

# LES PHENOMENES AERONOMIQUES ASSOCIES AU VOL LUNAIRE D'APOLLO 8

par E. AERTS et J. VERCHEVAL

*Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique.*

## 1. — INTRODUCTION

Au cours de la soirée du 21 décembre 1968, jour du lancement en direction de la Lune du vaisseau spatial habité Apollo 8, deux phénomènes lumineux remarquables ont été observés en Grande-Bretagne [1], aux Pays-Bas et en Belgique dans la constellation de l'Aigle. Les nombreuses demandes d'informations adressées par la suite à l'Institut Royal Météorologique, l'Observatoire Royal et l'Institut d'Aéronomie Spatiale ainsi que les déclarations parfois contradictoires d'astronomes amateurs notoires ont décidé A. Pien de l'Institut Royal Météorologique à lancer un appel à la radio et à la télévision afin de recueillir un maximum de témoignages. Nombreux ont été ceux qui répondirent à cet appel. De l'étude du dossier ainsi constitué, nous avons pu conclure que les deux phénomènes observés étaient des phénomènes aéronomiques fondamentalement distincts mais tous deux associés au vol lunaire d'Apollo 8.

## 2. — DESCRIPTION DES PHENOMENES

Le premier phénomène a été observé une première fois à l'aide de jumelles  $15 \times 65$  aux environs de  $16^h20^m$  [2], temps universel (TU). Toutefois, c'est approximativement à partir de  $16^h50^m$  TU qu'il s'est prêté le mieux à l'observation : visible à l'œil nu, il se situait dans la constellation de l'Aigle à proximité de l'étoile Altair et plus précisément au voisinage du point de la voûte céleste ayant pour coordonnées célestes équatoriales une ascension droite de  $19^h40^m$  et une déclinaison de  $+3^\circ$ . Il se présentait sous l'apparence d'une tache lumineuse, d'un blanc laiteux selon la plupart des observateurs mais rougeâtre selon d'autres [3], semblable à un phare d'automobile que l'on aperçoit dans le brouillard. Il se déplaçait vers l'ouest le long de l'équateur céleste avec une vitesse angulaire de 4 degrés par heure. Son diamètre angulaire, trois fois inférieur à celui de la pleine Lune à environ  $16^h40^m$  TU [4] ne cessait d'augmenter : comparable à celui de la pleine Lune aux environs de  $17^h$  TU [4], il était 2,5 fois plus important encore à  $17^h17^m$  TU [3]. De nombreux

témoins ont fait mention de la présence, approximativement au centre de la tache, d'un point brillant de magnitude 1,2 qui semblait se déplacer à l'intérieur du nuage. Ce point a été observé une dernière fois à 17<sup>h</sup>08<sup>m</sup> TU. A 17<sup>h</sup>20<sup>m</sup> TU, le phénomène n'était plus discernable à l'œil nu ; des instruments optiques ont permis de le poursuivre jusqu'à 17<sup>h</sup>45<sup>m</sup> TU. Dernier fait important : les témoins [6] ont reconnu une structure de halo aussi longtemps que le point brillant a été observé. On trouvera à la figure 1 une représentation du phénomène telle qu'elle résulte de l'observation de Van Steenkiste.

Le deuxième phénomène a été observé aux environs de 18<sup>h</sup> TU à proximité de l'étoile  $\theta$  de la constellation de l'Aigle et plus précisément en un point de la voûte céleste ayant pour coordonnées célestes équatoriales une ascension droite de 20<sup>h</sup>16<sup>m</sup> et une déclinaison de + 1,2°. Observé une première fois aux environs de 17<sup>h</sup>48<sup>m</sup> TU, ce phénomène était d'une tout autre nature que le précédent. Les observations les plus

