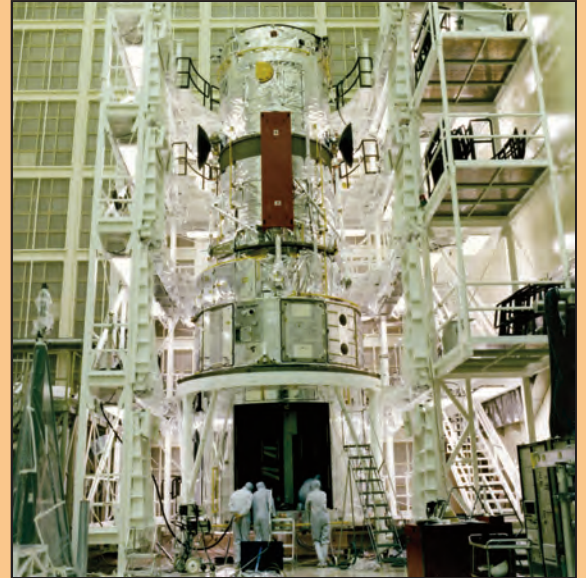


ESPACE & TEMPS

Bulletin d'information de l'Institut Français d'Histoire de l'Espace



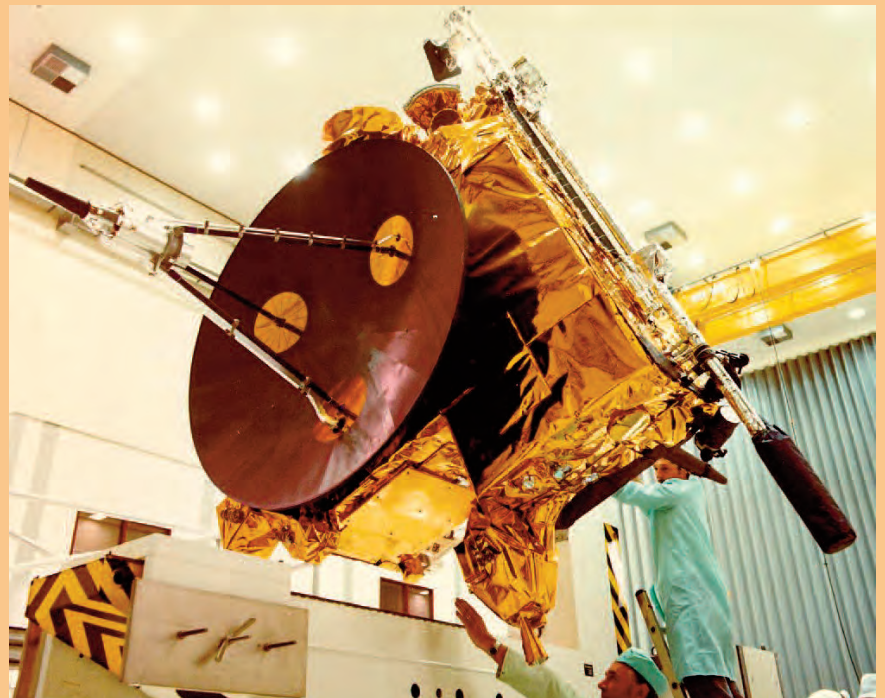
L'ANNEE SPATIALE 1971



30 ANS DE HUBBLE



50 ANS D'EUROPA-II



30 ANS DE ULYSSES

IFHE

Institut Français d'Histoire de l'Espace
 adresse de correspondance :
 2, place Maurice Quentin
 75039 Paris Cedex 01
 e-mail : contact.ifhe@orange.fr
 Tél : 01 40 39 04 77

Chers amis,

J'ai le plaisir d'introduire cette nouvelle parution d'Espace & Temps qui j'espère saura vous faire passer un bon moment de lecture.

L'institut Français d'Histoire de l'Espace (IFHE) est une association selon la Loi de 1901 créée le 22 mars 1999 qui s'est fixée pour objectifs de valoriser l'histoire de l'espace et de participer à la sauvegarde et à la préservation du patrimoine documentaire. Il est administré par un Conseil, et il s'est doté d'un Conseil Scientifique.

Conseil d'administration

Président d'honneur.....Michel Bignier †
 Président.....Yves Blin
 Vice-présidents.....Jacques Simon
 Trésorier.....Pierre Bescond
 Secrétaire général.....Jean Jamet
 Administrateurs...Christian Lardier, Alain Lebourg,
 Jean-Louis Fellous
 Représentant du CNES.....Emmanuel de Lipkowi

Conseil scientifique (formé en 2005)

Pr. Jacques Blamont †, Pr. Roger Maurice Bonnet,
 Jean-Pierre Causse †, Claude Goumy, Pr. Pierre Morel,
 Pr. Robert Halleux, Pr. Dominique Pestre, Pr. Jean-
 Christophe Romer, Pr. Pascal Griset, Pr. Alain Beltran,
 Agnès Beylot.

