

Observations en Belgique de phénomènes lumineux se rapportant au vol lunaire d'Apollo 12

par M. ACKERMAN (*), E. AERTS (*), J. VERCHEVAL (*)
et H. DEBEHOGNE (**)

SUMMARY. — Ground based observations made in Belgium of luminous phenomena related to the Apollo 12 mission are described. Precise sky coordinates are given for some events as well as spectrographic informations on their light emission.

1. — Introduction.

Deux des auteurs de la présente communication ont donné récemment une interprétation des phénomènes qui se manifestèrent lors du voyage lunaire d'Apollo 8. Certains de ces phénomènes inattendus furent heureusement observés par un grand nombre d'astronomes amateurs bénévoles. Leurs données ont servi à l'étude publiée dans le dernier numéro de 1968 de Ciel et Terre [1]. Comme ces informations étaient souvent entachées d'une certaine subjectivité, certaines interprétations des phénomènes se sont révélées incorrectes par la suite. Par contre, le passage d'Apollo 12 ainsi que la possibilité de la visibilité de l'éjection de ses propergols ayant été annoncés par la NASA et diffusés par l'Observatoire de Meudon (France), de nombreux observateurs ont pu mettre un dispositif d'observation sur pied. Ceci fut notamment le cas pour l'Observatoire Royal, l'Institut d'Aéronomie Spatiale ainsi que pour de très nombreux observatoires d'amateurs alertés par les Services de l'IAS grâce aux bons soins de la BRT - RTB. Il en résulte que des informations plus détaillées, plus complètes et surtout plus objectives ont été recueillies. Dans ce qui suit, nous discutons les résultats de toutes ces observations.

(*) Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique.

(**) Observatoire Royal de Belgique.

2. — Chronologie du vol et des observations.

Ayant été lancé le 12 novembre 1969 à 16^h22^m (***) à partir de l'aire de lancement de Cap Kennedy, l'ensemble formé par l'étage S-4B (Saturn-4B), le LM (Lunar Module) et le CSM (Command and Service Module) a été injecté sur une trajectoire translunaire à 19^h09^m. C'est principalement à partir de cet instant que nous énumérons et discutons avec plus de détails les activités terrestres et les événements qui ont lieu dans l'espace.

Dès 19^h38^m, débutent les manœuvres de séparation du CSM du troisième étage auquel le LM reste attaché. L'opération commence par le détachement des quatre panneaux qui protègent le module lunaire. Ils sont éjectés et constituent quatre objets indépendants qui évoluent séparément formant des objets célestes qui provoquent des éclats lumineux comparables à ceux d'une étoile de la 7^{ème} ou 8^{ème} magnitude. Après la séparation, le CSM se retourne et se joint de nouveau au LM. Cette opération est terminée vers 19^h50^m.

A partir de 19^h52^m, cinq objets deviennent observables dans nos régions ; les vaisseaux acouplés au troisième étage S-4B forment momentanément un seul objet allongé de magnitude 10 à 12. En plus il y a les quatre panneaux protecteurs dont il fut question ci-dessus. Apparemment personne ne les observe au début bien que la T.V. ait annoncé dès 19^h leur présence pour 19^h50^m. Ce n'est qu'aux environs de 20^h30^m que de nombreux amateurs discernent les reflets des panneaux.

A 20^h14^m, une première éjection de gaz a lieu. Il s'agit de quelque 70 kg d'hélium qui est évacué par la tuyère centrale de la S-4B entraînant ainsi de l'hydrogène et formant en tout un nuage d'une demi tonne. Peu après, à 20^h15^m pour d'aucuns [2], à 20^h16^m pour d'autres [3], le nuage devient visible et présente un point central plus lumineux. Il grossit à vue d'œil pour atteindre des dimensions apparentes comparables à celles de la Lune. Ce phénomène, appelé par la suite phénomène A, a été comparé par certains astronomes à une comète dépourvue de queue. Vers 20^h25^m, le nuage sphérique commence à s'effacer par le point brillant central. A travers le voile du nuage, on aperçoit les reflets des quatre panneaux ainsi que le train lunaire. Le nuage cesse d'être observable vers 20^h45^m [4]. Ce phénomène A a été observé en particulier à l'O.R.B.

