

# Observations au Kenya de l'Eclipse totale de Soleil du 30 juin 1973

par **D. CARDOEN**, **H. DEBEHOGNE** (\*), **A. DREZE** (\*\*),  
**G. ROLAND** (\*), **P. SIMON** (\*\*\*) et **E. VAN HEMELRIJCK**(\*\*\*).

## 1. INTRODUCTION

L'observation des éclipses totales de Soleil s'applique à diverses études : photométrie, radioastronomie, photographie en couleur et en infrarouge, détermination des instants de contact, polarisation de la lumière coronale, champ stellaire autour du Soleil éclipsé, modifications physiques et chimiques dans l'atmosphère terrestre, détermination de paramètres contribuant à la compréhension des phénomènes atmosphériques à haute ou basse altitude, magnétisme, ne constituant pas une séquence de recherches limitative.

L'obtention d'un champ d'étoiles valable pour effectuer la réduction précise des clichés astrométriques pris au cours d'une éclipse exige, comme chaque type d'étude, un instrument adéquat. Les missions antérieures visant ce but utilisèrent des lunettes aux distances focales variant de 1,5 m à 8 m et plus, ouvertes à  $f/15$  au maximum (Campbell & Trumpler, 1923, 1928 ; Freundlich & al., 1931). Ces instruments, équatoriaux ou équivalents (lunette fixe avec coelostat mobile), servirent à prendre des

---

(\*) Observatoire Royal de Belgique (ORB).

(\*\*) Institut Royal Météorologique (IRM).

(\*\*\*) Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique (IAS).

poses d'une durée supérieure à 30 secondes. Il nous a paru utile de tester un instrument à grande ouverture ( $f/5,6$ ), type de test dont les résultats ne furent jamais présentés à notre connaissance, permettant la prise de poses courtes et qui pourrait donc être azimutal. Les calculs de la déviation des rayons lumineux au voisinage de la masse solaire, effectués sur les clichés rapportés par les expéditions précédentes, ne concordent ni entre eux (Danjon, 1932), ni avec la théorie (Le Roux, 1921) ; l'effet au bord du Soleil devrait atteindre théoriquement  $1'',745$ .

Disposant d'un télescope d'un mètre de distance focale, nous avons décidé l'observation du champ stellaire bien que l'échelle ne permette pas d'espérer une précision supérieure à  $0'',2$  car cette dernière valeur reste en dessous des écarts entre les calculs précédents. La grande ouverture semblait ne pas devoir exiger une monture équatoriale pour des temps de pose d'une seconde. Un équatorial « Cardoen » et un appareil photographique électrique Hasselblad complétaient l'équipement destiné à l'observation de cette éclipse totale.

Cette note décrit les conditions expérimentales, montre quelques clichés obtenus au Kenya, tire les leçons de cette expérience quant au matériel à emporter lors d'expéditions futures et présente quelques considérations classiques ou inédites au sujet du traitement des clichés et des méthodes de réduction à appliquer dans ce cas précis de détermination de la déviation des rayons lumineux.

## 2. CONDITIONS D'OBSERVATION

L'éclipse du 30 juin 1973 présentait une durée exceptionnellement longue ( $7^m04^s$ ) en un point situé par  $4^{\circ}25',1$  de longitude est et  $19^{\circ}07',8$  de latitude nord. La ligne de centralité s'étendait de la Guyane britannique ( $60^{\circ}W$ ,  $4^{\circ}N$ ), jusqu'à l'Océan Indien ( $65^{\circ}E$ ,  $13^{\circ}S$ ), en traversant l'Océan Atlantique puis l'Afrique (la Mauritanie, l'Algérie, le Mali, le Niger, le Tchad, le Soudan, le Kenya et la Somalie).

La base d'observation du groupe des observateurs belges, située à Loyengalani, sur la côte orientale de la partie sud du lac Rodolphe, au Kenya, fut choisie, malgré les difficultés d'accès, en raison des conditions climatiques, favorables à cet endroit.

