INSTITUT D'AERONOMIE SPATIALE DE BELGIQUE
3 - Avenue Circulaire
B - 1180 BRUXELLES

AERONOMICA ACTA

A - N° 167 - 1976

Réduction de clichés de champs stellaires pris par télévision avec intensificateur d'image

par

H. DEBEHOGNE et E. VAN HEMELRIJCK

BELGISCH INSTITUUT VOOR RUIMTE-AERONOMIE
3 - Ringlaan
B - 1180 BRUSSEL

AVANT-PROPOS

L'article "Réduction de clichés de champs stellaires pris par télévision avec intensificateur d'image" paraîtra dans "Astronomy and Astrophysics", 1976.

FOREWORD

The article "Réduction de clichés de champs stellaires pris par télévision avec intensificateur d'image" will be published in "Astronomy and Astrophysics", 1976.

VOORWOORD

Het artikel "Réduction de clichés de champs stellaires pris par télévision avec intensificateur d'image" zal verschijnen in "Astronomy and Astrophysics", 1976.

VORWORT

Dieses Artikel "Réduction de clichés de champs stellaires pris par télévision avec intensificateur d'image" wird in "Astronomy and Astrophysics", 1976 herausgegeben werden.

REDUCTION DE CLICHES DE CHAMPS STELLAIRES PRIS PAR TELEVISION AVEC INTENSIFICATEUR D'IMAGE

par

H. DEBEHOGNE* et E. VAN HEMELRIJCK**

* *Observatoire Royal de Belgique, B-1180 Bruxelles*

** *Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique, B-1180 Bruxelles.*

Résumé

Lors de l'expérience spatiale NO-II, conçue à l'Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique et réalisée en septembre 1974 grâce à la collaboration du Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) sur la base de lancement de Kourou en Guyane française, l'altitude des nuages artificiels, crées dans la basse thermosphère, constituait un des paramètres à déterminer.

L'emplacement des quatres stations d'observation a été choisi en fonction des missions et des caractéristiques des différents appareils optiques. On installa notamment deux caméras de télévision (distance focale: 500 mm; ouverture: f/4.5) avec intensificateur d'image à Leblond et Météo, points distants de 15 km environ.

Nous présentons ici les réductions des clichés d'images statiques enregistrées par une de ces caméras et stockées sur bandes magnétiques au moment des lâchers de gaz constituant les nuages. Les clichés mêmes ont été obtenus en laboratoire à l'IASB par une caméra Hasselblad (distance focale: 80 mm; ouverture: f/2.8).

Pour parvenir à de bons résultats, il a fallu expérimenter plusieurs formules de transformation permettant de passer des coordonnées standard (X, Y) aux coordonnées mesurées réelles (x,y). Ceci a déjà été effectué antérieurement par les auteurs pour des instruments de caractéristiques diverses.

Les résultats obtenus se révèlent satisfaisants pour un premier travail de ce genre en astrométrie puisque, dans les meilleurs cas, les moyennes arithmétiques des résidus se situent aux environs de 5 à 9" pour les étoiles de base (référence) et 9 à 11" pour les étoiles-tests.

Abstract

The analysis of the NO-II experiment, realised by the Belgian Institute of Space Aeronomy in September 1974 in collaboration with the Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) at the Kourou launching base in French Guyana, requires the determination of the altitude of the artificial clouds formed in the lower thermosphere.

The geographical position of the four observation sites was chosen as a function of the aims of the experiment and also of the characteristics of the different optical instruments. Two of these instruments were television cameras (focal distance : 500 mm; opening f/4.5), equipped with an image intensificator device and installed at Leblond and Météo. The distance between these observation sites was about 15 km.

In this paper we present the plate reduction study of static stellar pictures, taken by one of the television cameras and stored on magnetic tape during the nitric oxide release. Films of the television pictures were made in our laboratory by means of an Hasselblad camera (focal distance : 80 mm; opening f/2.8).

In order to obtain the best reduction results, we tested many transformation formulae which determine the relationship between the standard coordinates (X, Y) and the measured coordinates (x, y). In the past a similar study was also been made by the authors for instruments with various characteristics.

The obtained accuracies are very satisfactory for a first attempt of this kind in astrometry, since the arithmetic mean error on the position determination is of the order of 5 to 9" for the reference stars and 9 to 11" for the test stars.

Samenvatting

De gegevenverwerking van de NO-II proefneming, verwezenlijkt door het Belgisch Instituut voor Ruimte-Aëronomie in September 1974 in samenwerking met het Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) vanop de lanceerbasis te Kourou in Frans Guyana, vereist de hoogtebepaling van de kunstmatige wolken die in de lage thermosfeer werden gevormd.

De geografische ligging van de vier waarnemingsstations werd gekozen in funktie van de doelstellingen van de proefneming en van de karakteristieken van de verschillende optische instrumenten. Twee van deze instrumenten waren televisiecameras (brandpuntsafstand : 500 mm; opening : f/4.5) uitgerust met een beeldversterker en geïnstalleerd in Leblond en Météo. De afstand tussen deze twee waarnemingsstations was ongeveer 15 km.