Aux environs de 20^h32^m, les amateurs qui ont suivi le train lunaire se déplaçant sur la voûte céleste aperçoivent la formation d'un petit nuage en forme de plume qui disparaît vers 20^h40^m.

Vers 20^h38^m, intervient la séparation de l'étage S-4B du reste du train lunaire. Cette séparation provoque un dégazage excessif, probablement provoqué par un mauvais fonctionnement d'une valve [5] ; il en résulte que d'importantes quantités d'oxygène liquide sont expulsées for-

(***) Les heures sont exprimées en Temps Universel.

mant un troisième nuage. Plusieurs observateurs [4] remarquent ce nuage qui cesse d'être visible vers 20^h55^m.

Après la séparation de l'étage S-4B, six éléments évoluent dans le ciel. Il s'agit des cabines couplées (c.-à-d. le LM et le CSM), de l'étage S-4B et des quatre panneaux. Les premiers constituent des points lumineux de la 10^{ème} magnitude, les autres se manifestent par des reflets de la 8^{ème} magnitude comme en témoignent les observations de nombreux amateurs [6].

A 21^h08^m, intervient la vidange des réservoirs d'oxygène liquide de l'étage S-4B dans le but de le placer sur une orbite héliocentrique. Cette opération se manifeste vers 21^h10^m par la formation d'un nuage. Ce phénomène, observé par l'équipe de l'IAS à 21^h10^m30^s est appelé ci-dessous : phénomène B. Très vite, on peut distinguer deux noyaux qui bientôt épousent des formes différentes : l'un ressemble à un champignon et s'estompe après 7^m40^s. L'autre a l'aspect plutôt sphérique et peut être décelé jusqu'à 21^h30^m [7].

3. — Observation du phénomène A.

Le phénomène lumineux A présentant en son centre un point brillant de magnitude visuelle 2 environ, a été photographié au moyen de l'astrographe double Zeiss de l'Observatoire Royal de Belgique, de 40 cm d'ouverture et de 2 m de distance focale. La nébulosité qui entourait ce point est également décelable sur les deux clichés simultanés (enregistrement photographique double) dont la figure 1 montre le cliché de la chambre ouest.

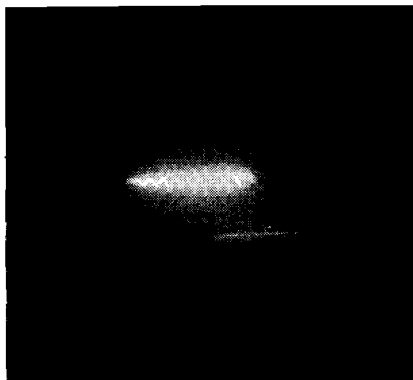


Fig. 1. — Phénomène A.

Les traînées correspondent à deux poses de 1 min. T.S. séparées par 3 min. 35 sec. T.S. La première pose, commencée à 20 h. 21 min. 13 sec. T.U., a donné lieu à la traînée la plus épaisse. Sur le cliché 1° équivaut à 3,5 cm.

A 20^h21^m13^s, a débuté une première pose durant 1 min (traînée la plus épaisse sur le cliché de la fig. 1). Des bancs nuageux menaçant de masquer la suite du phénomène, une seconde pose a été prise immédiatement, de même durée que la première, alors que le phénomène subissait une atténuation sensible (traînée la plus mince). Dans le but d'obtenir avec certitude cette seconde image sur le cliché, un recentrage de l'instrument sur l'objet a été réalisé. Le double pointage a donné deux traits quasi parallèles à peu de distance l'un de l'autre alors qu'en réalité ce sont là deux portions de l'orbite unique, décrites chacune en une min. par l'engin et qui si l'on avait réalisé une pose continue, seraient séparées par le segment de la trajectoire parcouru en 3 min 35 sec., temps écoulé entre les deux poses. Ce procédé permet aussi le calcul de positions d'images situées au centre du cliché, cas où la précision est généralement optimum. Par contre, l'identification des étoiles s'en est trouvée plus difficile. En effet, le cliché portait deux champs stellaires enchevêtrés. Toute erreur d'identification aurait néanmoins été décelée lors du calcul des résidus sur les étoiles de référence comme il sera discuté ci-dessous.