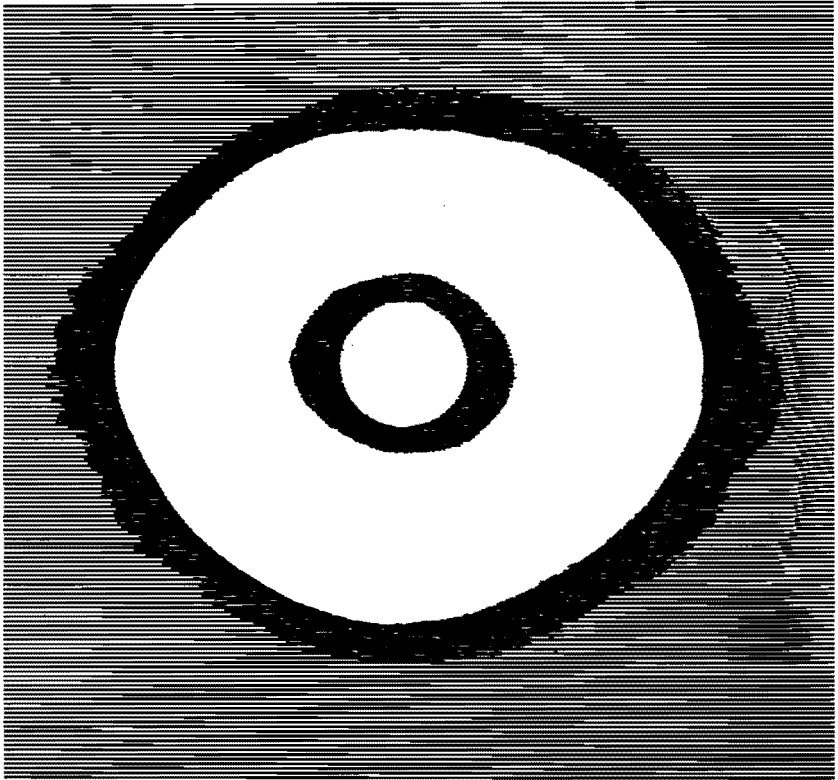


Fig. 1. — Représentation du premier phénomène d'après l'observation de Van Steenkiste.

précises [7] ont fait état d'une tache en éventail ou en forme de crois-sant accompagnée, à l'est, d'un point brillant entouré d'un halo. Ayant été vu sous un angle de quelque  $20'$ , ce deuxième phénomène paraissait donc nettement moins étendu que le premier. Deux observateurs, en l'occurrence Cardoen et de Terwangne, ont donné des précisions, contradictoires il est vrai, concernant sa couleur il s'agissait d'une lueur verdâtre pour le premier, rougeâtre pour le second. La plupart des témoignages ont fait mention de deux tâches allongées de dimensions inégales ; la plus petite disparut aux environs de  $18^{\text{h}}20^{\text{m}}$  TU tandis que l'autre resta discernable jusqu'aux environs de  $19^{\text{h}}$  TU. La figure 2 est une reproduction du phéno-mène due à G. Nuyttens.