In deze tekst bespreken we de plaatreductie van statische afbeeldingen van sterren, genomen door een van de televisiecameras en vastgelegd op magnetische band gedurende het lozen van het stikstofmonoxydegas. Films van de televisiebeelden werden in het laboratorium van het IRA opgenomen door middel van Hasselbladcameras (brandpuntsafstand : 80 mm; opening f/2.8).

Met het oog op het bekomen van de beste reductieresultaten hebben we verscheidene transformatieformules getest. Deze leggen een verband tussen de standardcoordinaten (X, Y) en de gemeten coordinaten (x, y). In het verleden werd door de auteurs een gelijkaardige studie verricht voor instrumenten met verschillende karakteristieken.

De bereikte nauwkeurigheid is zeer bevredigend voor een eerste poging in dit domein van de astrometrie daar de rekenkundig gemiddelde fout op de plaatsbepaling van de grootte-orde is van 5 à 9" voor de referentiesterren en 9 à 11" voor de teststerren.

Zusammenfassung

Die Analyse der NO-II Experimenten, realisiert durch das Belgische Institute für Raumaeronomie in Zusammenarbeit mit dem Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) von der Lancierbasis von Kourou (Guyane française) erfordert die Höhebestimmung der künstlichen Wolken geformt in der unteren Thermosphäre.

Die geografischen Koordinaten der vier Beobachtungsstellen wurden in Funktion der Objektiven der Experimenten und der Charakteristiken der verschiedenen optischen Instrumenten gewählt. Zwei von diesen Instrumenten waren Televisionskameras (Brennweite : 500 mm; Offnung : f/4.5) ausgerüstet mit einem Bildverstärker un installiert in Leblond und Météo. Die Distanz zwischen diesen zwei Beobachtungsstellen war etwa 15 km.

In dieser Text besprechen wir die Plattenreduktion statischen Sternbilder die durch eine der zwei Kameras genommen wurden und die auf Magnetband während des Loslassen von Stickstoffmonoxyd festgelegt wurden. Filmen der Televisionsbilder werden in unserem Laboratorium mittelst einer Hasselbladkamera (Brennweite : 80 mm; Offnung : f/2.8) aufgenommen

Mit Rücksicht auf die besten Reduktionsresultaten haben wir verschiedene Transformationsformeln getestet. Diese Formeln verbinden die Standardkoordinaten (X, Y) mit den gemessenen Koordinaten (x, y). Vorher wurden bei den Verfässer gleichlaufenden Studien gemacht für Instrumenten mit verschiedenen Charakteristiken.

Die bekommene Genauigkeit ist sehr befriedigend für einen ersten Versuch in diesem Genre der Astrometrie. Der arithmetische mittlere Fehler auf der Positionsbestimmung ist etwa 5 bis 9" für die Referenzsternen und etwa 9 bis 11" für die Teststernen.

1. INTRODUCTION

L'expérience NO-II consistait en le lâcher d'une quantité connue de monoxyde d'azote dans la basse thermosphère. La mesure de la chemiluminescence de la réaction $NO + O \rightarrow NO_2 + h\nu$ permet alors la détermination de la concentration d'oxygène atomique.

Les trois charges utiles, lancées par des fusées Centaure II-C à partir du Centre Spatial Guyanais, se composaient de quatre bonbonnes de monoxyde d'azote qui s'ouvraient à des altitudes différentes entre 80 et 105 km par un système pyrotechnique. Un programmeur déterminait dans le temps la création des nuages artificiels quasi sphériques. L'observation se faisait à partir de quatre stations situées sur une base d'environ 100 km.

Les lancements des fusées ont eu lieu le 12 (2 tirs) et 13 (1 tir) septembre 1974 à partir de la base de lancement de Kourou.

Les sites d'observation comportaient essentiellement deux types d'instruments : pour la mesure de l'intensité lumineuse et pour la détermination de la position des nuages artificiels.

A cette occasion, l'équipement classique, mis en place lors de précédentes expériences, s'enrichissait de deux caméras de télévision avec intensificateur d'image. Il s'imposait d'utiliser celles-ci au mieux, c'est-à-dire non seulement pour observer l'évolution des formes et densités des nuages artificiels, but principal de leur mise en service, mais aussi pour des déterminations de magnitude et, si possible, de positions et de déplacements dont se déduisent les vitesses des vents règnant à l'altitude d'éjection des nuages.

Les caméras de triangulation IAS (500 mm, f/5) et les caméras Gianini (76 mm, f/0.87) pouvaient servir è elles seules pour calculer les altitudes et les vitesses des vents. Mais leur présence offrait aussi une possibilité de contrôle, par comparaison, des réductions de clichés ayant comme support des enregistrements de champs stellaires sur bandes magnétiques au moyen de caméras de télévision. Nul doute que la généralisation de l'application des

méthodes électroniques à l'astrométrie photographique classique se fasse attendre. Néanmoins, un premier pas pouvait et devait être fait. Une certaine crainte marqua le début des recherches du fait d'un manque total d'expériences du même genre, du moins à notre connaissance et à ce stade de précision. Les résultats en étant très encourageants du point de vue précision, il valait la peine de les publier.

