

Mauna Loa site in Hawaii, on instrumented aircraft operated by the National Center for Atmospheric Research, and on the Skylab (formerly ATM) and OSO-1 spacecraft.

Application of Fourier Techniques to Solar Data. In collaboration with Brault (Kitt Peak National Observatory), White applied Fourier Transform to noisy (i.e., real data). The development of the Fast Fourier Transform algorithm and the application of optimum filter technique now permit a 'best' numerical solution to the correction problem for real data. As a result we can now specify constraints on the data collection process to insure that the Fourier representation of the data is accurate enough for good recovery of the true profile. This method also permits construction the optimum numerical filter from the data (05.021.008).

A Computer-Controlled Infrared Eclipse Telescope. An F/8, chopped, dual beam, gyroscopically pointed telescope has been constructed for use in obtaining infrared (7–13 μ) observations of the spectrum of the thermal emission of the solar corona. The instrument employs a scanning Michelson interferometer with germanium beam splitter and a germanium bolometer operated at 2K. The resulting interferograms are stored on magnetic tape. A small general purpose digital computer is used for experimental control and data processing. A fourier transformed spectrum may be generated on operator request (Lee, MacQueen and Mankin, 04.032.040).

The High Altitude Observatory Stokes Polarimeter. The successful use of the HAO longitudinal magnetograph at Climax to study prominence magnetic fields (see Tandberg-Hanssen 1970 for a review of the literature), prompted Tandberg-Hanssen to plan a full Stokes polarimeter in the hope of investigating the vector field in prominences. The design concepts of the polarimeter are mainly due to Beckers and Lee, while Baur, Curtis, Hull and Rush have been responsible for building the instrument. One of the unique aspects of this instrument is that it is designed to operate at low light levels so that the Stokes spectrum of prominences and even the corona can be measured, and an elaborate calibrative scheme has been devised by Baur.

The polarimeter employs two electro-optic light modulators (KDP cells) driven at different frequencies, followed by a quarter wave plate and a polaroid. The two beams from the polaroid are fed to two photocells, and by taking the sum and difference signals from the cells, the four Stokes parameters are obtained, using three lock-in amplifiers.

The instrument was tested successfully on the big spar of the Sacramento Peak Observatory coronagraph in February 1972. After some modification and being brought under computer control, it is hoped that it will be operational during the winter of 1972–73 (Tandberg Hausen, 04.073.059).

V. B. NIKONOV

President of Commission

JOINT WORKING GROUP OF COMMISSIONS 9 AND 46 FOR
EXCHANGE OF EQUIPMENT

A Circular Letter was sent to the directors of all astronomical institutes and observatories asking if there is any possibility for loaning some types of astronomical equipment.

Many answers were received up to November 1972, all of them negative. Some observatories have already loaned their excess equipment. Another, recently organized, does not have such equipment.

N. N. MIHELSON

Chairman of the Working Group

GROUPE DE TRAVAIL SUR L'EMPLOI EN ASTRONOMIE
DES RÉCEPTEURS PHOTOÉLECTRIQUES D'IMAGES

Introduction

L'emploi de ces récepteurs a continué à se développer au cours des deux dernières années. Cette activité est confirmée par l'organisation de plusieurs réunions spécialisées et par la parution d'articles de synthèse, notamment :

(1) Symposium on astronomical Use of Television Type Image Sensors, Mai 1970, édité par la NASA, sous le No. SP-256, en 1971.

(2) Fifth Symposium on Photoelectronic Image Devices, Londres, 1972, dont les comptes-rendus paraissent actuellement dans: *Advances in Electronics and Electron Physics*, 33A et 33B; il y sera fait référence par la mention (*AE*, page xxx).

(3) Symposium 'Advanced Electronic Systems for Astronomy', 1971, dont les comptes-rendus sont parus dans: *P.A.S.P.*, 1972, 84, pp. 74-220

(4) Article de G. Caruthers: 'Electronic Imaging Devices in Astronomy', *Astrophysics and Space Science*, 1971, 14, p. 332

(5) En outre W. Livingston prépare un nouvel article de synthèse.

Depuis la rédaction du rapport précédent (*Trans. UAI, ZIV A*, 'Reports on Astronomy', p. 68-70) certaines évolutions sont apparues, notamment: la vocation photométrique de l'électronographie s'est affirmée et l'électronographie a montré également les services qu'elle pouvait rendre en recherche spatiale; l'emploi des convertisseurs à écran luminescent a continué à se développer, en même temps que leurs limitations sont mieux apparues; à cause de ces limitations, on a développé des systèmes complexes du type convertisseurs plus appareil de télévision capables de fonctionner en compteur de photons. Enfin l'emploi direct de la télévision s'est développé aussi bien en recherche spatiale qu'en spectroscopie au sol.

