

I N S T I T U T   D ' A E R O N O M I E   S P A T I A L E   D E   B E L G I O U E

3 - Avenue Circulaire

B - 1180 BRUXELLES

## AERONOMICA ACTA

A - N° 163 - 1976

Lâchers de monoxyde d'azote entre  
80 et 105 km d'altitude. Description  
des charges utiles et des moyens d'observation

par

D. FRIMOUT, C. LIPPENS, P. C. SIMON,  
E. VAN HEMELRIJCK, E. VAN RANSBEECK et A. REHRI

B E L G I S C H   I N S T I T U U T   V O O R   R U I M T E - A E R O N O M I E

3 - Ringlaan

B - 1180 BRUSSEL

## AVANT-PROPOS

Ce texte a été présenté au Colloque International "Technologie des expériences scientifiques spatiales" qui s'est tenu à Paris du 26 au 30 mai 1975. Cette communication est publiée dans le compte rendu de la réunion pp. 569-580.

## VOORWOORD

Deze tekst werd voorgedragen tijdens het Colloque International "Technologie des expériences scientifiques spatiales" gehouden te Parijs van 26 tot 30 mei 1975. Hij werd in de "Conference Proceedings" uitgegeven, pp. 569-580.

## FOREWORD

This paper has been presented at the Colloque International "Technologie des expériences scientifiques spatiales" held in Paris, May 26-30, 1975. It was published in the "Conference Proceedings", pp. 569-580.

## VORWORT

Dieser Text wurde zum Colloque International "Technologie des expériences scientifiques spatiales", 26-30 Mai 1975 in Paris vorgestellt. Er ist in den "Conference Proceedings" herausgegeben, pp. 569-580.

# LACHERS DE MONOXYDE D'AZOTE ENTRE 80 ET 105 KM D'ALTITUDE. DESCRIPTION DES CHARGES UTILES ET DES MOYENS D'OBSERVATION

par

D. FRIMOUT, C. LIPPENS, P.C. SIMON, E. VAN HEMELRIJCK, E. VAN RANSBEECK  
et A. REHRI\*

*Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique*

\* *Centre National d'Etudes Spatiales*

## *Résumé*

Le lâcher d'une quantité connue de monoxyde d'azote dans la thermosphère inférieure permet la détermination de la concentration de l'oxygène atomique par la mesure de la photoluminescence de la réaction  $\text{NO} + \text{O} \rightarrow \text{NO}_2 + h\nu$ . Une telle expérience a été conçue à l'Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique (IASB) et a pu être réalisée grâce à la collaboration du Centre National d'Etudes Spatiales (CNES).

La charge utile était composée de quatre bonbonnes de monoxyde d'azote qui devaient être ouvertes à des altitudes différentes entre 80 et 110 km. L'ouverture des bonbonnes se faisait par pyrotechnie afin d'obtenir des nuages quasi sphériques. Un programmeur déterminait dans le temps l'éjection du monoxyde d'azote. L'observation se faisait à partir de quatre stations au sol situées sur une base d'environ 100 km.

Les stations comportaient deux types d'instruments :

- 1<sup>o</sup> pour la mesure de l'intensité lumineuse
- 2<sup>o</sup> pour la mesure de la position des nuages.

Les instruments étaient préorientés et recevaient des corrections calculées en temps réel à partir des mesures radar de la trajectoire de la fusée.

Trois charges utiles ont été lancées par des fusées Centaure II C à partir du Centre Spatial Guyanais. Les résultats obtenus permettront la détermination de la distribution verticale de l'oxygène atomique après le crépuscule du soir.

## *Samenvatting*

Het lozen van een gekende hoeveelheid stikstofmonoxyde in de lage thermosfeer laat de bepaling toe van de concentratie van atomaire zuurstof door het meten van de fotoluminescentie van de reactie  $\text{NO} + \text{O} \rightarrow \text{NO}_2 + h\nu$ . Een dergelijke proefneming werd ontworpen aan het Belgisch Instituut voor Ruimte- Aëronomie en gerealiseerd in samenwerking met het Centre National d'Etudes Spatiales (CNES).

De nuttige lading was samengesteld uit vier met stikstofmonoxyde gevulde flessen die op verschillende hoogten, begrepen tussen ongeveer 80 en 110 km geopend werden. De opening van de flessen geschiedde d.m.v. een pyrotechnisch systeem waardoor men nagenoeg bolvormige wolken bekwam. De uitstroming van het stikstofmonoxyde werd, in functie van de tijd, bepaald door een programmeur. De waarneming van de kunstmatige wolken vond plaats vanuit vier waarnemingsstations gelegen op een basislijn van ongeveer 100 km.

De waarnemingsposten waren voornamelijk uitgerust met twee soorten instrumenten :

1° voor het meten van de lichtintensiteit

2° voor het bepalen van de richting van de kunstmatige wolken.

De meetinstrumenten waren op voorhand gericht en ontvingen positiecorrecties, berekend in reële tijd, uitgaande van radarmetingen op de raketbaan. Vanop de lanceerbasis van het Centre Spatial Guyanais werden drie nuttige ladingen gelanceerd d.m.v. Centaure II C raketten. De bekomen resultaten zullen de bepaling toelaten van de verticale verdeling van atomaire zuurstof na de avondschemering.

### *Abstract*

The release of a known quantity of nitric oxide in the lower thermosphere allows the determination of the concentration of atomic oxygen by measuring the post luminescence of the reaction  $\text{NO} + \text{O} \rightarrow \text{NO}_2 + h\nu$ . Such an experience was projected by the Belgian Institute for Space Aeronomy (IASB) and has been realised in collaboration with the Centre National d'Etudes Spatiales (CNES).