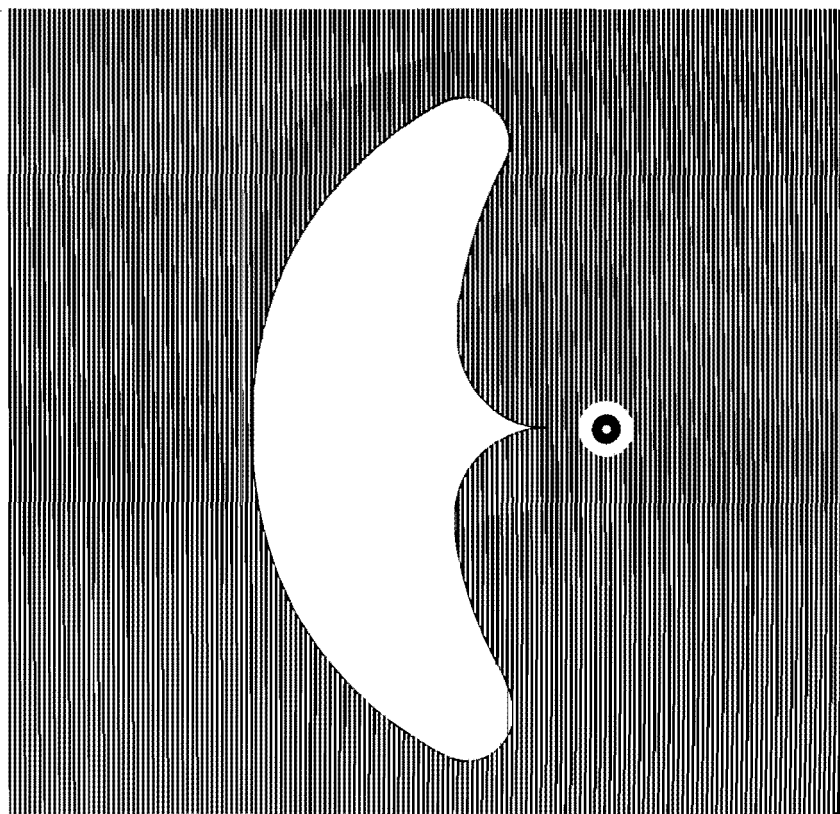


Fig. 2. — Représentation du second phénomène d'après l'observation de Nuyttens.

### 3. — INTERPRÉTATIONS PROPOSÉES

Diverses interprétations nous ont été proposées pour expliquer les phénomènes observés :

- a) la chute d'une météorite dans les couches denses de l'atmosphère
- b) la retombée d'un satellite
- c) l'expérience du nuage de barium prévue dans le cadre de la mission du satellite européen HEOS
- d) des perturbations associées au passage du satellite Echo 2 qui, aux environs de 17<sup>h</sup> TU, était visible à proximité de la constellation de l'Aigle pour un observateur installé en Belgique
- e) des perturbations associées au vol lunaire d'Apollo 8.

Quand on examine une à une ces diverses possibilités, il apparaît que seule la dernière est à exploiter. En effet, l'évolution dans l'espace et dans le temps des phénomènes observés va à l'encontre des deux premières suggestions. D'autre part, l'hypothèse du nuage de barium est facile à réfuter puisque cette expérience n'a pas encore eu lieu à l'heure où nous écrivons ces lignes. Enfin, les phénomènes dont il est question et le passage du satellite Echo 2 ont été observés simultanément par Tack et identifiés comme des événements complètement indépendants, ce qui élimine par conséquent la quatrième proposition.

#### 4. — EXPLICATION DES PHENOMENES

Il existe deux possibilités pour démontrer que les phénomènes lumineux observés étaient en relation avec le vol lunaire d'Apollo 8.

La première possibilité est de vérifier si effectivement, pour un observateur belge, Apollo 8 et le troisième étage SIV-B de sa fusée porteuse se situaient dans la constellation de l'Aigle aux heures d'observations des phénomènes lumineux. Tenant compte du fait qu'à 15<sup>h</sup>41<sup>m</sup> TU, Apollo 8 entamait son orbite translunaire, nous avons pu calculer qu'aux environs de 16<sup>h</sup>45<sup>m</sup> TU, le vaisseau lunaire se situait à une altitude de quelque 40.000 km approximativement à la verticale des Guyanes. La figure 3 montre sur une carte Mercator la projection de l'orbite translunaire d'Apollo 8. Les positions 1 à 3 correspondent à des événements précis :

position 1 : mise à feu de l'étage SIV-B pour l'élancement d'Apollo 8 sur son orbite translunaire

position 2 : sortie de l'ombre de la Terre

position 3 : fin de la manœuvre d'élancement.

Les positions 4, 5 et 6 sont celles qu'occupait Apollo 8 une demi-heure, une heure et cinq heures après la fin de la manœuvre d'élancement.