1. *Electronographie*

(a) *Centres de développements*: Tous les centres signalés dans le rapport précédent ont continué leurs travaux, à l'exception apparemment du groupe formé par Decker et Mestwerdt. A l'Observatoire de Paris Lallemand et ses collaborateurs (1970) ont mis au point une caméra électronique à focalisation magnétique ayant une photocathode de 8.3 cm de diamètre. L'encombrement du tube est relativement faible. Un raccord optique a été construit pour l'utiliser avec divers télescopes en 1973. Duchesne a réétudié l'optique électronique des objectifs à immersion à trois électrodes pour obtenir une définition meilleure que 40 d. tm^{-1} dans un champ de 30 ou 40 mm. Les caméras électroniques correspondantes sont destinées principalement à la spectroscopie dans le visible et l'infrarouge. A la station de l'U.S. Naval Observatory à Flagstaff (Arizona), Kron a légèrement modifié la caméra électronique à vanne pour obtenir un grandissement égal à 1, mieux approprié à la photométrie que le grandissement 0.5. Combes, Felenbok et leurs collaborateurs développent à Meudon une caméra à vanne pour le visible et l'infrarouge (*AE*, 7), et une caméra à focalisation magnétique par bobine supraconductrice (*AE*, 1). A Londres, McGee et ses collaborateurs ont continué les travaux visant à étendre le champ du Spectracon à fenêtre de mica (*AE*, 13) et Oliver a étudié les sources de bruit de ce tube (*AE*, 27). Une version commerciale du spectracon a été réalisée. A Austin (Texas), Griboval a continué la mise au point d'une caméra électronique, à focalisation magnétique de 5 cm de diamètre, utilisant une fenêtre d' Al_2O_3 dont l'épaisseur est de l'ordre de 0.5 μm et les recherches se poursuivent pour la réalisation de membranes étanches un peu plus épaisses. Un nouveau centre de développement a été créé: au Royal Greenwich Observatory McMullan et ses collaborateurs étudient un spectracon à grand champ, à fenêtre de mica, en utilisant une vanne pour éviter de soumettre cette grande fenêtre à la pression atmosphérique (*AE*, 37).

(b) *Propriétés photométriques*: l'électronographie permet d'effectuer pour les astres faibles ($18 < B < 23$) une photométrie strictement équivalente à celle que l'on réalise avec les photomultiplicateurs d'électrons pour les étoiles d'éclat moyen ($B < 20$). Ceci repose sur l'association de deux phénomènes linéaires. La photoémission reste linéaire aux plus faibles flux enregistrés (Duchesne et Vigier, 1971). L'émulsion électronique présente une relation linéaire 'Eclairement-Densité optique', au moins jusqu'à une certaine valeur de la densité. Ce dernier problème avait été bien étudié lors des réunions de la Commission 9 à Brighton en 1970; depuis, la question a été reprise par Cohen et Kahan (*AE*, 53) et par Griboval *et al.* (*AE.*, 67).

La précision que l'on peut obtenir en photométrie stellaire par électronographie a été étudiée à Cerro-Tololo par Walker (*A.E.*, 697), à Flagstaff par Hewitt *et al.* (*A.E.*, 737) et Kron (1970), à Meudon par Wlérick et Michet (1972), Lelièvre et Wlérick (*A.E.*, 719), à Yale par B. Newell, à

Harvard, à Londres par Bacik *et al.* (*A.E.*, 747) et Cullum *et al.* (*A.E.*, 757). La précision dépend de facteurs relatifs aux clichés (finesse de l'émulsion, échelle, importance de la turbulence atmosphérique, ...) et de facteurs relatifs au microdensitomètre qui analyse ces clichés (précision des mouvements micrométriques suivant les deux directions d'analyse, stabilité thermique, ...). Avec une échelle de 60" par mm, des émulsions L4 et un microdensitomètre JOYCE, Kron estime l'erreur à 0.05 mag. et Hewitt construit un microdensitomètre 'précis' qui pourrait conduire à une erreur de 1%. Avec une échelle plus grande, 20" par mm, Walker atteint avec un 'JOYCE', les précisions internes suivantes, en bleu ou en jaune: pour $m=16.5$, $\Delta m = \pm 0.02$; pour $m=20.5$ $\Delta m = \pm 0.05$ et pour $m=22.5$, $\Delta m = \pm 0.15$. Ces résultats sont obtenus en utilisant seulement la coupe centrale de l'image et Walker indique que les erreurs internes doivent être deux fois plus petites en tenant compte de toutes les coupes, selon la méthode d'Hewitt (1969). Dans le cas des champs stellaires peu encombrés. Wlérick *et al.* (1971) ont mis au point une méthode qui doit amener la précision maximale: ils utilisent le fond du ciel comme critère de sensibilité globale *in situ*.

L'électronographie permet d'enregistrer sur un seul cliché des données photométriques si nombreuses que leur extraction devient un réel problème; celui-ci est étudié activement à Flagstaff, Yale et Londres.

(c) *Emplois en Astronomie au sol*: L'électronographie a été utilisée intensivement en Haute-Provence, à Flagstaff, Herstmonceux et Cerro-Tololo A l'observatoire de Haute-Provence une série de travaux spectrographiques à haute résolution ont été effectués par Baranne, G. et R. Cayrel, Duchesne, Lecontel *et al.* (1970), F. et M. Spite. Des clichés en *UBV* de radiosources faibles ont été obtenus et analysés par Wlérick et Lelièvre (1971, 1972), notamment de la source 3C 173; la magnitude limite $B_{lim} = 24.3$ a été atteinte dans le bleu. Des clichés infrarouges de galaxies et nébuleuses planétaires ont été pris par Duchesne et Andrillat (1971). Une caméra spéciale a été utilisée lors d'une éclipse totale de Soleil par Fort *et al.* (1971). M. Walker (1970, 1971, 1972) a publié les diagrammes ($V, B-V$) de 3 amas globulaires des nuages de Magellan obtenus à partir de clichés pris à Cerro-Tololo avec le spectracon; le même récepteur est utilisé au premier foyer du télescope Isaac Newton à Herstmonceux pour la détection et la photométrie de radiosources (Bacik *et al.*, *A.E.*, 747). A Flagstaff, la caméra électronique à vanne est utilisée régulièrement; elle est bien adaptée à la photométrie d'objets nébuleux tels que le jet de 3C 273 (Kron *et al.*, 1972) et le jet de M 87 (Ables et Kron, 1972); elle est employée aussi pour la photométrie des galaxies irrégulières par Ables et celle des amas globulaires par Kron et Newell. Elle sert également à l'étude des étoiles doubles.