2. *CARACTERISTIQUES DES INSTRUMENTS D'OBSERVATION, DE MESURE ET DE CALCUL*

Les caméras TV, équipées d'un objectif à miroir Zeiss Yena, de 500 mm de distance focale et ouvert à f/4.5, qui forme l'image des nuages et des étoiles sur la photocathode de l'intensificateur d'image sont de marque Westinghouse. La première, du type S IV 614, possède un détecteur SEC WL-30691 avec une photocathode S 20 couplé par fibres optiques à un intensificateur d'image WL 30677; la seconde, du type TEM 801E, possède le même intensificateur, mais son détecteur type WX-31792 EBS,également avec une photocathode S20, lui donne une sensibilité deux fois et demi plus élevée.

La résolution de cex deux caméras est de 625 lignes et le champ de visée vaut 5^0. La cadence de prise de vue est de 50 images par seconde. Les résultats de ce travail se rapportent à la caméra la plus sensible, installée à Météo.

La caméra Hasselblad (servant à photographier l'écran de télévision) est un appareil photographique électrique dont l'objectif Zeiss de 80 mm de focale, ouvert à f/2.8, et le format (70 mm) du film utilisé donnent un champ de 52^0. Le déroulement automatique du film se commande par impulsions électriques.

Les mesures x, y sur le film de la caméra Hasselblad, effectuées au moyen de l'Ascorecord Zeiss de l'O.R.B. (enregistrement automatique en 0.1μ, échelle : $1\mu \cong 1''$) couvrent 1,8 cm x 1.1 cm (5^0 x 3^0 de la caméra TV). La précision finale dépend de l'ensemble TEM 801E et caméra Hasselblad; dimension moyenne des étoiles (m = 8 à 10): 100μ, dimension des étoiles les plus brillantes (m = 6) : 200μ.

Les calculs afférents à ces recherches ont été faits sur IBM 360/44 et 1800.

3. FORMULES

Le principe général de la méthode de calcul a déjà été expliqué par Debehogne et Van Hemelrijck (1974a). Ici nous donnons seulement les relations qui ont fait l'objet de nos recherches et ont conduit aux résultats exposés plus loin.

3.1. *Formules de passage des coordonnées équatoriales α, δ aux coordonnées standard X, Y (Smart, 1960)*

$$X = \cos\delta \sin(\alpha - \alpha_o)/A \tag{1}$$

$$Y = [\sin\delta \cos\delta_o - \cos\delta \sin\delta_o \cos(\alpha - \alpha_o)]/A \tag{2}$$

avec : $A = \sin\delta \sin\delta_o + \cos\delta \cos\delta_o \cos(\alpha - \alpha_o)$

α et δ étant l'ascension droite et la déclinaison de l'étoile considérée,
α_o et δ_o les coordonnées du centre du référentiel.

3.2. *Formules inverses*

$$\mathrm{tg}(\alpha - \alpha_o) = X/B \tag{3}$$

$$\mathrm{tg}\,\delta = \cos(\alpha - \alpha_o)(\sin\delta_o + Y\cos\delta_o)/B \tag{4}$$

avec : $B = \cos\delta_o - Y\sin\delta_o$

3.3. Expression générale des formules polynômiales de transformation des coordonnées mesurées x, y en coordonnées standard X, Y

$$X = \sum_{i+j=k=o}^{n} a_{ij}\, x^i\, y^j \tag{5}$$

$$Y = \sum_{i+j=k=o}^{n} b_{ij}\, x^i\, y^j \tag{6}$$

n entier positif, i et j entiers, positifs ou nuls, tels que $i+j=k \leqslant n$ où j croît et i décroît; les constantes du cliché a_{ij}, b_{ij} peuvent être nuls, égaux ou vérifier des relations de liaison. Si n = 1, on a les équations de Turner (Rizvanov et Ourassine, 1975)

3.4. Formules de la distorsion à 6 constantes indépendantes du 3ème degré.

$$X = a_{00} + a_{10}x + a_{01}y + a_{20}x^2 + a_{11}xy + a_{30}x(x^2 + y^2) \tag{7}$$

$$Y = b_{00} + b_{10}x + b_{01}y + b_{11}xy + b_{02}y^2 + b_{21}y(x^2 + y^2) \tag{8}$$

3.5. Formules de la distorsion à 7 constantes indépendantes du 5ème degré

$$X = a_{00} + a_{10}x + a_{01}y + a_{20}x^2 + a_{11}xy + a_{30}x(x^2 + y^2) + a_{50}x(x^2 + y^2)^2 \tag{9}$$

$$Y = b_{00} + b_{10}x + b_{01}y + b_{11}xy + b_{02}y^2 + b_{21}y(x^2 + y^2) + b_{41}y(x^2 + y^2)^2 \tag{10}$$

3.6. Formules de colinéation (Kisselev, 1970)

$$X = (a_{00} + a_{10}x + a_{01}y)/C \tag{11}$$

$$Y = (b_{00} + b_{10}x + b_{01}y)/C \tag{12}$$

avec : $C = 1 + px + qy$

écrites aussi : $X = a_{00} + a_{10}x + a_{01}y - pxX - qyX$

$$Y = b_{00} + b_{10}x + b_{01}y - pxY - qyY$$

Inutilisable en cas de distorsion importante (Debehogne, 1970a).