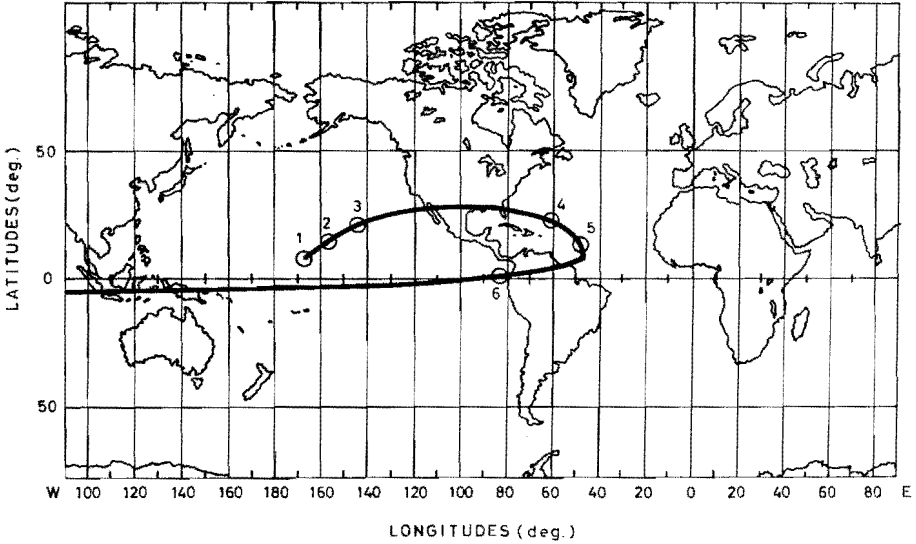


Fig. 3. — Projection, sur une carte Mercator, de l'orbite translunaire d'Apollo 8.

A l'époque des phénomènes observés, Apollo 8 et l'étage SIV-B se trouvaient par conséquent entre les positions 4 et 6. Nous avons vérifié que le 21 décembre 1968, la portion d'orbite correspondante, pour un observateur installé en Belgique, se projetait sur la voûte céleste suivant un arc situé effectivement dans la constellation de l'Aigle.

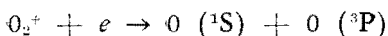
La deuxième possibilité consiste à comparer la chronologie des événements marquants du vol d'Apollo 8 avec celle des phénomènes observés.

a) Le programme Apollo 8 révèle qu'aux environs de  $16^{\text{h}}13^{\text{m}}$  TU [8], a eu lieu la séparation du troisième étage SIV-B et de la cabine Apollo par des procédés pyrotechniques. On peut dès lors concevoir que la manœuvre de séparation a libéré des produits de combustion sous la forme d'un nuage de gaz et de poussières. Cette interprétation est d'ailleurs compatible avec la constatation faite par les autorités responsables du programme Apollo 8 d'une libération de gaz anormalement élevée au cours de la séparation [9]. Par le mouvement brownien, le nuage s'est ensuite dilaté permettant ainsi la diffusion de la lumière solaire. Il est clair qu'il devait être assez développé pour se prêter à l'observation ; le fait qu'il ait été observé une première fois à  $16^{\text{h}}20^{\text{m}}$  TU à l'aide d'instruments optiques et à  $16^{\text{h}}40^{\text{m}}$  TU à l'œil nu, est donc compatible avec cette interprétation. D'autre part, la forme sphérique qu'il présentait tout au long des observations nous permet de conclure qu'il était

constitué uniquement de particules non ionisées (principalement oxygène et hydrogène) à mêmes de diffuser la lumière solaire. En effet, la présence de particules ionisées lui aurait donné une forme allongée suivant la direction des lignes de force du champ géomagnétique. Telle est donc l'explication que nous proposons au premier phénomène observé.

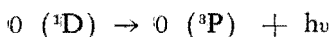
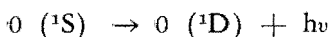
Par ailleurs, le programme Apollo 8 avait prévu peu après la séparation, l'exécution, par le module de service de la cabine Apollo, d'une série de manœuvres destinées notamment à éloigner davantage le véhicule spatial de l'étage SIV-B. Le point brillant observé dans le nuage (premier phénomène) était vraisemblablement dû aux flammes sortant des tuyères du module de service au cours de ces manœuvres. D'autre part, on sait que des anneaux de diffraction se forment lorsque une source lumineuse (dans ce cas, les flammes des moteurs du module de service) est observée à travers un nuage. On peut dès lors déplorer qu'aucune mesure précise du diamètre des anneaux de diffraction n'ait été faite car, en utilisant une plaque à lycopodes, on aurait pu déterminer le diamètre des particules diffusantes par simple application du principe de l'ériomètre de Young.