Les mesures des quatre extrémités des segments (images d'Apollo 12) et des étoiles ont été effectuées indépendamment par G. Roland et H. Debehogne, sur l'ASCO-record de l'ORB, à la fois sur les clichés des chambres est et ouest et les 16 réductions correspondantes obtenues au moyen de l'ordinateur IBM 1620 de l'ORB par G. Roland, sur la base de rattachements à cinq étoiles. Il a été décidé de choisir comme positions les moyennes des positions trouvées (tableau I). De la comparaison de celles-ci et compte tenu des résidus sur les étoiles de référence (tableau II), on estimera la précision en α et δ . Pour préciser ce point, nous utiliserons les formules suivantes [8] :

$$\varepsilon_0 = \sqrt{(\sum e_i^2)/(m - n)}$$

ε_0 étant l'erreur quadratique moyenne sur une observation de poids 1, e_i étant l'écart à la moyenne de l'observation i , m le nombre d'observations et n le nombre de groupes d'observations ;

$$\varepsilon_M = \sqrt{(\sum e_i^2)/[(m - n) n]}$$

ε_M étant l'erreur sur une moyenne.

On trouve (tableau I) :

a) en α

$$\varepsilon_0^\alpha = \sqrt{(\sum e_i^2)/(16 - 4)} = 0^s,8$$

$$\varepsilon_M^\alpha = \sqrt{(\sum e_i^2)/(12 \times 4)} = \varepsilon_0/2 = 0^s,4$$

TABLEAU I.

Date T.U. 1969 nov.	$\alpha_{1950.0}$		Mes. Cliché	Moyennes		Ecart à la moyenne	
	h m s	o ' "		$\alpha_{1950.0}$	$\delta_{1950.0}$	en α	en δ
14,84807	19 20 42,878	+ 9 59 50,55	1 W	19 20 43,7 ($\pm 0,8$)	+ 9 59 52 (± 1)	- 0,850	- 1,11
	43,886	51,48	2 W			0,158	- 0,18
	43,719	51,98	1 E			- 0,009	0,32
	44,428	52,64	2 E			0,700	0,98
14,84876	19 22 38,079	+ 9 57 46,51	1 W	19 22 37,5 ($\pm 0,8$)	+ 9 57 48 (± 1)	0,614	- 1,07
	37,195	46,89	2 W			- 0,270	- 0,69
	37,736	48,67	1 E			0,271	1,09
	36,849	48,24	2 E			- 0,616	0,66
14,85124	19 29 04,634	+ 9 49 59,64	1 W	19 29 05,7 ($\pm 0,8$)	+ 9 50 00 (± 1)	- 1,028	0,04
	06,473	59,11	2 W			0,811	- 0,49
	05,155	59,19	1 E			- 0,507	- 0,41
	06,388	50 00,48	2 E			0,726	0,88
14,85194	19 30 47,028	+ 9 47 48,93	1 W	19 30 46,1 ($\pm 0,8$)	+ 9 47 49 (± 1)	0,962	- 0,26
	46,193	47,09	2 W			0,127	- 2,10
	46,168	48,83	1 E			0,102	- 0,36
	44,873	51,90	2 E			- 1,193	+ 2,71

Mesureurs : 1 = G. Roland. 2 = H. Debehogne.

Cliché : E = est, W = ouest.

TABLEAU II.