Les instants des phases de l'éclipse et les coordonnées correspondantes, calculés sur ordinateurs IBM 360/44 de l'Institut Royal Météorologique de Belgique et IBM 1800 de l'Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique figurent au tableau 1.

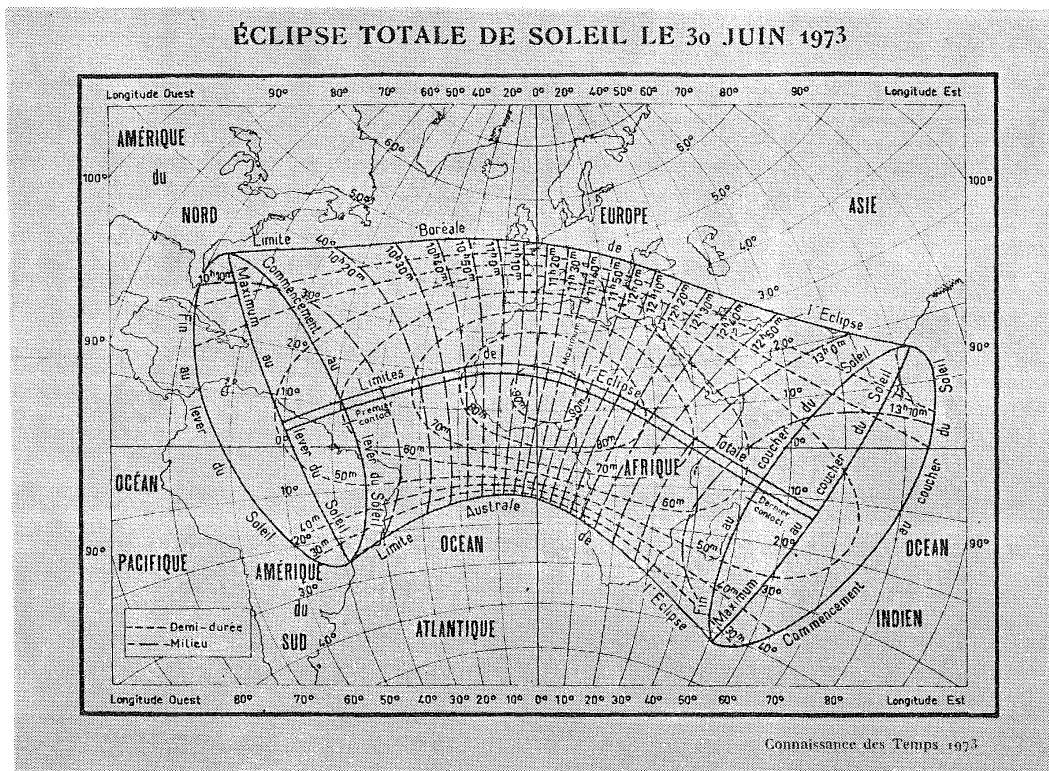


Fig. 1. — Régions concernées par l'éclipse (Connaissance des Temps).