The payload was composed of four bottles of NO, which had to be opened at different altitudes between 80 and 110 km. The bottles were opened by a pyrotechnic system so that quasi spherical clouds were obtained. These releases were programmed in function of time.

The observation happened from four ground based stations located on a base line of about 100 km. They were equipped with two types of instruments

1° to measure the light intensity

2° to measure the exact positions of the clouds.

The instruments were preoriented and received a correction calculated in real time from the radar measurement of the trajectory of the rocket itself.

Three payloads have been launched with Centaure II C rockets from the Centre Spatial Guyanais launching range. The results obtained will allow the determination of the vertical distribution of the atomic oxygen after sunset.

## *Zusammenfassung*

Das Loslassen einer bekannten Quantität von Stickstoffmonoxyd in die untere Thermosphäre lässt die Bestimmung der atomären Sauerstoffkonzentration durch die Messung der Photolumineszenz der Reaktion  $\text{NO} + \text{O} \rightarrow \text{NO}_2 + h\nu$  zu. Solches Experiment wurde am Belgischen Institutes für Raumaeronomie entworfen und realisiert in Zusammenarbeit mit dem Centre National d'Etudes Spatiales (CNES).

Die Nutzladung wurde zusammengesetzt aus vier mit Stickstoffmonoxyd gefüllten Flaschen, die auf verschiedene Höhen zwischen etwa 80 und 110 km geöffnet werden. Die Öffnung der Flaschen geschah mittelst eines pyrotechnischen System wodurch man ungefähr kugelförmigen Wolken bekam. Die Auswerfung des Gases wurde durch einen Zeitschalter in Funktion der Zeit bestimmt. Die Beobachtung der künstlichen Wolken geschah von vier Beobachtungsstellen die auf einer Grundlinie von ungefähr 100 km liegen.

Die Beobachtungsstellen werden vornehmlich mit zwei Sorten Instrumenten ausgerüstet

- 1° für die Messung der Lichtintensität
- 2° für die Bestimmung der Richtung der künstlichen Wolken.

Die Grundinstrumenten werden vorher gerichtet und empfangen Positionskorrekturen die in Realzeit von Radarmessungen der Raketenbahn berechnet wurden.

Von der Lancierbasis des Centre Spatial Guyanais wurden drei Nutzladungen lanciert mittelst Centaure II C Raketen. Die bekommene Resultaten werden die Bestimmung der vertikalen Verteilung atomären Sauerstoffes nach der Abenddämmerung zulassen.

## INTRODUCTION

La basse thermosphère entre 85 et 110 km est aussi la zone de transition entre l'homo-sphère et l'hétérosphère. Dans cette zone la masse moléculaire moyenne diminue principalement parce que l'oxygène atomique devient un constituant important de l'atmosphère (fig. 1). Celui-ci est en effet produit par la photodissociation de l'oxygène moléculaire par le rayonnement solaire de longueur d'onde inférieur à 175 nm au-dessus de 120 km d'altitude :



L'oxygène atomique peut disparaître par plusieurs processus, notamment par la collision triple avec un troisième corps



Néanmoins en examinant les conditions aéronomiques qui existent à ces altitudes on constate que le nombre de processus qui mène à la dissociation de l'oxygène moléculaire ne peut jamais être égal au nombre de processus de recombinaison. L'équilibre photochimique n'est donc jamais atteint. Pour cette raison, la distribution verticale de l'oxygène atomique dépend plus des conditions de transport que des conditions de perte et de production. Les atomes d'oxygène ne se recombinaient pas à l'altitude où ils ont été produits, mais subissent un courant de diffusion vers la basse thermosphère, où la concentration atmosphérique est suffisante pour faire disparaître l'oxygène atomique par la réaction (2). La molécule  $\text{O}_2$  par contre a un temps de vie qui est suffisant pour être transporté vers des altitudes plus élevées par diffusion moléculaire ou turbulente.

Il s'établit donc un équilibre de diffusion avec comme conséquence un maximum d'oxygène atomique de  $5 \times 10^{11}$  atomes par  $\text{cm}^3$  vers 97 km.

Pendant la nuit la situation est différente étant donné l'absence de production de l'oxygène atomique. Comme le mécanisme de recombinaison de l'oxygène atomique se fait principalement par triple collision, il est plus efficace pour des pressions relativement plus