3.7. Représentation conventionnelle des formules de transformation polynômiales (5) et (6).

En général, si le degré maximum des polynômes X, Y vaut n, si K et L sont les nombres des termes omis dans ces polynômes et si n_{xk}, n_{yl} représentent les numéros d'ordre de ces termes, la formule de transformation sera désignée par (Debehogne et Van Hemelrijck, 1974b)

$$(n; K, L; n_{x1}, ..., n_{xk}, ..., n_{xK}; n_{y1}, ..., n_{yl}, ... n_{yL}) \qquad (13)$$

La représentation des polynômes complets (où aucun terme pour X et Y n'est omis, soient K = L = o) se fait par (n; o, o) n étant le degré du polynôme et non simplement par (n) pour éviter de confondre avec les équations ou les formules de notre texte.

4. RESULTATS

4.1. Etoiles-tests et étoiles de base

Des étoiles-tests ont été utilisées comme dans les recherches précédentes de façon à ne pas se limiter à l'erreur interne obtenue par les résidus sur les étoiles de base (référence) (Debehogne, 1970b; Debehogne et Van Hemelrijck, 1974a).

Le référentiel comporte de 10 à 20 étoiles de base.

4.2. Graphiques

Les résultats portés en graphiques (fig. 1, 2 et 3) concernent l'enregistrement du premier tir (12 septembre 1974) par la caméra de télévision située à Météo.

Les réductions ont été effectuées par les expressions (5) et (6), [représentation des formules du 3e degré choisies et comportant 10 termes : (3; 0, 0)], par les formules de la distorsion à 6 et à 7 constantes indépendantes du 3e et 5e degré et finalement par les formules de colinéation.

La transformation polynômiale (3; 0, 0) (Barlier, 1970) donne les résultats les meilleurs : de l'ordre de 10" en α et δ (fig. 1) ce qui rejoint les conclusions antérieures de Muller et Barlier (1960).

Pour les autres formules, il faut distinguer l'ascension droite α de la déclinaison δ :
en α, la méthode de colinéation se révèle meilleure que la méthode à 6 constantes et surtout 7 constantes mais bien moins bonne que (3; 0, 0) (fig. 2).
en δ, (7), (8), (9) et (10) fournissent au mieux des résidus de 15" environ; les résidus dans (11) et (12) sont plus élevés (fig. 3).

L'axe des ascensions droites s'oriente approximativement suivant une ligne horizontale de l'écran de télévision. En analysant, sur les figures (2) et (3), les graphiques des résidus en α et δ obtenus par la formule (3; 0, 0) et par celle de colinéation, on constate l'existence d'une distorsion importante et davantage en δ qu'en α. En δ (fig. 3), comme cette distorsion est résorbée par les formules de la distorsion à 6 et 7 constantes, elle est du type radial. En α, (fig. 2) les formules de la distorsion radiale étant inopérantes, la distorsion est surtout tangentielle. Si la formule de la colinéation donne de meilleurs résultats (fig. 2), cela est dû au fait que, dans cette formule, les équations en X et en Y sont traitées ensemble et non séparément comme dans les autres formules, chaque étoile de base donnant deux équations de condition, au lieu d'une dans les formules (5), (6), (7), (8), (9) et (10). Pour une semblable raison (rapport plus favorable du nombre d'équations de condition au nombre