(d) *Emplois en Astronomie spatiale*: depuis 5 ans, Carruthers emploie régulièrement l'électronographie dans des instruments du type chambre de Schmidt destinés à la spectroscopie ou la photographie spatiales (Carruthers, 1969). Les résultats sont nombreux et concernent l'espace interstellaire (molécules, atomes, poussières, ...) et les étoiles chaudes (Carruthers *et al.*, 1967 à 1971). Il a confié aux astronautes d'Apollo 16 une caméra analogue, qui a pris, à partir de la Lune, des photographies et des Spectres en direction de la Terre. Ces clichés ont apporté des résultats nouveaux sur la géocouronne, les zones aurorales, les arcs auroraux tropaux (Carruthers et Page, 1972).

2. Convertisseurs d'images

(a) *Installation dans les observatoires*: les convertisseurs fournis par l'industrie équipent un nombre de plus en plus grand d'observatoires. Dans le précédent rapport nous avons signalé les installations au Mont-Palomar, à Lick et à Kitt-peak. Presque tous les grands observatoires sont pourvus actuellement de ces récepteurs et notamment: Haute-Provence, MacDonald, Mount Stromlo, La Silla (*E.S.O.*), ... On dispose maintenant de tubes à fenêtre transparente dans l'ultra-violet; le diamètre de la photocathode est en général limité à 40 mm; l'observatoire du Mont-Palomar doit recevoir un tube de 90 mm. Les gains par rapport à la photographie classique restent ceux annoncés depuis quelques années: 5 à 10 dans le bleu, de l'ordre de 40 dans le vert.

(b) *Observations*: Ces tubes servent principalement à la Spectroscopie; ils sont utilisés également en photographie en particulier en lumière $H\alpha$ (Hodge, 1970, Deharveng et Pellet, 1970). Leur emploi est

extrêmement poussé avec certains instruments: ainsi lorsque le télescope de 2.10 m de Kitt-Peak est utilisé au foyer Cassegrain, 80% des observations sont effectuées avec des convertisseurs; de même ces tubes servent pendant 90% du temps total d'observation au télescope de 2.20 m de l'Observatoire Steward. Un des emplois a été l'étude du spectre des quasars, radiogalaxies, galaxies compactes et galaxies de Markarian (mesure du décalage vers le rouge, importance des raies d'émission, évolution temporelle,...).

Les convertisseurs à photocathode sensible dans l'ultraviolet sont utilisables pour les expériences réalisées avec les fusées (Deharveng). Les convertisseurs à plusieurs étages ont un niveau de sortie de lumière élevé et on se propose de les utiliser au centrage d'astres très faibles dans un champ ou au guidage d'astres faibles avec un spectrographe (Rickard, *E.S.O.*), ou à la stabilisation des images planétaires (Baum *et al.*, *A.E.*, 781).

3. Télévision

L'emploi de la télévision s'est développé au sol et dans l'espace au cours des dernières années. Une des raisons tient au fait que les signaux de télévision sont bien adaptés aux traitements par les calculatrices électroniques. Une autre raison tient à l'augmentation des temps d'intégration des cibles.

(a) *Emploi au sol*: Des tubes 'Images isocon' ont été employés en spectroscopie par Walker *et al.* (*A.E.*, 819) qui utilisent aussi des vidicons refroidis à diode de silicium sensibles jusqu'à 1.1 μm . Un 'Image orthicon' est utilisé par Dunlap *et al.* (*A.E.*, 789). Le Vidicon S.E.C. (secondary electron conduction) est employé par divers groupes notamment à Princeton et Palomar par Zucchini et Lowrance (*A.E.*, 801). Ce dernier tube, utilisé par Lowrance *et al.* 1972) au foyer Coudé du télescope de 5 m du Mont Palomar, a permis la spectroscopie avec une résolution $\approx 0.1 \text{ \AA}$ d'astres faibles tels que le quasar PHL 957 ($B=16.9$), avec 6 heures d'intégration.

(b) *Emploi pour le guidage et la reconnaissance de champ*: De nombreux observatoires s'équipent avec des appareils de télévision pour visualiser les astres faibles ou pour suivre ces astres sur la fente d'un spectrographe. L'emploi le plus spectaculaire est celui qui a été fait avec le plus grand télescope, le 5 m du Mont-Palomar, par Dennison (*A.E.*, 795); il utilise un convertisseur couplé à une caméra S.E.C. et deux tubes à mémoire à cible de silicium; avec un temps d'intégration de 10 s, le ciel nocturne apparaît de même qu'une étoile ou une galaxie de magnitude 21; avec un peu plus d'intégration, on peut détecter une étoile de magnitude 22 alors que la limite visuelle est la magnitude 19; en outre on peut travailler à distance du télescope, dans la salle de contrôle.

(c) *Emploi dans l'espace*: L'emploi le plus spectaculaire a été fait avec les sondes Mariner dirigées vers Mars (Mariner 9 Television-Experiment Team, 1972, équipe de 27 membres dirigée par Masursky). A l'aide de vidicon, on a pu effectuer la cartographie générale de la Planète, découvrir un volcanisme plus développé que sur la Terre, un relief complexe, des effondrements, des canyons, des traces d'érosion qui indiquent que Mars a pu avoir dans le passé une atmosphère dont les propriétés étaient très différentes de celles de l'atmosphère actuelle. L'observation des Satellites de Mars, particulièrement de Phobos, indique qu'il s'agit de gros cailloux, de forme très irrégulière, ayant reçu de nombreux impacts, ayant souffert d'éclats et possédant un albedo extrêmement faible (0.04 à 0.05).