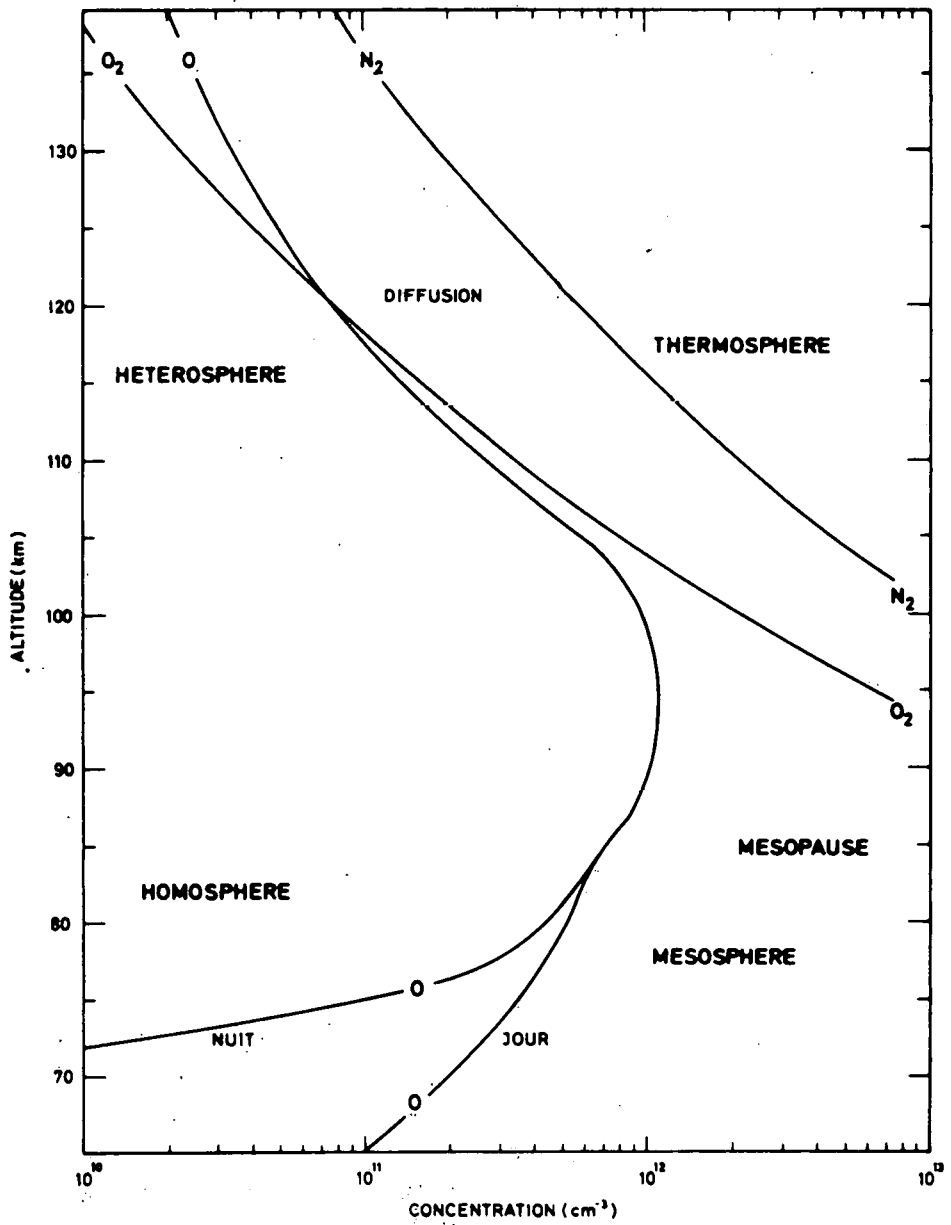


Fig. 1.- Distribution des constituants entre 70 et 130 km.



élevées, c'est-à-dire en-dessous de 80 km. Les buts de l'expérience décrite dans ce travail sont la détermination du profil de concentration de l'oxygène atomique et l'étude de son mécanisme de disparition après le coucher du soleil au moyen de lâchers de monoxyde d'azote. Celui-ci réagit avec l'oxygène atomique suivant la réaction



la luminescence produite étant un continuum de longueurs d'onde comprises entre 400 nm et 1,2  $\mu\text{m}$ , avec un maximum d'intensité vers 620 nm. La formation de globules de NO juste après le coucher du soleil, à des altitudes comprises entre 80 et 105 km et la répétition de l'expérience à différents moments de la nuit, soit un deuxième tir une heure après le premier lancement et un troisième tir tard dans la nuit devait permettre d'atteindre ces objectifs (Ackerman, 1969). La luminescence devait être observée par des instruments optiques à partir du sol.

L'expérience qui est le fruit de la collaboration entre l'Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique (IASB) et le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) a été lancée avec succès depuis le Centre Spatial Guyanais (CSG) en septembre 1974 et ce travail décrit les moyens mis en oeuvre tant du point de vue fusée et charges utiles que du point de vue instruments d'observation.

## *2. MOYENS MIS EN OEUVRE*

Outre les moyens propres et permanents du CSG, les moyens suivants ont été utilisés pour réaliser cette mission :

### *2.1. La fusée et l'environnement :*

Les trois lancements ont été effectués par des fusées sondes Centaure type II C. Elles ont été lancées à partir d'une rampe SERMIAT type R2.

Le Centaure II C est dérivé des éléments de la famille I de fusées sondes, développée pour le CNES par la Société Nationale Industrielle Aérospatiale (SNIAS).

Il est constitué de deux étages propulsifs à poudre stabilisés par des empennages fixes, et réunis par un interétage. Le diamètre extérieur des enveloppes est de 280 mm pour le 1er étage et de 305 mm pour le second. La longueur totale sans pointe est de l'ordre de 5 mètres. La fusée est mise en rotation dès la sortie de rampe par deux impulseurs à poudre fixés à la corde extérieure des deux empennages opposés du 1er étage. La séparation et l'allumage du deuxième étage sont commandés par une minuterie démarrée par la mise en pression du 1er étage.

Le Centaure II C est capable d'emporter des charges utiles cylindres côniques de 30 à 85 kg à des altitudes variant de 200 à 110 km.