ETOILES	Résidus d'après les mesures effectuées sur les clichés dits est (E) et ouest (W) de G Roland (R _E , R _W) et H. Debehogne (D _E , D _W)							
	R _W	D _W	R _W	D _W	R _W	D _W	R _W	D _W
	"	"	"	"	"	"	"	"
+ 9 4075	0,025	0,018	— 0,61	— 0,54				
+ 9 4085	— 0,004	0,000	0,60	0,42	— 0,017	— 0,016	+ 1,55	+ 1,90
+ 9 4093	— 0,016	— 0,016	— 0,55	— 0,28				
+ 10 3876	— 0,042	— 0,033	0,52	0,56	— 0,010	— 0,010	0,38	0,58
+ 10 3881	0,037	0,032	0,04	— 0,16				
+ 9 4081					0,029	0,028	— 2,20	— 2,77
+ 9 4103					0,002	0,001	— 0,50	— 0,55
+ 10 3886					— 0,004	— 0,003	0,76	0,84
+ 9 4123	0,005	0,002	— 0,22	— 0,19				
+ 9 4142	0,018	— 0,009	0,72	0,59	0,014	0,023	0,42	0,23
+ 9 4145	0,000	— 0,004	— 0,39	— 0,51	— 0,017	0,002	— 0,24	— 0,40
+ 9 4138	0,021	0,018	— 0,29	0,04	0,007	— 0,001	0,09	0,16
+ 9 4124	— 0,008	— 0,006	0,18	0,06				
+ 9 4146					— 0,021	— 0,043	— 0,68	— 0,31
+ 9 4150					0,017	0,018	0,40	0,31

TABLEAU II (suite)

ETOILES	Résidus d'après les mesures effectuées sur les clichés dits est (E) et ouest (W) de G Roland (R _E , R _W) et H. Debehogne (D _E , D _W)							
	R _E	D _E	R _E	D _E	R _E	D _E	R _E	D _E
	s	s	"	"	s	s	"	"
+ 9 4075	- 0,016	- 0,021	- 0,59	- 0,64				
+ 9 4085	0,018	0,020	0,62	0,56	- 0,010	- 0,005	1,45	1,53
+ 9 4093	- 0,019	- 0,018	- 0,62	- 0,46				
+ 10 3876	0,012	0,018	0,45	0,59	0,030	0,016	0,30	0,43
+ 10 3881	0,005	0,001	0,13	- 0,05				
+ 9 4081					- 0,008	- 0,005	- 2,01	- 2,20
+ 9 4103					0,021	0,011	- 0,49	- 0,46
+ 10 3886					- 0,032	- 0,017	0,75	0,71
+ 9 4123	0,002	0,002	- 0,06	0,00				
+ 9 4142	- 0,005	- 0,006	0,23	- 0,01	- 0,006	0,015	0,19	0,20
+ 9 4145	0,021	0,004	- 0,03	0,02	0,020	0,005	0,07	- 0,06
+ 9 4138	- 0,025	0,000	- 0,23	- 0,02	- 0,008	- 0,002	0,02	0,02
+ 9 4124	0,006	0,000	0,10	0,00				
+ 9 4146					0,006	- 0,029	- 0,32	- 0,34
+ 9 4150					- 0,011	0,010	0,17	0,18

Ces résidus sont faibles et concordants pour les deux mesureurs.

b) en δ

$$\varepsilon_0^\delta = 1'',$$

$$\varepsilon_M^\delta = 1''.$$

4. — Observation du phénomène B.

Le matériel d'observation de l'IAS comportait notamment une caméra sans obturateur, munie d'un objectif de 76 mm de distance focale ouvert à $f/0,86$, chargée de film Kodak recording 2475 à support Estar (révélateur : DK 50 de Kodak). Au début du phénomène, les temps de pose étaient de 12 secondes et ont été réduits à 3 secondes après 5 minutes. La figure 2 montre deux clichés obtenus, le premier à 21^h14^m, le second à 21^h18^m. Sur ce dernier, deux nuages distincts sont discernables.