b) Aux environs de 17<sup>h</sup>36<sup>m</sup> TU, les techniciens américains avaient prévu un changement d'attitude du SIV-B pour permettre l'éjection, dans les meilleurs conditions, de l'oxygène liquide pressurisé encore contenu dans les réservoirs de l'étage. A nouveau, il est clair qu'un certain temps a été nécessaire au nuage ainsi constitué pour prendre une extension de nature à permettre son observation dans le ciel nocturne. Les premières observations du second phénomène aux environs de 17<sup>h</sup>48<sup>m</sup> sont donc compatibles avec cette version des faits. La forme en éventail observée peut être expliquée du fait de la présence probable de gaz ionisés [1]. En supposant qu'il s'agit d'ions O<sub>2</sub><sup>+</sup>, ceux-ci se recombinent ensuite avec des électrons libres suivant la réaction [10] :



où O (<sup>1</sup>S) est un atome d'oxygène excité.

Or, lorsque l'électron de l'atome excité O (<sup>1</sup>S) retourne à son niveau normal, il y a émission de lumière en vertu des réactions suivantes :



Dans le premier cas, il s'agit d'une lumière verte caractérisée par une longueur d'onde de 5577Å. Dans l'autre cas, il y a émission d'une lumière rouge sur les longueurs d'onde de 6300Å et 6363Å. Ces émissions de lumière ont lieu régulièrement dans les phénomènes auroraux. Très signi-

ficatives sont donc les observations d'une lumière verte par Cardoen et d'une lumière rouge par de Terwangne. Il n'est pas exclu cependant que la lumière rouge soit due à une interférence. De toute manière, il faut regretter l'absence de toute mesure spectroscopique. L'hypothèse de la formation d'ions  $O_2^+$  pourrait toutefois être écartée. Ainsi, Ackerman [11] suggère plutôt la formation de particules d'oxygène solide, chargées ensuite par photoionisation.

De toute manière, les particules ionisées du nuage se sont orientées suivant les lignes de force du champ magnétique terrestre ; on peut facilement s'en rendre compte en examinant la photographie du phénomène publiée dans *Nature* [1]. Dans le même temps, les particules neutres se sont dispersées isotropiquement [12]. L'effet combiné était par conséquent de nature à correspondre à la forme de croissant ou en éventail observée. Par contre, le point brillant entourée d'un halo, observé à l'est de ce croissant, pouvait provenir des flammes des petits moteurs-fusée de la cabine Apollo 8 qu'une fumée, produite par la combustion des carburants, enveloppait. Cette interprétation nous paraît convenir au second phénomène observé.

## CONCLUSION

De ces quelques considérations, on peut conclure indiscutablement que les phénomènes lumineux observés en Belgique dans la constellation de l'Aigle, au cours de la soirée du 21 décembre 1968, étaient des phénomènes aéronomiques étroitement associés au vol lunaire d'Apollo 8. Quant à leur nature exacte, seule une étude plus détaillée pourra nous la révéler.

## REFERENCES

- [1] D.G. KING-HELE, *Nature*, 221, 5-6, 1969.
- [2] Observations de M. COSSEY de Poperingue communiquées par H. DE MEYER de Bruges.
- [3] Observations de M. DANHIEUX de Asse.
- [4] Observations de Ch. ROUBENS de Dworp et J. SULLS de Renaix.
- [5] Observations de STOELS de Ramsdonk.
- [6] Observations de VAN STEENKISTE d'Ostende et R. WULLAERT de Mechelen (Flandre Orientale).
- [7] Observations de CARDOEN d'Ypres et G. NUYTENS de Bavikhove.
- [8] A. DUCROCQ, *Air et Cosmos*, n° 275, 10-15 et 46-47, 1969.
- [9] E.J. BULBAN, *Aviation Week and Space Technology*, 90 (1), 28-31, 1969.
- [10] M. WALT, *Auroral Phenomena*, Standford Un. Press., 6965.
- [11] M. ACKERMAN, Institut d'Aéronomie Spatiale, communication privée.
- [12] G. HAERENDEL and R. LÜST, *Scientific American*, 219 (5), 81, 1968.