## **2.2. Les charges utiles (fig. 2)**

Les trois charges utiles identiques comprenaient principalement :

- une structure interne tubulaire recevant les quatre bouteilles de 4 litres remplies de monoxyde d'azote (NO) sous une pression de 50 bars. Cette structure sert également de support aux boîtiers contenant des relais pyrotechniques à retard de 6 secondes.
- les bouteilles qui sont chacune munies, à l'avant d'une valve pour le remplissage, et à l'arrière du système pyrotechnique d'ouverture des bouteilles. Ce système se compose d'une partie centrale servant de support à l'explosion et recevant à l'arrière le détonateur, et d'un "écran onde de choc" composé de tubes cylindriques coaxiaux entourant la partie centrale.
- deux plateaux suspendus par amortisseurs, situés à l'avant, et recevant les équipements suivants :
  - un répondeur radar
  - un programmeur électronique destiné à délivrer les ordres de séparation pointe-véhicule, et l'initialisation de la chaîne de relais pyrotechniques à retard et de l'ouverture de la première bouteille.
  - un boîtier de sécurité empêchant au sol le passage des ordres délivrés par le programmeur.

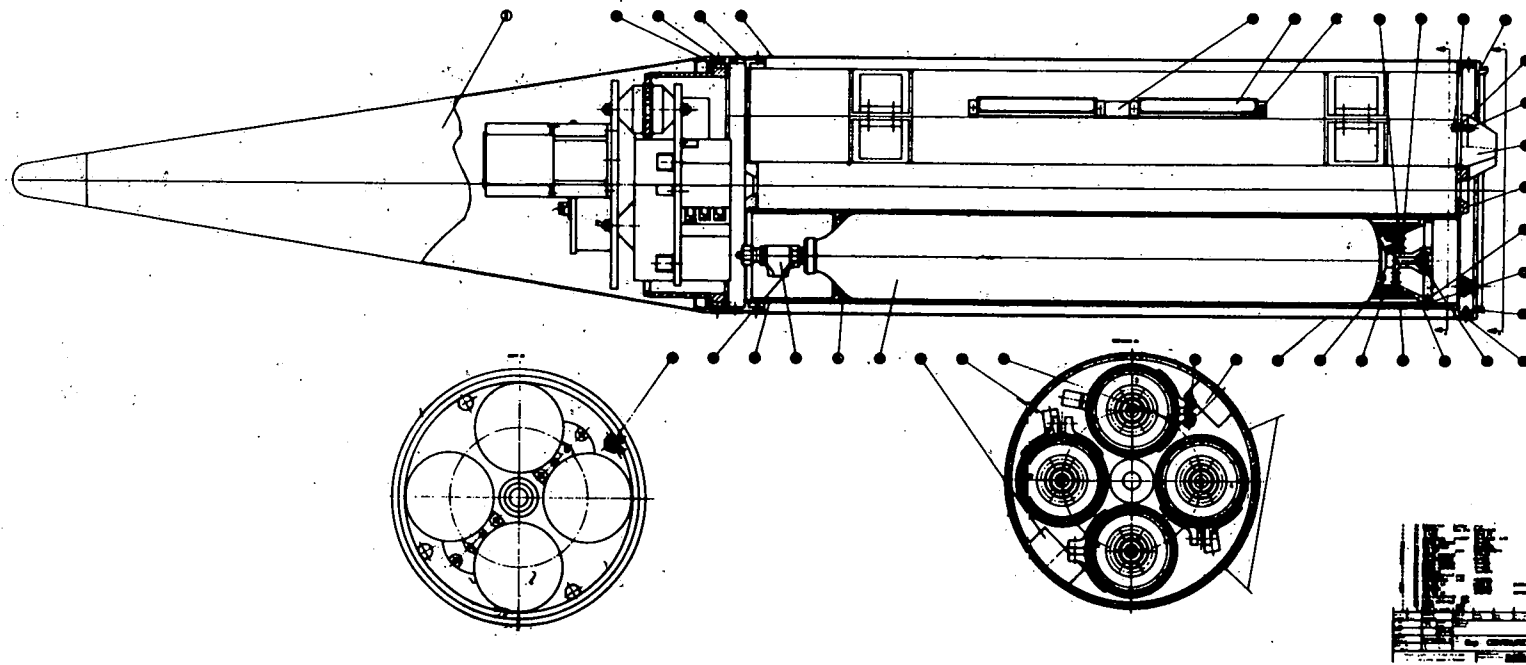


Fig. 2.- La charge utile.

- des blocs de batteries destinées à l'alimentation des équipements électroniques et au fonctionnement des dispositifs pyrotechniques.
- un cône de protection, et une peau cylindrique sur laquelle sont fixés :
  - deux antennes pour le répondeur radar
  - une prise de test et de commande du sol
  - une prise équipée d'un bouchon qui peut être de sécurité (assure le court-circuit des étoupilles pyrotechniques de séparation et d'ouverture de bouteilles), de test (permet de contrôler d'une part la continuité dans les étoupilles, et d'autre part, l'absence de tension sur le circuit situé en amont des étoupilles), ou de vol.
- un cadre arrière permettant la fixation au véhicule par sangle éjectable.

Un premier projet comprenait un programmeur donnant à des temps prédéterminés les cinq ordres nécessaires pour la séparation et l'ouverture des quatre bouteilles. Après les premiers essais cette solution a dû être abandonnée : l'ouverture instantanée des bouteilles nécessitait un système pyrotechnique important qui provoquait un choc important sur toute la structure de la charge utile et qui ne pouvait pas être absorbé par les amortisseurs (4000 g pendant 1.5 millise.). Ceci constituait une contrainte trop importante pour l'électronique standard utilisée pour cette expérience. De ce fait aucun système électronique ou électromécanique était encore fiable après l'ouverture de la première bouteille. La solution finale adoptée fut donc l'utilisation de retards pyrotechniques (fig. 3). Le programmeur a été gardé pour la séparation engin-charge utile, l'ouverture de la première bouteille et l'initialisation d'une chaîne de retards pyrotechniques, ce dernier ordre passant avant l'ouverture de la première bouteille. Trois chaînes de deux retards pyrotechniques de 6 sec. furent montées en série. L'utilisation de ces retards fixes limitait le choix des moments d'ouverture. Néanmoins, comme ce système permettait de choisir le moment de l'ouverture de la première bouteille et que chaque explosion était séparés d'environ 12 sec. la couverture du domaine d'altitude à étudier était garantie compte tenu des performances de la fusée.