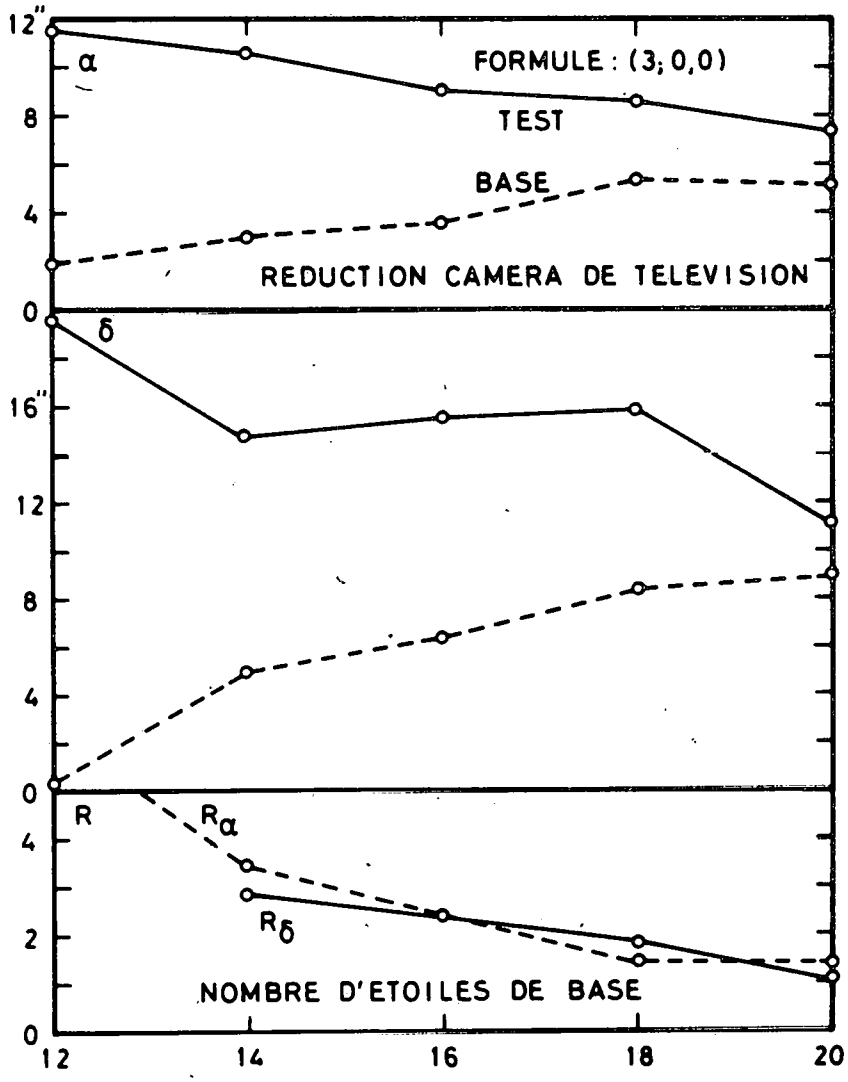

Fig. 1.- Etude cliché caméra de télévision, f = 500 mm, champ ~ 5^0. Formule testée : (3; 0, 0). Cliché testé : Météo (1r tir, 12 septembre 1974). En abscisse : nombre d'étoiles de base : 12, 14, 16, 18 et 20. En ordonnées : moyennes arithmétiques des résidus sur les étoiles de base et de test, en α et δ; rapports R_α et R_δ des moyennes obtenues en α et δ, sur les étoiles-tests aux moyennes obtenues sur les étoiles de base.

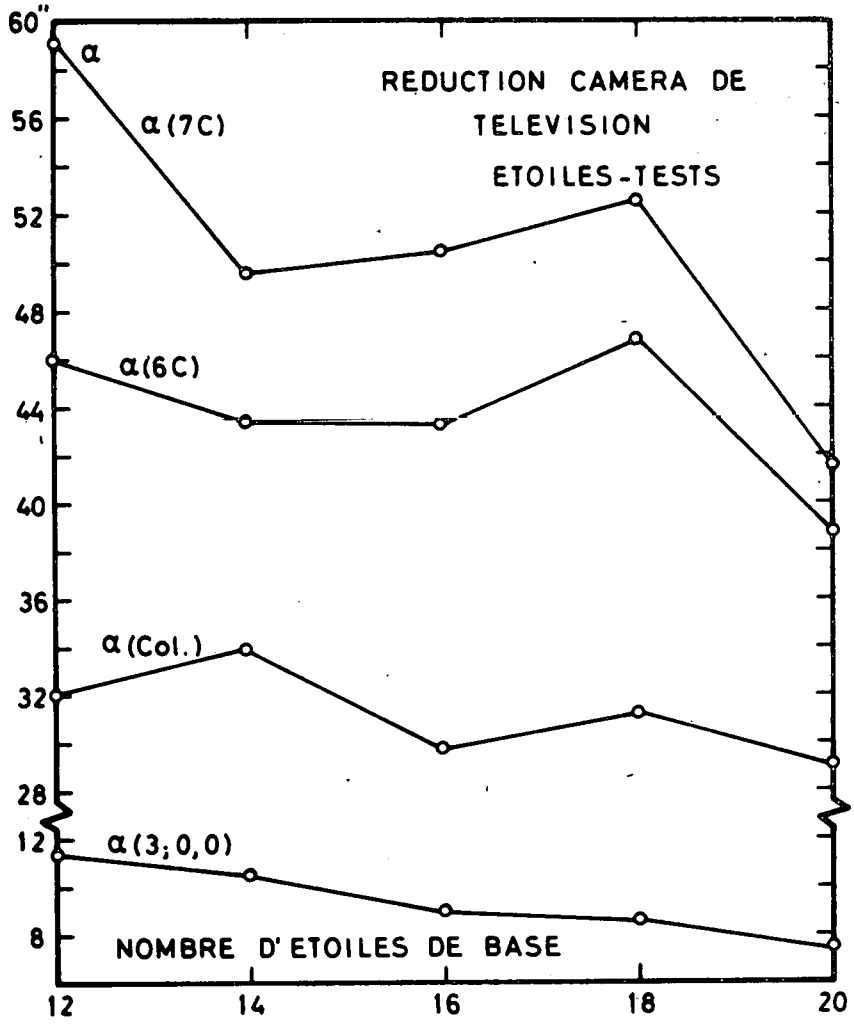

Fig. 2.- Etude cliché caméra de télévision, f = 500 mm, champ ~ 5°. Formules testées : (3 ; 0, 0), les formules de la distorsion à 6 et 7 constantes indépendantes du 3e et 5e degré et la formule de colinéation. Cliché testé : Météo (1r tir, 12 septembre 1974). En abscisse : nombre d'étoiles de base : 12, 14, 16, 18 et 20. En ordonnée : moyennes arithmétiques des résidus sur les étoiles-tests en α.