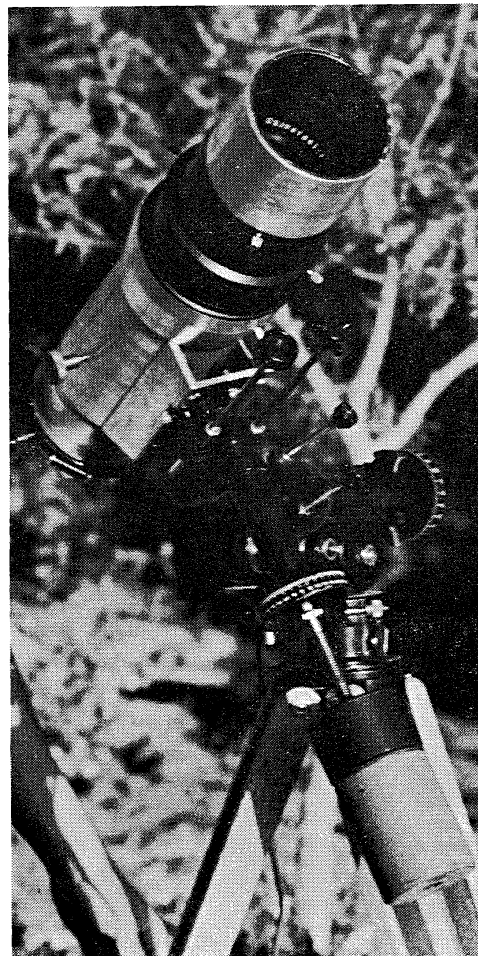


Fig. 2.  
Equatorial « Cardoen »  
( $f = 40$  cm,  $\varnothing = 8$  cm).

TABLEAU 1

*Données numériques concernant les conditions d'observation à Loyengalani*

Longitude est	36°42' 50"
Latitude nord	2°45' 43"
Phases : début	12 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup> T.U.
milieu	13 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup> T.U.
fin	13 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup> 28 <sup>s</sup> T.U.
Hauteur du Soleil	36°44 <sup>h</sup>
Azimut du Soleil	117°15'

### 3. INSTRUMENTS

#### 3.1. Equatorial « Cardoen » (fig. 2)

Equipé d'un objectif Voigtlander (distance focale : 40 cm, diamètre : 8 cm) et monté sur un support Polarex-Unitron avec mécanisme d'entraînement, cet instrument, muni d'un rideau de Linhof, fournit des clichés (6 × 6 cm) des couronnes interne et moyenne sur film Kodak Verichrome (125ASA), (temps de pose : 0,1<sup>s</sup>, objectif ouvert à f/6,3), (fig. 3), et des couronnes moyenne et externe (au-delà de 2 rayons solaires), (pose de 0,5<sup>s</sup>, ouverture relative égale à f/5,6), (fig. 4). L'étoile ε Gemini figurait sur quatre clichés du champ stellaire voisin (pose de 20<sup>s</sup>, ouverture : f/5,6).

#### 3.2. Télescope Zeiss-Iéna

A ce télescope azimutal (fig. 5), ouvert à f/5,6 et d'une distance focale de 1 m, on fixa un boîtier Pentacon six permettant de prendre des clichés de format 6 × 6 cm. Le film utilisé de type Kodak Royal X Pan, vit son développement poussé de façon à atteindre une sensibilité de l'ordre de 2400 ASA.

Le champ de 5° du télescope exigeait une détermination précise préalable des coordonnées et une étude soignée de champs stellaires, photographiés lors d'essais effectués à Uccle, au moyen des cartes et catalogues du Smithsonian Astrophysical Observatory (SAO).

La détermination du plan focal du télescope, vérifiée sur place par photographie, demanda la prise de films d'essais développés grâce à la chambre noire, mise à notre disposition par le groupe d'astronomes améri-

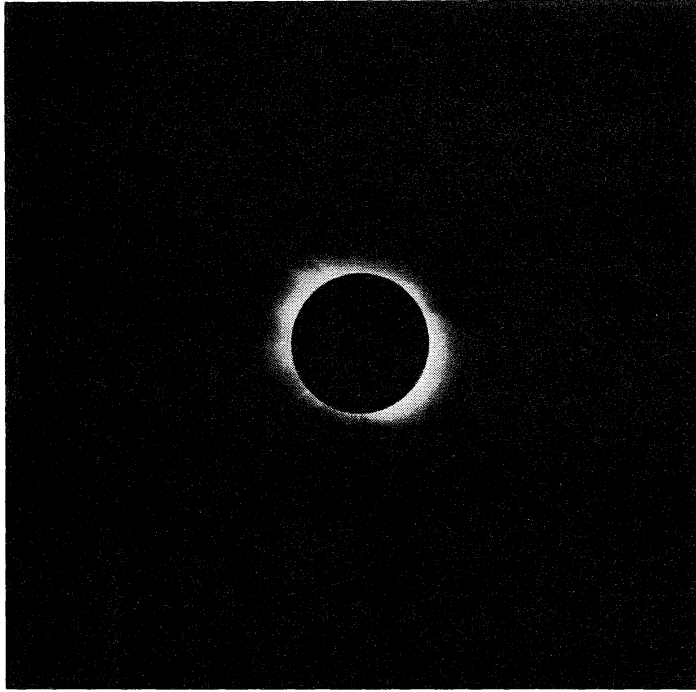


Fig. 3 .— Photo Equatorial « Cardoen ». Pose de 0,1 s.