Un autre problème très important concernait la sécurité. La pointe comportait des bonbonnes d'un gaz extrêmement toxique et un système pyrotechnique dangereux. Par conséquent il était indispensable de prévoir des sécurités qui permettaient de faire les préparations du vol et le lancement sans aucun risque pour le personnel. De plus, le

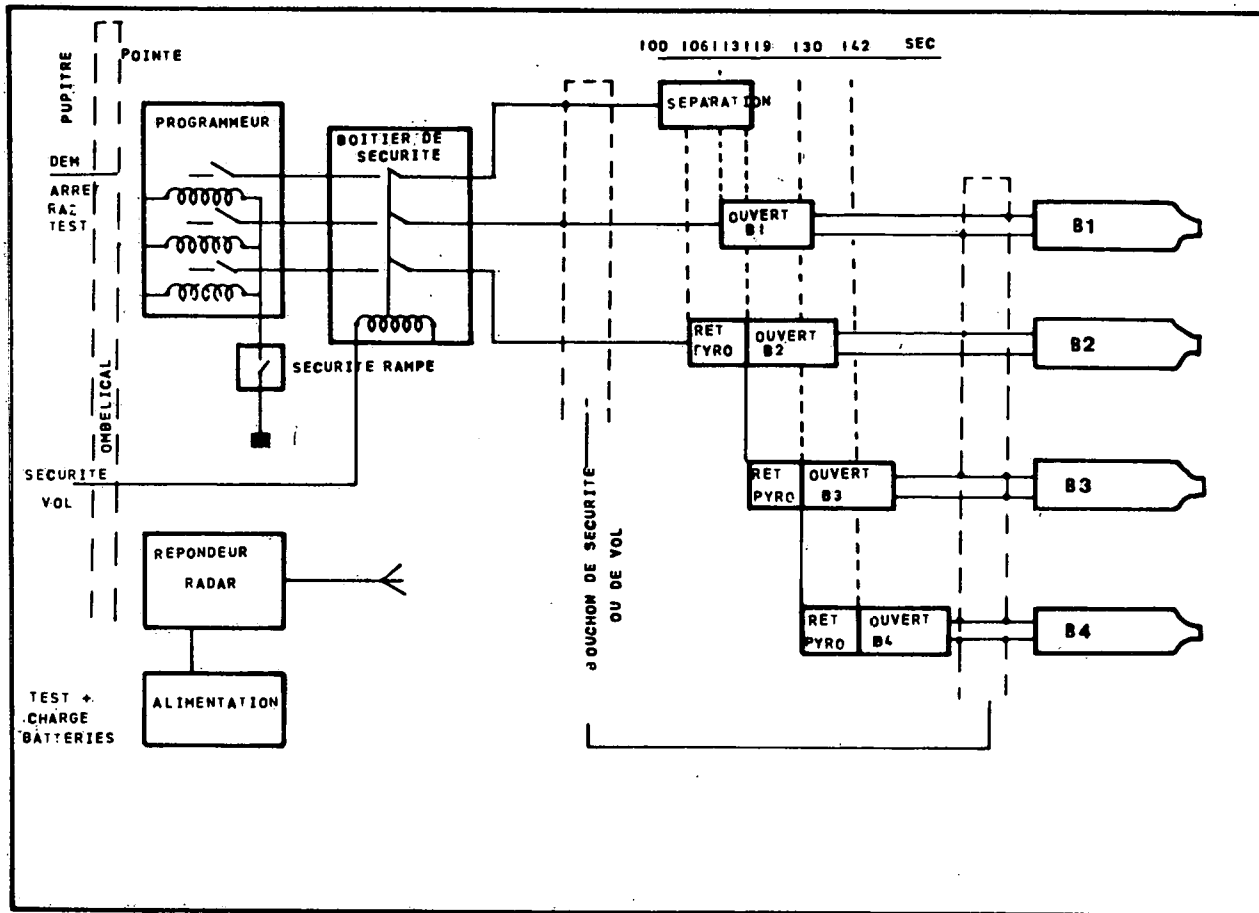


Fig. 3.- Schéma fonctionnel de la pointe.

monoxyde d'azote ne se conservant pas à des pressions élevées pendant de longues périodes, il a été transporté dans des bonbonnes de 20 litres sous une pression de 10 bars et transféré dans les bonbonnes de vols de 4 litres sous une pression de 50 bars à la base de lancement quelques semaines avant les vols. Après le remplissage, les bouteilles sont restées sous une surveillance constante : toutes les deux heures des mesures avec des détecteurs de fuite de  $\text{NO}_2$  (à la pression ambiante le  $\text{NO}$  se transforme immédiatement en  $\text{NO}_2$ ) étaient effectuées.