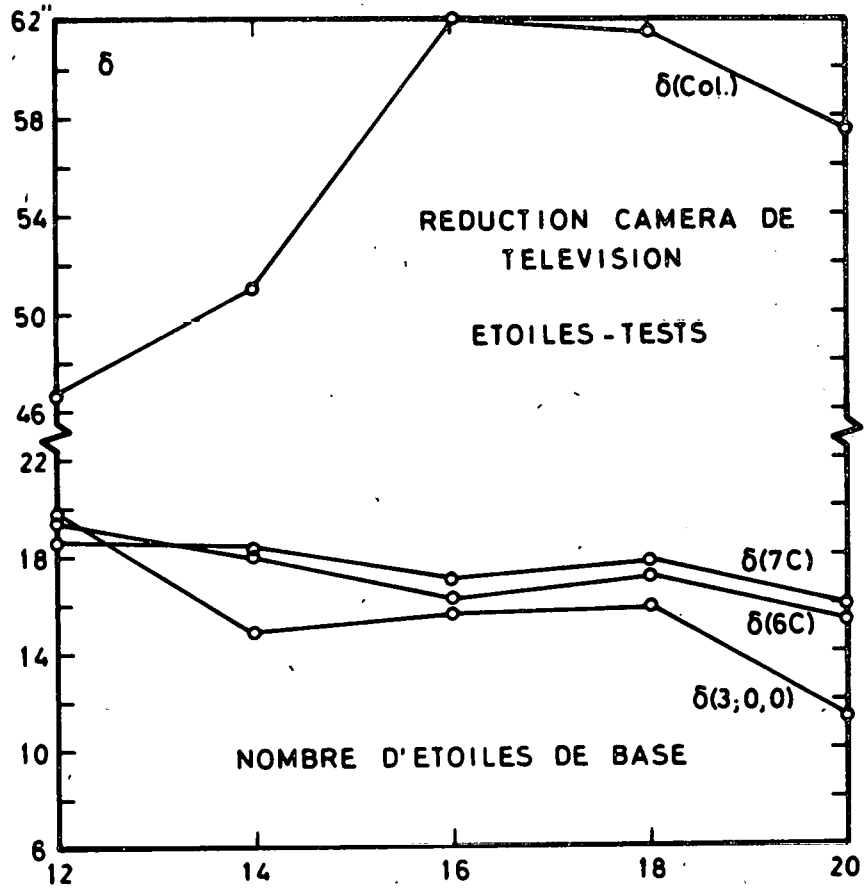

Fig. 3.- Etude cliché caméra de télévision, f = 500 mm, champ ~ 5^0. Formules testées : (3; 0, 0), les formules de la distorsion à 6 et 7 constantes indépendantes du 3e et 5e degré et la formule de colinéation. Cliché testé : Météo (1r tir, 12 septembre 1974). En abscisse : nombre d'étoiles de base : 12, 14, 16, 18 et 20. En ordonnée : moyennes arithmétiques des résidus sur les étoiles-tests en δ.

d'inconnues), les formules (7) et (8) donnent des résultats meilleurs que les formules (9) et (10), si les termes du 5e degré sont superflus pour résorber la distorsion.

Ces phénomènes sont prabablement dus à un réglage de l'image de la télévision meilleur suivant les lignes verticales, ce réglage ayant été fait par comparaison avec les cartes de la SAO (Smithsonian Astrophysical Observatory) et dans des conditions suffisamment satisfaisantes, étant donné les résultats obtenus avec la formule (3; 0, 0).

5. CONCLUSIONS

La caméra de télévision avec intensificateur d'image présente, par rapport aux instruments de petites distances focales ($\leqslant$ 500 mm) l'avantage que le champ stellaire est plus riche (magnetude limite possible supérieure à 13) d'où plus grand choix d'étoiles de base (référence). Du fait que l'on peut stocker les images sur bandes magnétiques, on dispose d'une source d'information pratiquement inépuisable puisque la cadence des prises de vue de la caméra est de 50 images par seconde.

Une précision de l'ordre de grandeur de 10", tant sur l'ascension droite que sur la déclinaison se révèle très satisfaisante, particulièrement pour calculer l'altitude des nuages artificiels (Lloyd, 1971; Smith, 1963). Par comparaison, signalons qu'avec la caméra de triangulation IAS et la caméra Gianini, on obtient comme précision la plus favorable, respectivement 0"8 et environ 10".

La formule de transformation polynômiale du 3e degré donne de loin les meilleurs résultats. Il n'est pas exclu qu'avec un réglage de l'image de la caméra de télévision plus élaboré les formules de la distorsion à 6 ou 7 constantes donneraient aussi de bons résultats.

6. REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier C. Lippens et S. Schadeck pour les conseils et l'aide reçue lors de la prise de vue des clichés en laboratoire.