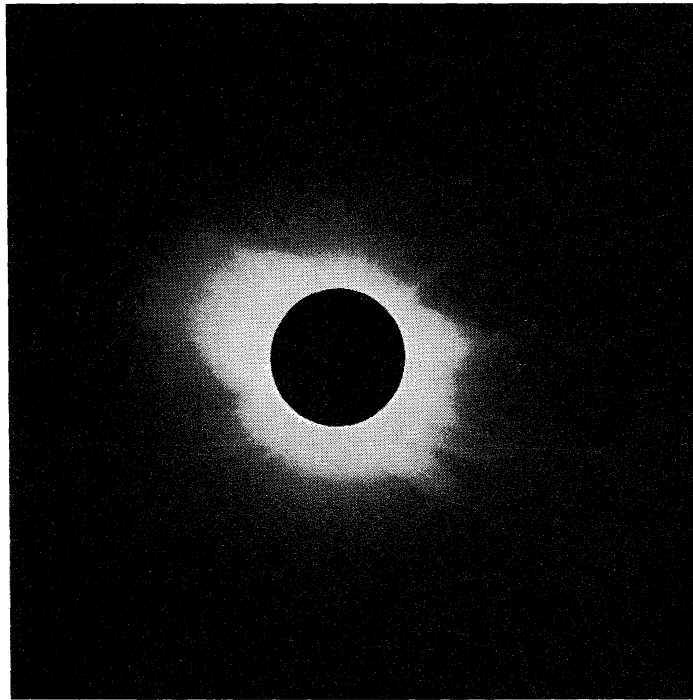


Fig. 4. — Photo Equatorial « Cardoen ». Pose de 0,5 s.