Fig. 2. — Phénomène B.

Le cliché 1 a été obtenu à 21 h. 14 min. T.U., le cliché 2, à 21 h. 18 min. T.U. Sur ce dernier, deux nuages distincts sont discernables. Sur le cliché 1° équivaut à 2,2 cm.

Les mesures faites sur ASCO-record ont été réduites par Debehogne et Callewier au moyen de l'ordinateur 360 de l'Institut Royal Météorologique en adoptant successivement les méthodes utilisant 6, 7 et 8 constantes, la programmation ayant été assurée par Debehogne [9].

Les tableaux III, IV et V fournissent les résultats obtenus pour une dizaine de clichés. La précision interne, c'est-à-dire la moyenne arithmétique des valeurs absolues des écarts sur les étoiles de base (de référence) sont données en colonnes 3 et 4. La comparaison des tableaux montre que les trois méthodes conduisent à des résultats comparables : on en déduit notamment que l'optique de l'instrument utilisé est très acceptable (la distorsion ne se manifeste que dans onze calculs sur vingt).

TABLEAU III. — (6 constantes)

N° des clichés	Date T.U 1969 nov.	α1950.0	δ1950.0	$\overline{\Sigma \Delta\delta }$	$\overline{\Sigma \Delta\alpha }$
		h m s	° ' "	"	"
0	14,8823	20 19 52,1	+ 8 06 46	12,5	11,0
1	14,8824	20 20 03,2	+ 8 05 38	9,2	10,3
		20 20 03,3	+ 8 05 24		
2	14,8826	20 20 11,7	+ 8 05 44	10,7	9,5
3	14,8827	20 20 23,0	+ 8 05 16	8,2	10,4
4	14,8828	20 20 33,6	+ 8 05 15	12,2	10,7
5	14,8830	20 20 39,6	+ 8 04 13	12,3	9,6
10	14,8837	20 21 25,5	+ 8 02 04	10,0	10,6
20	14,8850	20 22 53,0	+ 7 57 41	10,7	8,3
50	14,8869	20 24 47,8	+ 7 54 10	8,2	5,6
		20 25 04,8	+ 7 52 55		
70	14,8876	20 25 37,4	+ 7 52 39	8,0	8,6

5. — Analyse des observations de trajectoires.

A la figure 3, nous avons représenté dans un système (α , δ) les diverses positions calculées des deux phénomènes observés. Cela permet de comparer la trajectoire suivie par Apollo 12 et celle initialement communiquée par la Bellcomm. Inc. et transmise par l'Observatoire de Meudon. Précisons cependant qu'en vertu des interprétations données ci-dessus, seules les positions relatives au phénomène A et celle marquant le début du second se rapportent au véhicule Apollo 12 proprement dit.

On constate un écart important de la trajectoire réelle par rapport à la trajectoire théorique lors du premier phénomène. Cet écart tend ensuite à diminuer progressivement. Les éphémérides qui nous ont été transmises ne sont ni suffisamment complètes ni suffisamment précises pour mettre en évidence, en les combinant avec les données d'observation, un écart éventuel entre la trajectoire apparente d'Apollo et celles des centres de masse des nuages formés.

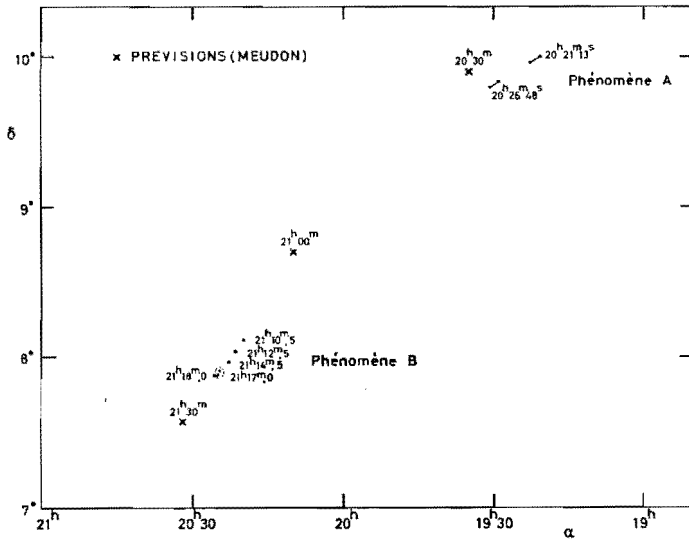


Fig. 3. — Positions des phénomènes observés par rapport à la trajectoire prévue d'Apollo 12.