D'autres applications ont été les prises de vue de champs célestes en ultraviolet avec l'O.A.O. (orbiting astronomical observatory). Enfin, pendant les émissions Apollo, l'utilisation de la télévision a revêtu une grande importance opérationnelle. L'emploi de la télévision est prévu dans les prochaines expériences avec des ballons et des sondes spatiales. On se propose d'utiliser les vidicons S.E.C. ayant une surface utile de $50 \times 50 \text{ mm}$.

(d) *Autres emplois*: Les appareils de télévision ont de nombreuses autres utilisations, notamment en Physique solaire, au sol ou dans l'espace. Par exemple Giovannelli utilise deux vidicons pour l'analyse de clichés monochromatiques pris dans des longueurs d'onde un peu différentes de part et d'autre de H α : il en déduit des vitesses radiales sur le Soleil. De même un microphotomètre commercial utilise un vidicon comme moyen de digitaliser l'information.

4. Récepteurs d'images comptant les photons

L'électronographie forme des images et chaque élément du cliché compte les photons reçus. Ce compteur de photons a une très grande capacité d'informations et le problème est d'extraire cette information après la prise du cliché en utilisant un microdensitomètre à débit élevé. Les convertisseurs d'images ne peuvent fonctionner en compteurs de photons parce qu'ils utilisent un écran fluorescent et une plaque photographique dont les réponses ne sont pas linéaires; il en résulte des difficultés pour utiliser quantitativement les photographies et les spectres d'astres très faibles parce que l'on ne sait pas faire la soustraction de la lumière du fond du ciel. Divers chercheurs ont eu l'idée d'associer un convertisseur d'images et un appareil de télévision ou un dissecteur d'images. Le convertisseur d'images a plusieurs étages et un grand gain et il fournit une scintillation visible pour un photoélectron unique; l'appareil de télévision ou le dissecteur balaye l'image et envoie dans une mémoire une information sur la scintillation observée et sa localisation. Il faut régler le débit des photons pour que, dans un cycle de balayage, la probabilité pour qu'il se produise une scintillation sur une aire élémentaire soit de l'ordre de 1/10. Diverses réalisations ont été effectuées. Les premières applications astronomiques réalisées ou prévues sont dans le domaine de la spectrophotométrie: on dispose d'environ 1000 aires élémentaires pour le spectre de l'astre et 1000 aires pour le spectre du ciel nocturne qu'il faut soustraire: Robinson et Wampler, 1972; Boksenberg *et al.* (*A.E.*, 835); McGee, Morgan *et al.* (*A.E.*, 851), Beaver *et al.* (*A.E.*, 863).

On peut utiliser aussi des vidicons comprenant des mosaïques de diodes au silicium (McMullan *et al.*, *A.E.*, 873); Morgan et McGee proposent aussi d'employer un spectracon associé à un réseau de telles diodes.

Le problème devient plus difficile quand on analyse des images suivant deux dimensions. Un tel récepteur est actuellement en construction par une équipe Observatoire du Mont-Palomar - Observatoire de Princeton. La mémoire comprendra 65 000 mots correspondant à un carré de 250 × 250 aires élémentaires. On prévoit qu'en 30 min cet appareil fournira avec le télescope de 5 m du Mont-Palomar, 10 000 coups par aire élémentaire de ciel nocturne et qu'une étoile de 27^e mag. correspondra à un supplément de brillance de 1 % par rapport au fond du ciel c'est à dire à un écart quadratique moyen. L'extraction des informations sera facile avec ce dispositif. Il sera intéressant de comparer ses possibilités intrinsèques à celles de l'électronographie pour la mesure des astres les plus faibles.

Conclusion

Ce rapport ne comprend pas les travaux effectués en U.R.S.S., qui doivent figurer dans le rapport général. D'autre part, il contient presque sûrement des omissions; elles sont involontaires. Même réduit ainsi, son contenu montre l'intense activité qui règne dans le domaine des récepteurs photo-électriques d'images. Ils sont utilisés dans tous les secteurs de l'observation astronomique et ont permis l'obtention de résultats décisifs, qu'il s'agisse de l'observation des Planètes, de la photométrie ou de la spectroscopie des astres très faibles. Les récepteurs linéaires en cours de mise au point doivent amener de nouveaux progrès.

Je remercie W. Livingston, J. D. McGee et M. Walker qui m'ont fourni des éléments importants pour la rédaction.

RÉFÉRENCES

- Ables, H., Kron, G. 1972, *Astrophys. J.*, à paraître.
 Carruthers, G. 1969, *Appl. Optics*, **8**, 633.
 Carruthers, . 1967, *Astrophys. J.*, **148**, L141; 1968, **151**, 269; 1969, L97 et **157**, L113; 1970, **161**, L81 et **162**, L121, 1971, **166**, 349 et 543.
 Carruthers, G., Page, T. 1972, *Science*, **177**, 788.
 Deharveng, J. M., Pellet, A. 1970, *Astron. and Astrophys.*, **9**, 181.
 Duchesne, M., Andriolat, Y. 1972, *l'Astronomie*, **86**, 381.
 Duchesne, M., Vigier, J. P. 1971, *Comptes-rendus Acad. Sci. Paris*, **273**, 911.
 Fort, B., Picat, J. P., Combes, M., Felenbok, P. 1971, *Astron. and Astrophys.*, **17**, 55.