REFERENCES

BARLIER, F., 1970, *COSPAR Transactions,* 7, 217.

DEBEHOGNE, H., 1970a, *Astron. and Astrophys.*, 8, 189.

DEBEHOGNE, H., 1970b, *COSPAR Transactions,* 7, 107.

DEBEHOGNE, H., et VAN HEMELRIJCK, E., 1974a, *Acta Astr.*, 24, 309.

DEBEHOGNE, H. et VAN HEMELRIJCK, E., 1974b, *Astron. and Astrophys.*, 36, 317.

KISSELEV, A.A., 1970, *COSPAR Transactions,* 7, 53.

LLOYD, K.H., 1971, WRE-Technical Note - 72 (WR & D).

MULLER, P. et BARLIER, F., 1960, *Compt. Rend. Acad. Sci. Paris,* 251, 2886.

RIZVANOV, N.G. et OURASSINE, L.A., 1975, *Annales Observ. Alger, IV*, 2, 11.

SMART, W.M., 1960, Text-book on spherical Astronomy, Univ. Press, Cambridge.

SMITH, F.J., 1963, *Planet. Space Sci.*, 11 1311.

100 - BIAUME, F., Détermination de la valeur absolue de l'absorption dans les bandes du système de Schumann-Runge de l'oxygène moléculaire, 1972.

101 - NICOLET, M. and W. PEETERMANS, The production of nitric oxide in the stratosphere by oxidations of nitrous oxide, 1972.

102 - VAN HEMELRIJCK, E. et H. DEBEHOGNE, Observations au Portugal de phénomènes lumineux se rapportant à une expérience de lâcher de barium dans la magnétosphère, 1972.

103 - NICOLET, M. et W. PEETERMANS, On the vertical distribution of carbon monoxide and methane in the stratosphere, 1972.

104 - KOCKARTS, G., Heat balance and thermal conduction, 1972.

105 - ACKERMAN, M. and C. MULLER, Stratospheric methane from infrared spectra, 1972.

106 - ACKERMAN, M. and C. MULLER, Stratospheric nitrogen dioxide from infrared absorption spectra, 1972.

107 - KOCKARTS, G., Absorption par l'oxygène moléculaire dans les bandes de Schumann-Runge, 1972.

108 - LEMAIRE, J. et M. SCHERER, Comportements asymptotiques d'un modèle cinétique du vent solaire, 1972.

109 - LEMAIRE, J. and M. SCHERER, Plasma sheet particle precipitation : A kinetic model, 1972.

110 - BRASSEUR, G. and S. CIESLIK, On the behavior of nitrogen oxides in the stratosphere, 1972.

111 - ACKERMAN, M. and P. SIMON, Rocket measurement of solar fluxes at 1216 Å, 1450 Å and 1710 Å, 1972.

112 - CIESLIK, S. and M. NICOLET, The aeronomic dissociation of nitric oxide, 1973.

113 - BRASSEUR, G. and M. NICOLET, Chemospheric processes of nitric oxide in the mesosphere and stratosphere, 1973.

114 - CIESLIK, S. et C. MULLER, Absorption raie par raie dans la bande fondamentale infrarouge du monoxyde d'azote, 1973.

115 - LEMAIRE, J. and M. SCHERER, Kinetic models of the solar and polar winds, 1973.

116 - NICOLET, M., La biosphère au service de l'atmosphère, 1973.

117 - BIAUME, F., Nitric acid vapor absorption cross section spectrum and its photodissociation in the stratosphere, 1973.

118 - BRASSEUR, G., Chemical kinetic in the stratosphere, 1973.

119 - KOCKARTS, G., Helium in the terrestrial atmosphere, 1973.

120 - ACKERMAN, M., J.C. FONTANELLA, D. FRIMOUT, A. GIRARD, L. GRAMONT, N. LOUISNARD, C. MULLER and D. NEVEJANS, Recent stratospheric spectra of NO and NO_2, 1973.

121 - NICOLET, M., An overview of aeronomic processes in the stratosphere and mesosphere, 1973.

122 - LEMAIRE, J., The "Roche-Limit" of ionospheric plasma and the formation of the plasmapause, 1973.

123 - SIMON, P., Balloon measurements of solar fluxes between 1960 Å and 2300 Å, 1974.

124 - ARIJS, E., Effusion of ions through small holes, 1974.

125 - NICOLET, M., Aëronomie, 1974.

126 - SIMON, P., Observation de l'absorption du rayonnement ultraviolet solaire par ballons stratosphériques, 1974.

127 - VERCHEVAL, J., Contribution à l'étude de l'atmosphère terrestre supérieure à partir de l'analyse orbitale des satellites, 1973.

128 - LEMAIRE, J. and M. SCHERER, Exospheric models of the topside ionosphere, 1974.

129 - ACKERMAN, M., Stratospheric water vapor from high resolution infrared spectra, 1974.

130 - ROTH, M., Generalized invariant for a charged particle interacting with a linearly polarized hydromagnetic plane wave, 1974.