TABLEAU IV. — (7 constantes)

N° des clichés	Date T.U. 1969 nov.	1950.0		$\overline{ \Delta\delta }$	$\overline{ \Delta\alpha }$
		α	δ		
		h m s	o ' "	"	"
0	14,8823	20 19 52,8	+ 8 06 59	11,3	9,6
1	14,8824	20 20 03,2	+ 8 05 37	9,3	10,0
		20 20 03,2	+ 8 05 24		
2	14,8826	20 20 11,4	+ 8 05 43	10,4	9,1
3	14,8827	20 20 23,2	+ 8 05 13	8,0	9,3
4	14,8828	20 20 33,9	+ 8 05 17	11,4	9,7
5	14,8830	20 20 39,5	+ 8 04 08	12,4	8,7
10	14,8837	20 21 25,4	+ 8 02 05	10,0	9,7
20	14,8850	20 22 52,7	+ 7 57 41	10,2	8,4
50	14,8869	20 24 48,2	+ 7 54 10	7,3	5,6
		20 25 05,2	+ 7 52 55		
70	14,8876	20 25 37,1	+ 7 52 41	7,5	8,3

TABLEAU V. — (8 constantes)

N° des clichés	Date T.U 1969 nov.	$\alpha_{1950.0}$	$\delta_{1950.0}$	$\overline{\Sigma \Delta\delta }$	$\overline{\Sigma \Delta\alpha }$
		h m s	° ' "	"	"
0	14,8823	20 19 51,5	+ 8 06 54	17,1	8,9
1	14,8824	20 20 02,3	+ 8 05 40	11,1	8,5
		20 20 02,3	+ 8 05 27		
2	14,8826	20 20 10,4	+ 8 05 37	13,5	9,8
3	14,8827	20 20 21,8	+ 8 05 15	14,4	12,4
4	14,8828	20 20 30,9	+ 8 04 32	15,3	11,0
5	14,8830	20 20 40,0	+ 8 04 22	8,7	11,7
10	14,8837	20 21 27,4	+ 8 02 00	15,9	7,7
20	14,8850	20 22 53,1	+ 7 57 29	12,3	8,0
50	14,8869	20 24 40,7	+ 7 52 59	10,4	12,0
		20 24 57,7	+ 7 51 45		
70	14,8876	20 25 28,3	+ 7 50 36	12,1	20,6

6. — Nature des émissions lumineuses.

La nature des émissions lumineuses visibles a été étudiée au moyen d'un spectrographe à faible dispersion Huet, type C₁, sur la fente duquel les objets luminescents étaient imagés au moyen d'un objectif de 15 cm de distance focale. Des spectres ont été obtenus sur plaques Kodak 103 A F.

Dans le cas du phénomène A très diffus et de grande dimension angulaire, la présence des émissions dues à l'éclairage public à Uccle ne permet pas de caractériser les émissions spécifiques du nuage formé lors de la manœuvre d'Apollo. Le second phénomène a donné lieu à un spectre (fig. 4) bien localisé et présentant l'aspect d'une traînée que l'on peut facilement distinguer des émissions de l'éclairage de l'agglomération bruxelloise (mercure et sodium) couvrant toute la hauteur de la fente du spectrographe. Le caractère de continuum de la lumière émise suggère qu'il s'agit de rayonnement solaire diffusé par les particules solides formées lors du refroidissement brutal des liquides éjectés dans le vide au cours de la manœuvre d'évasion de l'étage S-4B.