- Hewitt, A. 1969, *P.A.S.P.*, **81**, 541.
Hodge, P. 1970, *Sky and Tel.*, **39**.
Kron, G., Ables, H., Hewitt, A. 1972, *P.A.S.P.*, **84**, 303.
Kron, G. 1970, in *Astronomical Use of television Type image sensors*, ed. par Borcarino, NASA, SP 256, p. 207.
Lallemand, A., Renard, L., Servan, B. 1970, *Comptes-rendus Acad. Sci. Paris*, **270**, 385.
Lowrance, J. L., Morton, D. C., Zucchini, P., Oke, J. B., Schmidt, M., 1972, *Astrophys. J.* **171**, 233.
Mariner 9 Television-Experiment Team, 1972, *Sky and Tel.*, **44**, p. 77.
Robinsin, L. B., Wampler, E. J. 1972, *Astron. J.*, **84**, 161.
Walker, M. F. 1970, *Astrophys. J.*, **161**, 835 et 1971; *ibid*, **167**, 1 et 1972, *M.N.R.A.S.*, **156**, 459.
Wlérick, G., Lelièvre, G. 1971, *Comptes-rendus Acad. Sci. Paris*, **273**, 989.
Wlérick, G., Lelièvre, G., Véron, P. 1971, *Astron. and Astrophys.*, **11**, 142.
Wlérick, G., Lelièvre, G. 1972, *Astron. and Astrophys.*, **16**, 53.
Wlérick, G., avec la collaboration de D. Michet. 1972, *ESO-CERN Conference on Auxiliary Instrumentation for Large Telescope*, Genève, ed. par Lausten et Reitz, p. 421.

G. WLÉRICK

Président du Groupe de Travail

(1) Symposium on astronomical Use of Television Type Image Sensors, Mai 1970, édité par la NASA, sous le No. SP-256, en 1971.

(2) Fifth Symposium on Photoelectronic Image Devices, Londres, 1972, dont les comptes-rendus paraissent actuellement dans: *Advances in Electronics and Electron Physics*, 33A et 33B; il y sera fait référence par la mention (*AE*, page xxx).

(3) Symposium 'Advanced Electronic Systems for Astronomy', 1971, dont les comptes-rendus sont parus dans: *P.A.S.P.*, 1972, 84, pp. 74-220

(4) Article de G. Caruthers: 'Electronic Imaging Devices in Astronomy', *Astrophysics and Space Science*, 1971, 14, p. 332

(5) En outre W. Livingston prépare un nouvel article de synthèse.

Depuis la rédaction du rapport précédent (*Trans. UAI, ZIV A*, 'Reports on Astronomy', p. 68-70) certaines évolutions sont apparues, notamment: la vocation photométrique de l'électronographie s'est affirmée et l'électronographie a montré également les services qu'elle pouvait rendre en recherche spatiale; l'emploi des convertisseurs à écran luminescent a continué à se développer, en même temps que leurs limitations sont mieux apparues; à cause de ces limitations, on a développé des systèmes complexes du type convertisseurs plus appareil de télévision capables de fonctionner en compteur de photons. Enfin l'emploi direct de la télévision s'est développé aussi bien en recherche spatiale qu'en spectroscopie au sol.

1. Electronographie

(a) *Centres de développements*: Tous les centres signalés dans le rapport précédent ont continué leurs travaux, à l'exception apparemment du groupe formé par Decker et Mestwerdt. A l'Observatoire de Paris Lallemand et ses collaborateurs (1970) ont mis au point une caméra électronique à focalisation magnétique ayant une photocathode de 8.3 cm de diamètre. L'encombrement du tube est relativement faible. Un raccord optique a été construit pour l'utiliser avec divers télescopes en 1973. Duchesne a réétudié l'optique électronique des objectifs à immersion à trois électrodes pour obtenir une définition meilleure que 40 d. tm^{-1} dans un champ de 30 ou 40 mm. Les caméras électroniques correspondantes sont destinées principalement à la spectroscopie dans le visible et l'infrarouge. A la station de l'U.S. Naval Observatory à Flagstaff (Arizona), Kron a légèrement modifié la caméra électronique à vanne pour obtenir un grandissement égal à 1, mieux approprié à la photométrie que le grandissement 0.5. Combes, Felenbok et leurs collaborateurs développent à Meudon une caméra à vanne pour le visible et l'infrarouge (*AE*, 7), et une caméra à focalisation magnétique par bobine supraconductrice (*AE*, 1). A Londres, McGee et ses collaborateurs ont continué les travaux visant à étendre le champ du Spectracon à fenêtre de mica (*AE*, 13) et Oliver a étudié les sources de bruit de ce tube (*AE*, 27). Une version commerciale du spectracon a été réalisée. A Austin (Texas), Griboval a continué la mise au point d'une caméra électronique, à focalisation magnétique de 5 cm de diamètre, utilisant une fenêtre d' Al_2O_3 dont l'épaisseur est de l'ordre de 0.5 μm et les recherches se poursuivent pour la réalisation de membranes étanches un peu plus épaisses. Un nouveau centre de développement a été créé: au Royal Greenwich Observatory McMullan et ses collaborateurs étudient un spectracon à grand champ, à fenêtre de mica, en utilisant une vanne pour éviter de soumettre cette grande fenêtre à la pression atmosphérique (*AE*, 37).