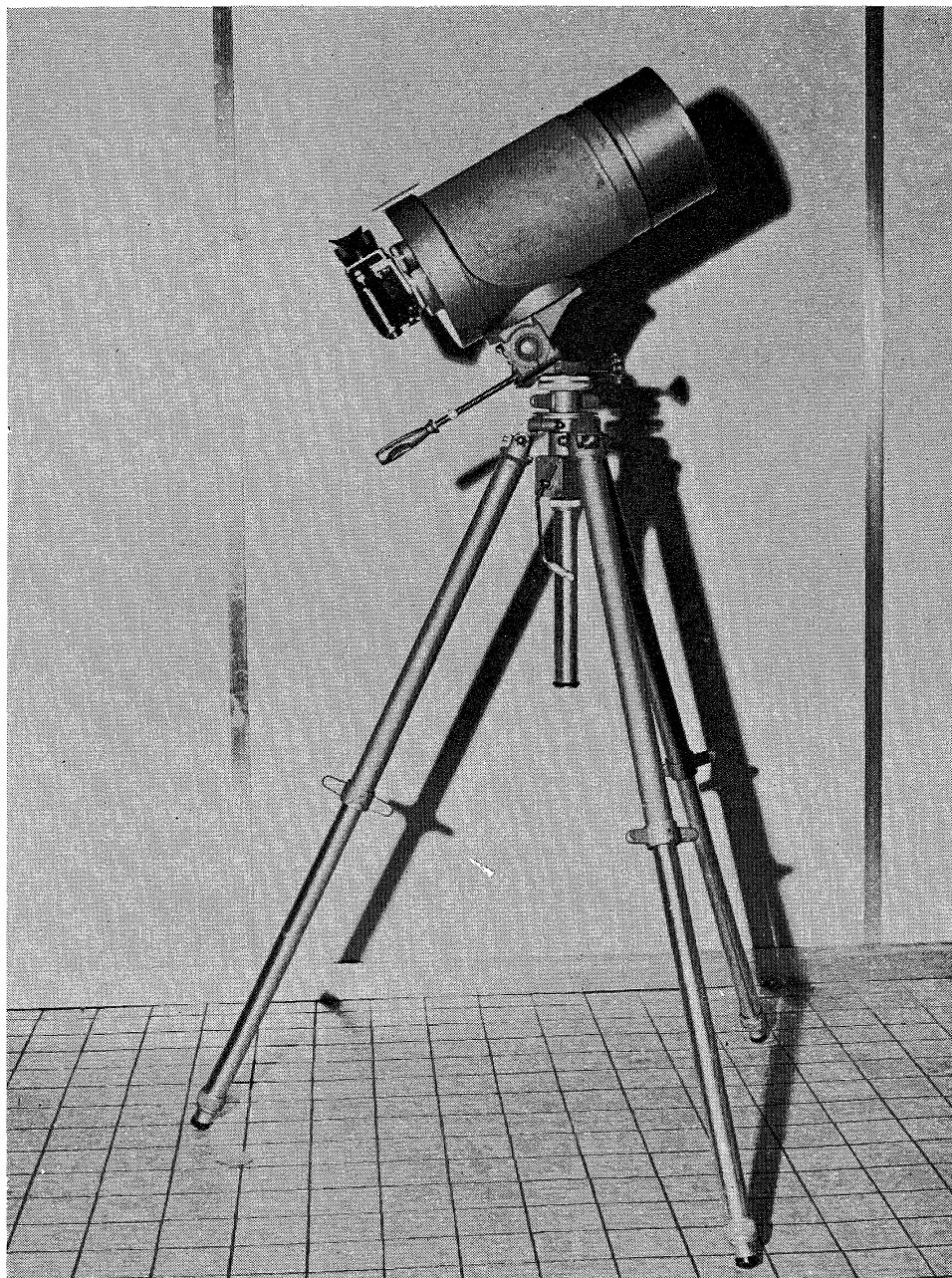


Fig. 5. — Le télescope Zeiss de l'I.A.S.

cains présent sur le lac Rodolphe. Des temps de pose de 1<sup>s</sup> permirent d'atteindre la magnitude stellaire 8,5. M.M. R. Charles (ingénieur), M. Delanghe et J. Lecluyse participèrent au réglage.

### 3.3. Appareil photographique Hasselblad

Un objectif Zeiss de 8 cm de distance focale, ouvert à  $f/2,8$ , équipe cet instrument de type 500 EL, fournissant des clichés de format  $6 \times 6$  cm soit un champ maximal de  $52^\circ \times 52^\circ$ . Le film de type Kodak