131 - BOLIN, R.C., D. FRIMOUT and C.F. LILLIE, Absolute flux measurements in the rocket ultraviolet, 1974.

132 - MAIGNAN, M. et C. MULLER, Méthodes de calcul de spectres stratosphériques d'absorption infrarouge, 1974.

133 - ACKERMAN, M., J.C. FONTANELLA, D. FRIMOUT, A. GIRARD, N. LOUISNARD and C. MULLER, Simultaneous measurements of NO and NO_2 in the stratosphere, 1974.

134 - NICOLET, M., On the production of nitric oxide by cosmic rays in the mesosphere and stratosphere, 1974.

135 - LEMAIRE, J. and M. SCHERER, Ionosphere-plasmasheet field aligned currents and parallel electric fields, 1974.

136 - ACKERMAN, M., P. SIMON, U. von ZAHN and U. LAUX, Simultaneous upper air composition measurements by means of UV monochromator and mass spectrometer, 1974.

137 - KOCKARTS, G., Neutral atmosphere modeling, 1974.

138 - BARLIER, F., P. BAUER, C. JAECK, G. THUILLIER and G. KOCKARTS, North-South asymmetries in the thermosphere during the last maximum of the solar cycle, 1974.

139 - ROTH, M., The effects of field aligned ionization models on the electron densities and total flux tubes contents deduced by the method of whistler analysis, 1974.

140 - DA MATA, L., La transition de l'homosphère à l'hétérosphère de l'atmosphère terrestre, 1974.

141 - LEMAIRE, J. and R.J. HOCH, Stable auroral red arcs and their importance for the physics of the plasmapause region, 1975.

142 - ACKERMAN, M., NO, NO_2 and HNO_3 below 35 km in the atmosphere, 1975.

143 - LEMAIRE, J., The mechanisms of formation of the plasmapause, 1975.

144 - SCIALOM, G., C. TAIEB and G. KOCKARTS, Daytime valley in the F1 region observed by incoherent scatter, 1975.

145 - SIMON, P., Nouvelles mesures de l'ultraviolet solaire dans la stratosphère, 1975.

146 - BRASSEUR, G. et M. BERTIN, Un modèle bi-dimensionnel de la stratosphère, 1975.

147 - LEMAIRE, J. et M. SCHERER, Contribution à l'étude des ions dans l'ionosphère polaire, 1975.

148 - DEBEHOGNE, H. et E. VAN HEMELRIJCK, Etude par étoiles-tests de la réduction des clichés pris au moyen de la caméra de triangulation IAS, 1975.

149 - DEBEHOGNE, H. et E. VAN HEMELRIJCK, Méthode des moindres carrés appliquée à la réduction des clichés astrométriques, 1975.

150 - DEBEHOGNE, H. et E. VAN HEMELRIJCK, Contribution au problème de l'abérration différentielle, 1975.

151 - MULLER, C. and A.J. SAUVAL, The CO fundamental bands in the solar spectrum, 1975.

152 - VERCHEVAL, J., Un effet géomagnétique dans la thermosphère moyenne, 1975.

153 - AMAYENC, P., D. ALCAYDE and G. KOCKARTS, Solar extreme ultraviolet heating and dynamical processes in the mid-latitude thermosphere, 1975.

154 - ARIJS, E. and D. NEVEJANS, A programmable control unit for a balloon borne quadrupole mass spectrometer, 1975.

155 - VERCHEVAL, J., Variations of exospheric temperature and atmospheric composition between 150 and 1100 km in relation to the semi-annual effect, 1975.

156 - NICOLET, M., Stratospheric Ozone : An introduction to its study, 1975.

157 - WEILL, G., J. CHRISTOPHE, C. LIPPENS, M. ACKERMAN and Y. SAHAI, Stratospheric balloon observations of the southern intertropical arc of airglow in the southern american aera, 1976.

158 - ACKERMAN, M., D. FRIMOUT, M. GOTTIGNIES, C. MULLER, Stratospheric HCl from infrared spectra, 1976.

159 - NICOLET, M., Conscience scientifique face à l'environnement atmosphérique, 1976.

160 - KOCKARTS, G., Absorption and photodissociation in the Schumann-Runge bands of molecular oxygen in the terrestrial atmosphere, 1976.

161 - LEMAIRE, J., Steady state plasmapause positions deduced from McIlwain's electric field models, 1976.

162 - ROTH, M., The plasmapause as a plasma sheath : A minimum thickness, 1976.

163 - FRIMOUT, D., C. LIPPENS, P.C. SIMON, E. VAN HEMELRIJCK, E. VAN RANSBEECK et A. REHRI, Lâchers de monoxyde d'azote entre 80 et 105 km d'altitude. Description des charges utiles et des moyens d'observation, 1976.

164 - LEMAIRE, J. and L.F. BURLAGA, Diamagnetic boundary layers : a kinetic theory, 1976.

165 - TURNER, J.M., L.F. BURLAGA, N.F. NESS and J. LEMAIRE, Magnetic holes in the solar wind, 1976.

166 - LEMAIRE, J. and M. ROTH, Penetration of solar wind plasma elements into the magnetosphere, 1976.