(b) *Propriétés photométriques*: l'électronographie permet d'effectuer pour les astres faibles ($18 < B < 23$) une photométrie strictement équivalente à celle que l'on réalise avec les photomultiplicateurs d'électrons pour les étoiles d'éclat moyen ($B < 20$). Ceci repose sur l'association de deux phénomènes linéaires. La photoémission reste linéaire aux plus faibles flux enregistrés (Duchesne et Vigier, 1971). L'émulsion électronique présente une relation linéaire 'Eclairement-Densité optique', au moins jusqu'à une certaine valeur de la densité. Ce dernier problème avait été bien étudié lors des réunions de la Commission 9 à Brighton en 1970; depuis, la question a été reprise par Cohen et Kahan (*AE*, 53) et par Griboval *et al.* (*AE.*, 67).

La précision que l'on peut obtenir en photométrie stellaire par électronographie a été étudiée à Cerro-Tololo par Walker (*A.E.*, 697), à Flagstaff par Hewitt *et al.* (*A.E.*, 737) et Kron (1970), à Meudon par Wlérick et Michet (1972), Lelièvre et Wlérick (*A.E.*, 719), à Yale par B. Newell, à

Harvard, à Londres par Bacik *et al.* (*A.E.*, 747) et Cullum *et al.* (*A.E.*, 757). La précision dépend de facteurs relatifs aux clichés (finesse de l'émulsion, échelle, importance de la turbulence atmosphérique,...) et de facteurs relatifs au microdensitomètre qui analyse ces clichés (précision des mouvements micrométriques suivant les deux directions d'analyse, stabilité thermique,...). Avec une échelle de 60" par mm, des émulsions L4 et un microdensitomètre JOYCE, Kron estime l'erreur à 0.05 mag. et Hewitt construit un microdensitomètre 'précis' qui pourrait conduire à une erreur de 1%. Avec une échelle plus grande, 20" par mm, Walker atteint avec un 'JOYCE', les précisions internes suivantes, en bleu ou en jaune: pour $m=16.5$, $\Delta m = \pm 0.02$; pour $m=20.5$ $\Delta m = \pm 0.05$ et pour $m=22.5$, $\Delta m = \pm 0.15$. Ces résultats sont obtenus en utilisant seulement la coupe centrale de l'image et Walker indique que les erreurs internes doivent être deux fois plus petites en tenant compte de toutes les coupes, selon la méthode d'Hewitt (1969). Dans le cas des champs stellaires peu encombrés. Wlérick *et al.* (1971) ont mis au point une méthode qui doit amener la précision maximale: ils utilisent le fond du ciel comme critère de sensibilité globale *in situ*.

L'électronographie permet d'enregistrer sur un seul cliché des données photométriques si nombreuses que leur extraction devient un réel problème; celui-ci est étudié activement à Flagstaff, Yale et Londres.

(c) *Emplois en Astronomie au sol*: L'électronographie a été utilisée intensivement en Haute-Provence, à Flagstaff, Herstmonceux et Cerro-Tololo A l'observatoire de Haute-Provence une série de travaux spectrographiques à haute résolution ont été effectués par Baranne, G. et R. Cayrel, Duchesne, Lecontel *et al.* (1970), F. et M. Spite. Des clichés en *UBV* de radiosources faibles ont été obtenus et analysés par Wlérick et Lelièvre (1971, 1972), notamment de la source 3C 173; la magnitude limite $B_{lim} = 24.3$ a été atteinte dans le bleu. Des clichés infrarouges de galaxies et nébuleuses planétaires ont été pris par Duchesne et Andrillat (1971). Une caméra spéciale a été utilisée lors d'une éclipse totale de Soleil par Fort *et al.* (1971). M. Walker (1970, 1971, 1972) a publié les diagrammes ($V, B-V$) de 3 amas globulaires des nuages de Magellan obtenus à partir de clichés pris à Cerro-Tololo avec le spectracon; le même récepteur est utilisé au premier foyer du télescope Isaac Newton à Herstmonceux pour la détection et la photométrie de radiosources (Bacik *et al.*, *A.E.*, 747). A Flagstaff, la caméra électronique à vanne est utilisée régulièrement; elle est bien adaptée à la photométrie d'objets nébuleux tels que le jet de 3C 273 (Kron *et al.*, 1972) et le jet de M 87 (Ables et Kron, 1972); elle est employée aussi pour la photométrie des galaxies irrégulières par Ables et celle des amas globulaires par Kron et Newell. Elle sert également à l'étude des étoiles doubles.

(d) *Emplois en Astronomie spatiale*: depuis 5 ans, Carruthers emploie régulièrement l'électronographie dans des instruments du type chambre de Schmidt destinés à la spectroscopie ou la photographie spatiales (Carruthers, 1969). Les résultats sont nombreux et concernent l'espace interstellaire (molécules, atomes, poussières,...) et les étoiles chaudes (Carruthers *et al.*, 1967 à 1971). Il a confié aux astronautes d'Apollo 16 une caméra analogue, qui a pris, à partir de la Lune, des photographies et des Spectres en direction de la Terre. Ces clichés ont apporté des résultats nouveaux sur la géocouronne, les zones aurorales, les arcs auroraux tropaux (Carruthers et Page, 1972).

2. Convertisseurs d'images

(a) *Installation dans les observatoires*: les convertisseurs fournis par l'industrie équipent un nombre de plus en plus grand d'observatoires. Dans le précédent rapport nous avons signalé les installations au Mont-Palomar, à Lick et à Kitt-peak. Presque tous les grands observatoires sont pourvus actuellement de ces récepteurs et notamment: Haute-Provence, MacDonald, Mount Stromlo, La Silla (*E.S.O.*),... On dispose maintenant de tubes à fenêtre transparente dans l'ultra-violet; le diamètre de la photocathode est en général limité à 40 mm; l'observatoire du Mont-Palomar doit recevoir un tube de 90 mm. Les gains par rapport à la photographie classique restent ceux annoncés depuis quelques années: 5 à 10 dans le bleu, de l'ordre de 40 dans le vert.