Les étoupilles des charges explosives qui devaient couper la bouteille étaient réalisées avec des connections doubles : une fiche permettait de les court-circuiter le plus près possible de la charge pendant le montage et pendant le stockage. Ces court-circuits étaient enlevés seulement pour l'assemblage final de la pointe sur l'engin. De plus, une prise de peau permettait la convection d'un bouchon de sécurité, de test ou de vol. Le bouchon de sécurité court-circuitait toutes les étoupilles des charges explosives et permettait de tester tout l'équipement standard sans aucun danger. Le bouchon de test permettait de mesurer la résistance des étoupilles et l'absence de tension sur les fils venant du programmeur avant de les interconnecter avec le bouchon de vol. De plus, les relais des retards pyrotechniques étaient interconnectés de telle façon que les étoupilles étaient protégées par deux court-circuits. En plus de toutes ces précautions les pointes étaient équipées d'un boîtier de sécurité standard du CNES qui était actionné à partir du pupitre de commande et qui interdisait la transmission des ordres du programmeur jusqu'à la mise en position vol, c'est-à-dire 1 minute avant le départ de la fusée.

Finalement le programmeur lui-même était muni d'une sécurité "rampe", qui par l'intermédiaire d'un court-circuit dans le cordon ombilical bloquait les relais commandés par le programmeur.

### **2.3. Les stations d'observation (fig. 4)**

Les moyens optiques utilisés et leurs implantations au sol devaient permettre d'enregistrer les informations nécessaires à la détermination de l'altitude des nuages, de leur intensité lumineuse et de leur évolution au cours du temps. De ce fait, il existait une

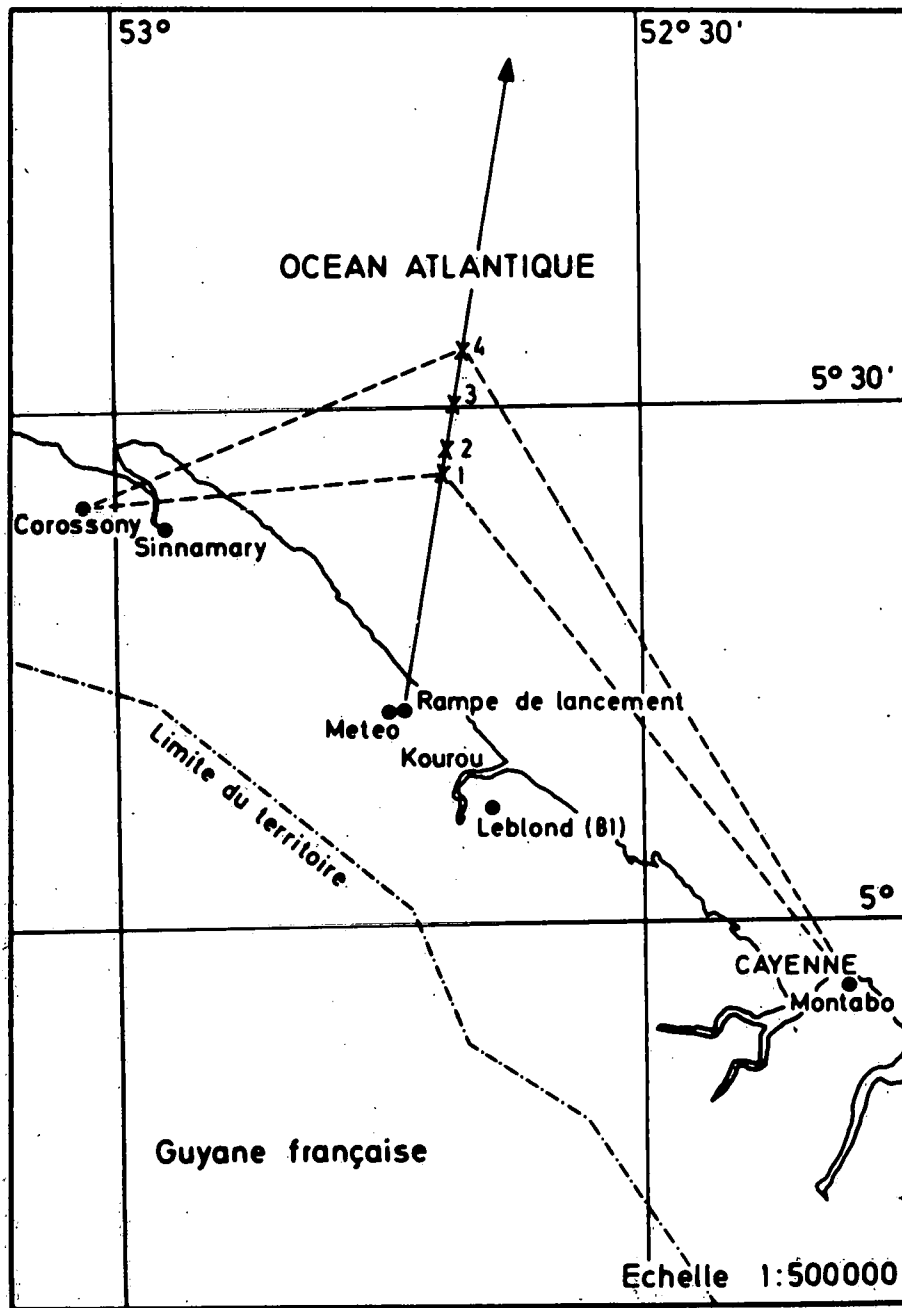


Fig. 4.- Les stations d'observations.

contrainte météorologique très sévère, le ciel devant être parfaitement dégagé aux différents points d'observation en direction des nuages et ceci du début à la fin d'une même nuit.