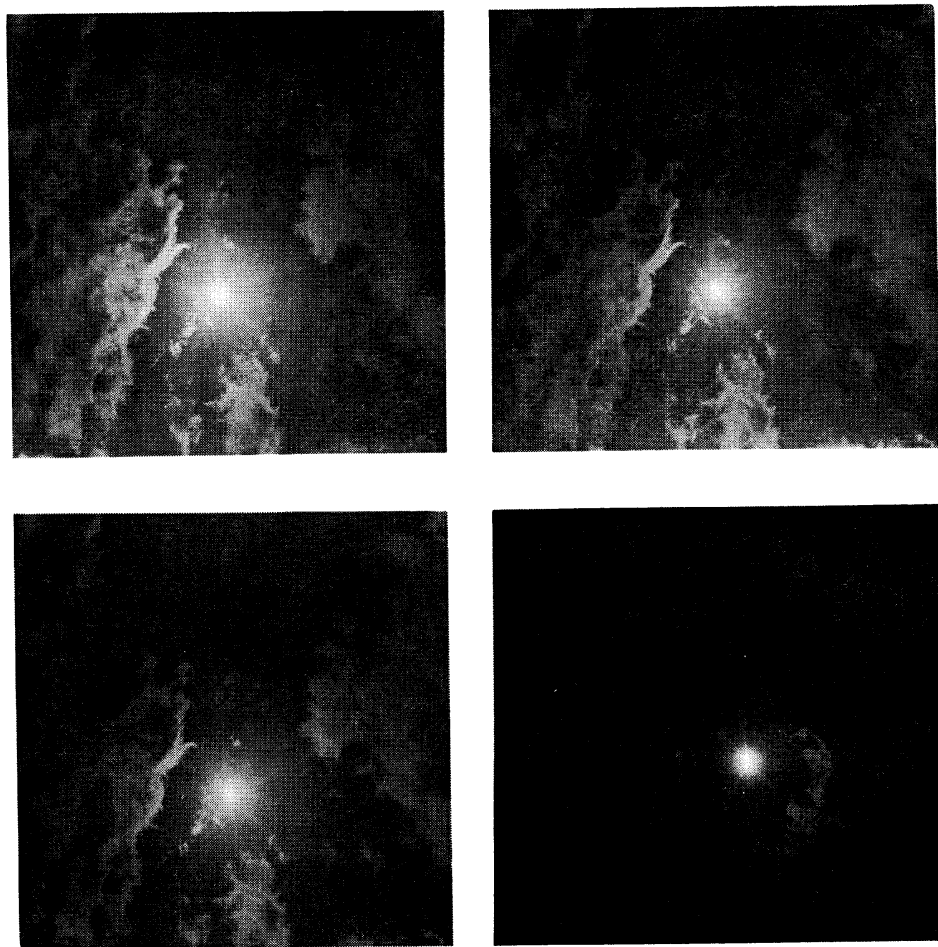


Fig. 6. — (a, b, c, d).

Clichés de la phase partielle entre les premier et deuxième contacts  
(instrument Hasselblad, I.A.S.).

2475, se déroule par commande électrique. L'appareil repose sur un support léger, réglable en azimut et en hauteur. Les figures 6, a, b, c, d donnent des images de la phase partielle de l'éclipse entre les premier et second contacts.

#### 4. METHODE DE REDUCTION ET CONCLUSIONS

Sur un cliché obtenu à l'aide du télescope Zeiss Iena, montrant le Soleil éclipsé et sa couronne, on identifia quatre étoiles, non punctiformes (instrument azimutal). La réduction s'effectuera comme dans le cas de la détermination d'une position ordinaire (Debehogne et Van Hemelrijck, 1972). En envisageant la réduction de clichés très riches en images stellaires, les difficultés résultant soit du petit nombre d'étoiles, soit des erreurs de mesure et de catalogue, disparaissent presque complètement. Par contre, la déviation des rayons lumineux, calculée par les méthodes de réduction classiques devient de plus en plus petite par rapport à la déviation réelle que l'on cherche à déterminer, tout comme l'effet d'une erreur se révèle très inférieur à l'erreur elle-même (Debehogne, 1972). On peut éviter cette difficulté en traitant uniquement les mesures, comme dans les premières expériences (Campbell and Trumpler, 1923) ; on utilise alors des clichés de comparaison (pour déterminer l'échelle), qui s'ajoutent aux deux clichés fondamentaux (celui de l'éclipse et celui pris six mois plus tard) ; mais d'autres complications apparaissent dans cette façon de procéder comme en témoignent les résultats obtenus antérieurement sur un même cliché par des calculateurs différents : ces résultats ne concordent pas (Danjon, 1932).

Nous nous proposons, si le nombre d'étoiles est suffisant et en réalisant les mesures avec grand soin, d'utiliser un réseau de points ou d'étoiles fictives dont nous déterminerons les positions pendant l'éclipse et à six mois d'intervalle. Les mailles de ce réseau doivent « se rétrécir » dans la direction du Soleil.