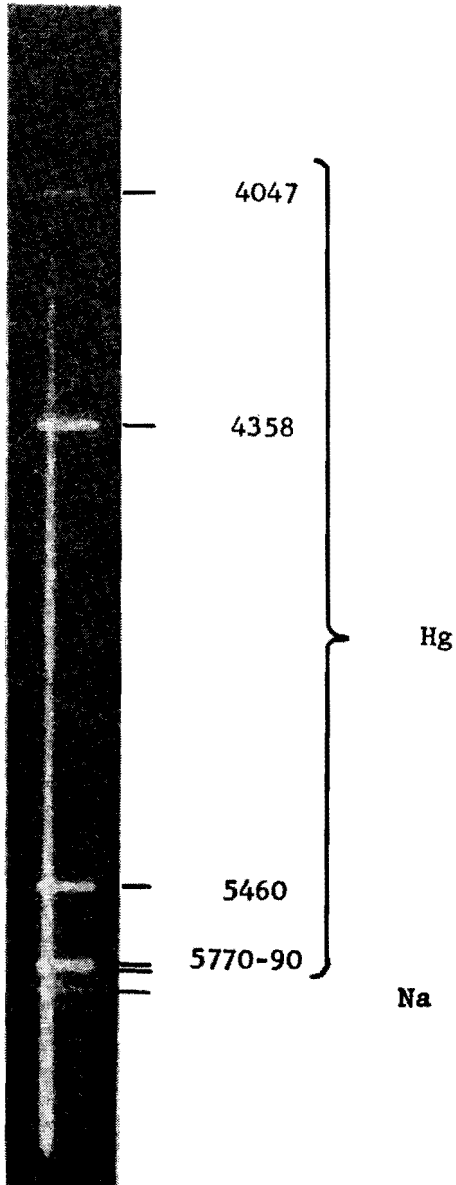


Fig. 4. — Spectre enregistré lors du phénomène B.

Les raies du mercure et du sodium sont dues aux émissions de la ville.

7. — Conclusion.

Bien que nos observations soient fragmentaires, nous estimons qu'elles sont caractérisées par une très grande précision et contribueront à la définition exacte de la trajectoire d'Apollo 12. D'autre part, les observations spectroscopiques ont apporté des informations supplémentaires non négligeables.

Remerciement.

Nous remercions vivement M. Frutkin, administrateur de la NASA, pour son empressement à nous communiquer certaines précisions relatives au vol Apollo 12 ainsi que tous les astronomes amateurs et observateurs bénévoles qui nous ont transmis leurs informations. Nos remerciements vont également à M. Pien de l'Institut Royal Météorologique, aux services d'information de la RTB-BRT et à l'Observatoire de Meudon.

REFERENCES

- [1] E. AERTS, et J. VERCHEVAL : les phénomènes aéronomiques associés au vol lunaire d'Apollo 8 ; *Ciel et Terre*, 84, 420-426, 1968.
- [2] DE MEYER, AUTEKIE et PERRY, communication privée.
- [3] SMITHSONIAN Astrophysical Observatory à San Fernando (Espagne), communication privée.
- [4] AUTEKUI et TERRY, communication privée.
- [5] *Aviation Week and Space Technology*, 91, n° 21, 25, 1969.
- [6] AUTEKIE et TERRY, DEPAEPE, LONGEVILLE, communications privées.
- [7] VERSCHRAEGEN, Observatoire privé, Antares.
- [8] J. DOMMANGET, Mesures micrométriques d'étoiles doubles visuelles, *Annales de l'Observatoire Royal de Belgique*, 3e série, Tome VIII, fasc. 2, 89, 1959.
- [9] H. DEBEHOGNE, Etude des effets d'une erreur intervenant dans la détermination par moindres carrés des constantes de plaque au moyen d'un système de référence en réseau, *Acad. Roy. Belg., Bull. Cl. Sci*, 55, 415-422, 1969.