Grâce à une bonne préparation et une étroite collaboration avec le CSG les instruments d'observation ont pu être utilisés avec la plus grande efficacité.

L'emplacement des stations d'observation a été choisi en fonction des missions et des caractéristiques des différents appareils optiques avec en plus, pour chaque station, des impératifs évidents tels que vue dégagée et absence de lumière parasite en direction de la zone probable d'apparition des nuages.

Ainsi, les stations de Montabo et de Corosony, distantes d'une centaine de kilomètres ont été choisies pour la triangulation. Celles de Météo et Leblond, plus proches du plan de tir ont été retenues pour les appareils à faible champs. De plus, l'avantage essentiel de la station Leblond, était la possibilité de fixer directement un instrument sur la tourelle du radar Bretagne 1 (B1) et ainsi d'en assurer automatiquement le pointage sur les nuages artificiels.

L'implantation des instruments aux différentes stations est décrite dans le tableau ci-dessous. A l'exception de la caméra TV de la station Leblond, les divers instruments étaient installés sur des supports individuels fixés sur des socles en béton, et comportant un dispositif manuel d'orientation en site et en gisement.

---

#### IMPLANTATION DES MOYENS D'OBSERVATION

---

Stations	Corosony	Météo	Leblond	Montabo
Caméra de triangulation	x			x
Caméra TV		x	x	
Caméra Gianini		x		x
Appareils Hasselblad				x

---



Indépendamment des appareils destinés à l'observation des nuages de NO, la station Météo disposait d'un photomètre appartenant à l'Institut d'Astrophysique de Paris (IAP). Cet appareil permettait la mesure de l'émission du ciel nocturne à 5577 Å, valeur caractéristique de l'oxygène atomique à son maximum de concentration. L'utilité de cette mesure était de déterminer pour le cas où les lancements ne pouvaient avoir lieu dans la même nuit, la variation relative de la concentration globale moyenne de l'oxygène atomique d'une nuit à l'autre.

Citons encore pour mémoire l'électronique associée aux instruments et permettant le déclenchement automatique des séquences de prise de vue, et, pour les caméras TV, l'enregistrement sur magnétophone des prises de vue, d'une base de temps et du top décollage.

Les principales caractéristiques optiques des instruments d'observation sont données dans le tableau ci-dessous.

---

#### CARACTERISTIQUES OPTIQUES DES INSTRUMENTS

---

Instrument	Ouverture	Focale	Support	Champ	Codes
Caméra de triangulation	F/5	500 mm	Plaques 103 F KODAK 20 x 25 mm	22° x 28°	1 pose de 5 min
Caméra TV	F/4,5	500 mm	-	5°	50 i/s
Caméra Gianini	F/0,87	76 mm	Film 35 mm KODAK 2485 (8000 ASA)	18° x 26°	Poses 2 à 5 sec
Appareil Hasselblad	F/2,8	80 mm	Film 70 mm KODAK 2485 (8000 ASA)	52°	2 à 10 sec

---

Notons que les caméras de triangulation sont en fait des chambres photographiques à obturateur électrique.

Quant aux caméras TV Westinghouse, la première est du type S1V 614, et possède un détecteur SEC WL-30691 avec une photocathode 820 couplé par fibres optique à un intensificateur d'image WL 30677; la seconde de type TEM 801 E possède le même intensificateur, mais son détecteur type WX - 31792 EBS également avec une photocathode S20, lui donne une sensibilité 2,5 fois plus élevée. La résolution de ces deux caméras est de 625 lignes.

La formation des nuages était déterminée par un programmeur déclenché quelques instants avant la mise à feu de la fusée, et réglé de telle sorte que pour un fonctionnement nominal, les nuages se produisent en des points de coordonnées  $(x_i, y_i, z_i)$  où  $i = 1, 2, 3, 4$ , le premier nuage se produisant à un instant  $T_1$  par rapport au démarrage de la minuterie, et le dernier à l'instant  $T_4$ .

Le pointage nominal des appareils d'observation consistait donc à aligner l'axe optique des appareils sur le point de coordonnées  $(\frac{x_1 + x_4}{2}, \frac{y_1 + y_4}{2}, \frac{z_1 + z_4}{2})$  où, ce qui revient quasiment au même à viser un point  $(X, Y, Z)$  de la trajectoire nominale correspondant à un instant  $T$  tel que  $T_1 < T < T_4$ , où  $T$  est toujours compté par rapport au démarrage du programmeur.

Toutefois, à cause de dispersions sur les instants de démarrage de la minuterie, et de la mise à feu de la fusée d'une part, et de la dispersion propre de la fusée d'autre part, le point moyen de formation des nuages peut être sensiblement différent du point visé nominal  $(X, Y, Z)$ , et le pointage des appareils doit être modifié en conséquence pour que les quatre nuages soient dans leur champ. Le pointage correct des appareils uniquement à partir d'observations visuelles en temps réel étant pratiquement impossible une procédure d'orientation utilisant au mieux les moyens du CSG a été mise en place.

Les appareils étant préorientés sur le point visé nominal  $(X, Y, Z)$  de la trajectoire nominale correspondant au temps  $T$ , le système de localisation définit la trajectoire réelle de la fusée. Un ordinateur IBM 360/44 traite les informations trajectographiques après la phase propulsée pour calculer une prédiction de la position de la fusée  $(X_p, Y_p, Z_p)$  à l'instant  $T$ .