On calculera ce « rétrécissement » en fonction de la distance au centre du disque solaire, corrigé d'après le nombre d'étoiles réelles utilisées, la formule de transformation et la localisation de chaque maille dans le réseau (Debehogne, 1972). Cette correction s'impose du fait qu'une déviation physique de la lumière issue d'une étoile de référence n'est pas reportée exactement sur la position déduite du calcul par moindres carrés, mais son influence, comme celle des erreurs de catalogues ou de mesures est diminuée plus ou moins suivant le nombre d'étoiles, le degré de la transformation (plus exactement suivant le nombre de termes) et l'endroit du cliché où s'exerce la déviation.

Une variante de ce procédé consiste, partant « de modèles de déviation théoriques », à admettre comme bon celui qui rendra le mieux compte du « rétrécissement » *brut* (non corrigé) calculé par la comparaison des réductions des deux clichés fondamentaux.

Le calcul et l'expérience décideront si cette variante prévaudra.

Une méthode totalement différente consisterait à imprimer sur les clichés des réseaux très fins aussi bien sur le cliché de l'éclipse que sur



celui pris six mois plus tard, comme cela s'est fait pour les clichés de la carte du ciel.

Signalons également que la méthode photométrique pourrait servir à déceler des étoiles dans la couronne. Le champ des appareils de mesure utilisés par la photométrie pouvant ne pas couvrir entièrement le champ du cliché, on imprimerait préalablement un réseau de points sur les plaques photographiques de façon à raccorder les mesures des étoiles de la couronne aux mesures des autres étoiles par l'intermédiaire de ces « étoiles fictives ».

Si, sur le cliché rapporté du Kenya, le petit nombre d'étoiles et leurs images allongées ne permettent pas une réduction précise, à comparer avec la réduction du même champ d'étoiles pris lorsque le Soleil en est absent, les enseignements tirés de cette expérience sont néanmoins précieux : ils imposent l'utilisation d'un équatorial dont le rapport d'ouverture doit être supérieur à 10, la distance focale dépassant 1,5 m ; un coelostat pourra être utilisé pour les grandes distances focales (l'instrument sera alors horizontal) ; le temps de pose variera de 30 à 100 s. suivant le rapport d'ouverture.

Ainsi, il serait souhaitable que lors de la prochaine éclipse totale (20 juin 1974) une mission puisse continuer le travail entrepris avec un instrument du type équatorial d'au moins 1,5 m de distance focale, par exemple dans les environs de la ville d'Augusta, sur la côte sud-ouest de l'Australie. L'étape suivante consisterait à utiliser un instrument horizontal avec coelostat d'une distance focale de 5 à 6 m au minimum.

## REFERENCES

- CAMPBELL, W.W. and TRUMPLER, R.J., Observations on the deflection of light in passing through the sun's gravitational field. (Total solar eclipse of september 21, 1922), *Lick Observatory Bulletin*, 346, 33, 1923.
- CAMPBELL, W.W. and TRUMPLER, R.J., Observations made with a pair of five-foot cameras of the total solar eclipse of september 21, 1922, *Lick Observatory Bulletin*, 397, 130, 1928.
- DANJON, A., Le déplacement apparent des étoiles autour du Soleil éclipsé, *Journal de Physique et le Radium*, 7, 281, 1932.
- DEBEHOGNE, H., Effet d'une erreur dans les réductions des clichés, *Astron. and Astrophys. Suppl.*, 5, 185, 1972.
- DEBEHOGNE, H. et VAN HEMELRIJCK, E., Formules de base pour la détermination de l'altitude des nuages artificiels, *Bull. Acad. Roy. de Belgique, Cl. Sc.*, 58, 513, 1972.
- FREUNDLICH, E., KLUBER, H., und Von BRUNN, A., Ergebnisse der Postdamer Expedition zur Beobachtung der Sonnenfinsternis von 1929, Mai 9, in Takengen (Nord Sumatra), *Über die Ablenkung der Stichtes im Schwerefeld der Sonne, Zeitschrift für Astrophysik*, 3, 171, 1931.
- LEROUX, J., Loi de gravitation et conséquences, *C.R. de l'Acad. des Sciences de Paris*, 172, 1467, 1921.