, R., Michet, D. et Renard, L.: 1980, Comptes-Rendus Acad. Sci. Paris 291, série B, p.209.
- Wlérick, G.: 1971, Proceedings ESO/CERN Conference on Large Telescope Design, Geneve, ed. R.M. West, pp. 265-272.
- Wlérick, G.: 1981, Proceedings ESO/ESA Workshop: "Optical Jets in Galaxies", Munich, ESA SP-162, pp.29-35.
- Wlérick, G. et Lelièvre, G.: 1971, Comptes-Rendus Acad. Sci. Paris, 273, p.989.

ABSTRACT. New electronographic image tubes are being developed at Paris Observatory for use with the CFH Telescope in Hawaii; the properties and performances of these detectors are discussed.