(b) *Observations*: Ces tubes servent principalement à la Spectroscopie; ils sont utilisés également en photographie en particulier en lumière $H\alpha$ (Hodge, 1970, Deharveng et Pellet, 1970). Leur emploi est

extrêmement poussé avec certains instruments: ainsi lorsque le télescope de 2.10 m de Kitt-Peak est utilisé au foyer Cassegrain, 80% des observations sont effectuées avec des convertisseurs; de même ces tubes servent pendant 90% du temps total d'observation au télescope de 2.20 m de l'Observatoire Steward. Un des emplois a été l'étude du spectre des quasars, radiogalaxies, galaxies compactes et galaxies de Markarian (mesure du décalage vers le rouge, importance des raies d'émission, évolution temporelle,...).

Les convertisseurs à photocathode sensible dans l'ultraviolet sont utilisables pour les expériences réalisées avec les fusées (Deharveng). Les convertisseurs à plusieurs étages ont un niveau de sortie de lumière élevé et on se propose de les utiliser au centrage d'astres très faibles dans un champ ou au guidage d'astres faibles avec un spectrographe (Rickard, *E.S.O.*), ou à la stabilisation des images planétaires (Baum *et al.*, *A.E.*, 781).

3. Télévision

L'emploi de la télévision s'est développé au sol et dans l'espace au cours des dernières années. Une des raisons tient au fait que les signaux de télévision sont bien adaptés aux traitements par les calculatrices électroniques. Une autre raison tient à l'augmentation des temps d'intégration des cibles.

(a) *Emploi au sol*: Des tubes 'Images isocon' ont été employés en spectroscopie par Walker *et al.* (*A.E.*, 819) qui utilisent aussi des vidicons refroidis à diode de silicium sensibles jusqu'à 1.1 μm . Un 'Image orthicon' est utilisé par Dunlap *et al.* (*A.E.*, 789). Le Vidicon S.E.C. (secondary electron conduction) est employé par divers groupes notamment à Princeton et Palomar par Zucchini et Lowrance (*A.E.*, 801). Ce dernier tube, utilisé par Lowrance *et al.* 1972) au foyer Coudé du télescope de 5 m du Mont Palomar, a permis la spectroscopie avec une résolution $\approx 0.1 \text{ \AA}$ d'astres faibles tels que le quasar PHL 957 ($B=16.9$), avec 6 heures d'intégration.

(b) *Emploi pour le guidage et la reconnaissance de champ*: De nombreux observatoires s'équipent avec des appareils de télévision pour visualiser les astres faibles ou pour suivre ces astres sur la fente d'un spectrographe. L'emploi le plus spectaculaire est celui qui a été fait avec le plus grand télescope, le 5 m du Mont-Palomar, par Dennison (*A.E.*, 795); il utilise un convertisseur couplé à une caméra S.E.C. et deux tubes à mémoire à cible de silicium; avec un temps d'intégration de 10 s, le ciel nocturne apparaît de même qu'une étoile ou une galaxie de magnitude 21; avec un peu plus d'intégration, on peut détecter une étoile de magnitude 22 alors que la limite visuelle est la magnitude 19; en outre on peut travailler à distance du télescope, dans la salle de contrôle.

(c) *Emploi dans l'espace*: L'emploi le plus spectaculaire a été fait avec les sondes Mariner dirigées vers Mars (Mariner 9 Television-Experiment Team, 1972, équipe de 27 membres dirigée par Masursky). A l'aide de vidicon, on a pu effectuer la cartographie générale de la Planète, découvrir un volcanisme plus développé que sur la Terre, un relief complexe, des effondrements, des canyons, des traces d'érosion qui indiquent que Mars a pu avoir dans le passé une atmosphère dont les propriétés étaient très différentes de celles de l'atmosphère actuelle. L'observation des Satellites de Mars, particulièrement de Phobos, indique qu'il s'agit de gros cailloux, de forme très irrégulière, ayant reçu de nombreux impacts, ayant souffert d'éclats et possédant un albedo extrêmement faible (0.04 à 0.05).

D'autres applications ont été les prises de vue de champs célestes en ultraviolet avec l'O.A.O. (orbiting astronomical observatory). Enfin, pendant les émissions Apollo, l'utilisation de la télévision a revêtu une grande importance opérationnelle. L'emploi de la télévision est prévu dans les prochaines expériences avec des ballons et des sondes spatiales. On se propose d'utiliser les vidicons S.E.C. ayant une surface utile de $50 \times 50 \text{ mm}$.

(d) *Autres emplois*: Les appareils de télévision ont de nombreuses autres utilisations, notamment en Physique solaire, au sol ou dans l'espace. Par exemple Giovannelli utilise deux vidicons pour l'analyse de clichés monochromatiques pris dans des longueurs d'onde un peu différentes de part et d'autre de H α : il en déduit des vitesses radiales sur le Soleil. De même un microphotomètre commercial utilise un vidicon comme moyen de digitaliser l'information.