Par comparaison avec les valeurs nominales (X, Y, Z), il en déduit les corrections à apporter au pointage des instruments. Les informations relatives à la station Leblond, permettent un parallaxage automatique de la tourelle du radar Bretagne 1 qui supporte une caméra TV. Les autres informations sont transmises par moyens filaires et hertziens aux stations Corossony, Météo et Montabo; les corrections en site et gisement par rapport au prépointage y sont visualisés sur télétype, à l'aide d'un message télex doublé pour palier à un défaut de transmission.

On trouvera ci-dessous les instants caractéristiques au cours d'un lancement, qui conduisent à un temps disponibles pour les opérateurs égal à 26 s pour effectuer les corrections de pointage.

$H_0 - 30$ s		- démarrage minuterie (programmeur)
		- initialition du programme de calcul sur IBM 360/44
$H_0$		- décollage de la fusée
		- émission d'un top pris en compte par le calculateur
$H_0 + 34$ s		- fin de propulsion du 2e étage
	$\Delta t = 6$ s	- lissage et confirmation de la trajectoire réelle
$H_0 + 40$ s		
	$\Delta t = 21$ s	- élaboration, transmission et visualisation des éléments de correction de pointage.
$H_0 + 61$ s		
	$\Delta t = 26$ s	- temps de correction de pointage disponible
$H_0 + 87$ s		- émission du premier nuage NO
$H_0 + 125$ s		- émission du quatrième nuage NO.

### 3. FONCTIONNEMENT DES MOYENS

Le tableau ci-dessous rassemble les jours et heures des trois lancements, et les nuages observés :

N° du lancement	Jour	Heure	N° des nuages observés
1	12.09.74	22h 20m 32s	1 - 2
2	12.09.74	23h 26m 19s	1
3	13.09.74	22h 23m 05s	1 - 2 - 3

Les premier et second lancements ont été effectués aux heures prévues. L'analyse immédiate montrait qu'au premier lancement, deux nuages avaient été observés et qu'au second lancement, seul le premier avait été observé d'où deux hypothèses :

- l'heure du second lancement était telle que la concentration en oxygène atomique avait fortement baissé auquel cas, le troisième lancement devenait inutile.

- les bouteilles nrs. 2 - 3 et 4 ne s'étaient pas ouvertes et dans ce cas, l'intérêt du troisième lancement était fortement diminué.

Par ailleurs, d'intéressants phénomènes de turbulence ayant été mis en évidence au premier lancement, la décision a été prise de reporter le troisième lancement au lendemain, à l'heure du premier lancement.

Aucune anomalie n'a été constatée concernant le fonctionnement des fusées sondes Centaure IIC sinon des performances légèrement supérieures aux prévisions.

D'autre part, le fonctionnement des charges utiles a été satisfaisant du point de vue répondeur radar, boîtier de sécurité, programmeur, séparation pointe-véhicule. Quant à l'ouverture des bouteilles, on constate un taux de panne de 50%. Ceci est probablement dû à une fiabilité insuffisante du bouchon de vol, système qu'il était indispensable de maintenir pour des raisons de sécurité, et dont la fiabilité ne pouvait être augmentée pour des raisons de délais.

Enfin, le fonctionnement des moyens optiques a été extrêmement satisfaisant, en effet pour tous les nuages émis, l'ensemble des objectifs des observations a pu être rempli,

c'est-à-dire mesure des vents et la détermination de l'altitude, la mesure de l'intensité lumineuse et l'observation de la turbulence atmosphérique.

### *CONCLUSIONS*

Les résultats obtenus par les trois tirs de fusée Centaure IIC les 12 et 13 septembre 1974 à partir du Centre Spatial Guyanais permettent donc une détermination du profil de concentration de l'oxygène atomique entre 80 et 105 km d'altitude. D'autre part, la décroissance de la concentration après le coucher du soleil pourra être estimée pour une altitude, à partir des résultats du deuxième tir. Enfin, des informations intéressantes ont été recueillies sur la turbulence dans la basse thermosphère. Les moyens mis en oeuvre se sont donc révélés suffisamment fiables pour atteindre la presque totalité des objectifs scientifiques et ceci grâce notamment à une charge utile de conception simple et de plus peu coûteuse. D'autre part, l'utilisation des moyens existant au Centre Spatial Guyanais a permis une utilisation efficace des instruments d'observation des nuages artificiels.

Etant donné l'efficacité des moyens mis en oeuvre et le faible coût de l'expérience, il serait intéressant de procéder à des tirs complémentaires. Il faut malheureusement noter que du fait de la suppression des divisions fusée-sonde aussi bien au Centre Européen de Recherches Spatiales (CERS-ESRO) qu'au Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) d'une part et du fait de la mise en sommeil de la base de lancement de Kourou d'autre part, les laboratoires européens se voient priver d'un outil encore indispensable pour l'étude de l'atmosphère.

*REFERENCES*

ACKERMAN, M., Observation de la chemiluminescence de NO dans la turbosphère et aux altitudes associées. I. Aspect photochimique, *Aeronomica Acta C*, 20, 1969.

- 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<sub>2</sub>, 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 plasmopause, 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., Aéronomie, 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<sub>2</sub> 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 plasmopause region, 1975.
- 142 - ACKERMAN, M., NO, NO<sub>2</sub> and HNO<sub>3</sub> below 35 km in the atmosphere, 1975.
- 143 - LEMAIRE, J., The mechanisms of formation of the plasmopause, 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'aberration 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 area, 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 plasmopause positions deduced from McIlwain's electric field models, 1976.
- 162 - ROTH, M., The plasmopause as a plasma sheath : A minimum thickness, 1976.