4. Récepteurs d'images comptant les photons

L'électronographie forme des images et chaque élément du cliché compte les photons reçus. Ce compteur de photons a une très grande capacité d'informations et le problème est d'extraire cette information après la prise du cliché en utilisant un microdensitomètre à débit élevé. Les convertisseurs d'images ne peuvent fonctionner en compteurs de photons parce qu'ils utilisent un écran fluorescent et une plaque photographique dont les réponses ne sont pas linéaires; il en résulte des difficultés pour utiliser quantitativement les photographies et les spectres d'astres très faibles parce que l'on ne sait pas faire la soustraction de la lumière du fond du ciel. Divers chercheurs ont eu l'idée d'associer un convertisseur d'images et un appareil de télévision ou un dissecteur d'images. Le convertisseur d'images a plusieurs étages et un grand gain et il fournit une scintillation visible pour un photoélectron unique; l'appareil de télévision ou le dissecteur balaye l'image et envoie dans une mémoire une information sur la scintillation observée et sa localisation. Il faut régler le débit des photons pour que, dans un cycle de balayage, la probabilité pour qu'il se produise une scintillation sur une aire élémentaire soit de l'ordre de 1/10. Diverses réalisations ont été effectuées. Les premières applications astronomiques réalisées ou prévues sont dans le domaine de la spectrophotométrie: on dispose d'environ 1000 aires élémentaires pour le spectre de l'astre et 1000 aires pour le spectre du ciel nocturne qu'il faut soustraire: Robinson et Wampler, 1972; Boksenberg *et al.* (*A.E.*, 835); McGee, Morgan *et al.* (*A.E.*, 851), Beaver *et al.* (*A.E.*, 863).

On peut utiliser aussi des vidicons comprenant des mosaïques de diodes au silicium (McMullan *et al.*, *A.E.*, 873); Morgan et McGee proposent aussi d'employer un spectracon associé à un réseau de telles diodes.

Le problème devient plus difficile quand on analyse des images suivant deux dimensions. Un tel récepteur est actuellement en construction par une équipe Observatoire du Mont-Palomar - Observatoire de Princeton. La mémoire comprendra 65 000 mots correspondant à un carré de 250 × 250 aires élémentaires. On prévoit qu'en 30 min cet appareil fournira avec le télescope de 5 m du Mont-Palomar, 10 000 coups par aire élémentaire de ciel nocturne et qu'une étoile de 27^e mag. correspondra à un supplément de brillance de 1 % par rapport au fond du ciel c'est à dire à un écart quadratique moyen. L'extraction des informations sera facile avec ce dispositif. Il sera intéressant de comparer ses possibilités intrinsèques à celles de l'électronographie pour la mesure des astres les plus faibles.

Conclusion

Ce rapport ne comprend pas les travaux effectués en U.R.S.S., qui doivent figurer dans le rapport général. D'autre part, il contient presque sûrement des omissions; elles sont involontaires. Même réduit ainsi, son contenu montre l'intense activité qui règne dans le domaine des récepteurs photo-électriques d'images. Ils sont utilisés dans tous les secteurs de l'observation astronomique et ont permis l'obtention de résultats décisifs, qu'il s'agisse de l'observation des Planètes, de la photométrie ou de la spectroscopie des astres très faibles. Les récepteurs linéaires en cours de mise au point doivent amener de nouveaux progrès.

Je remercie W. Livingston, J. D. McGee et M. Walker qui m'ont fourni des éléments importants pour la rédaction.

RÉFÉRENCES

- Ables, H., Kron, G. 1972, *Astrophys. J.*, à paraître.
 Carruthers, G. 1969, *Appl. Optics*, **8**, 633.
 Carruthers, . 1967, *Astrophys. J.*, **148**, L141; 1968, **151**, 269; 1969, L97 et **157**, L113; 1970, **161**, L81 et **162**, L121, 1971, **166**, 349 et 543.
 Carruthers, G., Page, T. 1972, *Science*, **177**, 788.
 Deharveng, J. M., Pellet, A. 1970, *Astron. and Astrophys.*, **9**, 181.
 Duchesne, M., Andriolat, Y. 1972, *l'Astronomie*, **86**, 381.
 Duchesne, M., Vigier, J. P. 1971, *Comptes-rendus Acad. Sci. Paris*, **273**, 911.
 Fort, B., Picat, J. P., Combes, M., Felenbok, P. 1971, *Astron. and Astrophys.*, **17**, 55.

- Hewitt, A. 1969, *P.A.S.P.*, **81**, 541.
Hodge, P. 1970, *Sky and Tel.*, **39**.
Kron, G., Ables, H., Hewitt, A. 1972, *P.A.S.P.*, **84**, 303.
Kron, G. 1970, in *Astronomical Use of television Type image sensors*, ed. par Borcarino, NASA, SP 256, p. 207.
Lallemand, A., Renard, L., Servan, B. 1970, *Comptes-rendus Acad. Sci. Paris*, **270**, 385.
Lowrance, J. L., Morton, D. C., Zucchini, P., Oke, J. B., Schmidt, M., 1972, *Astrophys. J.* **171**, 233.
Mariner 9 Television-Experiment Team, 1972, *Sky and Tel.*, **44**, p. 77.
Robinsin, L. B., Wampler, E. J. 1972, *Astron. J.*, **84**, 161.
Walker, M. F. 1970, *Astrophys. J.*, **161**, 835 et 1971; *ibid*, **167**, 1 et 1972, *M.N.R.A.S.*, **156**, 459.
Wlérick, G., Lelièvre, G. 1971, *Comptes-rendus Acad. Sci. Paris*, **273**, 989.
Wlérick, G., Lelièvre, G., Véron, P. 1971, *Astron. and Astrophys.*, **11**, 142.
Wlérick, G., Lelièvre, G. 1972, *Astron. and Astrophys.*, **16**, 53.
Wlérick, G., avec la collaboration de D. Michet. 1972, *ESO-CERN Conference on Auxiliary Instrumentation for Large Telescope*, Genève, ed. par Lausten et Reitz, p. 421.

G. WLÉRIK

Président du Groupe de Travail