ESPACE & TEMPS

Bulletin d'information édité par
 l'institut Français d'Histoire de l'Espace (IFHE)

Directeur de la publication : Christian Lardier

Ont également participé à ce numéro :
 Yves Blin, Patrice Lille, Jean-Jacques Serra.

Impression: photocopies - tirage : 50 ex.
 Crédit photo : Droits réservés

Les idées et opinions exprimées dans les articles n'engagent que leurs auteurs et ne représentent pas nécessairement celles de l'IFHE.

Au crépuscule de cette année 2020, il est temps de faire le bilan de cette année atypique avec deux confinements qui ont conduit l'IFHE à vivre au ralenti avec la tenue de seulement deux conseils d'administration et le report de notre assemblée générale. Toujours à cause de la situation sanitaire, nous n'avons pas été en mesure d'attribuer le prix Aubinière et d'organiser la conférence annuelle qui sert d'écrin à la remise du prix. Cependant, l'année 2020 n'est pas pour autant blanche avec la publication de 4 numéros de notre bulletin Espace & Temps, le numéro 26 en mars juste avant le confinement, le 27 en juin, le 28 en septembre et enfin le 29 que vous tenez en main en ce mois de décembre. Surtout 2020 a permis le développement de projets au sein de la section toulousaine de notre association, notamment la rédaction d'un livre sur l'histoire du centre spatial de Toulouse du CNES. Enfin depuis le 1er octobre nous avons un nouvel interlocuteur du CNES avec Emmanuel de Lipkowski qui remplace Brice Lamotte dans notre conseil d'administration.

Le deuxième ouvrage sur l'histoire de l'observation de la Terre, sous la direction Jean-Louis Fellous, ne pourra se retrouver dans les rayons des librairies que dans le courant de 2021. Une année 2021 qui devrait voir aussi la sortie du livre compilant l'ensemble des transcriptions des conférences organisées pour l'anniversaire des 50 ans du CNES et de ses principaux centres sans oublier la mise en orbite du premier satellite français par la fusée Diamant.

Mes appels à une plus grande implication de tous les membres de notre association dans mes derniers éditoriaux n'ont pas été couronnés de succès. Mais je ne perds pas espoir. Nous devons mieux nous connaître. Qu'attendez-vous de l'IFHE ? Comment mieux vous impliquer ? Un sondage diligenté auprès de vous, chers membres, pourrait être un moyen de nous rapprocher de vous. Au prochain bureau et conseil d'administration je me propose d'ouvrir le débat sur l'opportunité d'un tel sondage.

Vous êtes la mémoire de l'Espace français et européen et nous avons besoin de vous pour mieux partager cette aventure exceptionnelle à laquelle vous avez contribué.

Malgré la situation anxiogène actuelle, permettez-moi de vous souhaiter de bonnes fêtes de fin d'année.

Portez-vous bien.

Yves Blin, Président de l'IFHE

L'année spatiale 1971

par Christian Lardier

Janvier

12/1 : Lancement d'une Voskhod (11A57) avec le satellite-espion Zenith-4M (11F691) de Baïkonour (65,4°). Devenu Cosmos-390, il effectue une mission de 13 jours.

14/1 : Lancement d'une Cosmos-2 (11K63) de la plate-forme 133/1 de Plessetsk avec le satellite DS-P1-I n°10 (Cosmos-391). C'est un satellite de calibration radar pour les systèmes ABM et ASAT de la défense anti-aérienne. Il retombe le 21/02/72.

20/1 : Lancement d'une Vostok-M (8A92M) de Plessetsk avec le satellite météorologique Meteor-1 (11F614 n°17).

21/1 : Lancement d'une Voskhod (11A57) avec un satellite-espion Zenith-2M (11F690) de Baïkonour (65,4°). Devenu Cosmos-392, il effectue une mission de 12 jours (durée de vie augmentée).

21/1 : La Titan-III-B-Agena-D n°30 lance le satellite-espion KH-8 Gambit-3 n°4330 de Vandenberg. Il effectue une mission de 19 jours.

26/1 : Lancement de l'Atlas-Centaur n°25 avec le satellite de télécommunications Intelsat-4F2 (1414 kg) de Cape Canaveral. C'est une plate-forme HS-312 (Hughes) avec 12 répéteurs en bande C.

26/1 : Lancement d'une Cosmos-2 (11K63) de la plate-forme 133/1 de Plessetsk avec le satellite DS-P1-You n°39 (Cosmos-393). Ce satellite est destiné à la calibration des radars d'alerte avancée (SPRN) et de surveillance de l'espace (SKKP). Il retombe le 16/6/71.

31/1 : Lancement d'Apollo-14 avec la 9^e Saturn-5 (SA-509) de Cape Canaveral. Le composite comprend la capsule CSM-110 et le module lunaire LM-8 (45,0 t). L'équipage comprend Alan Shepard, Edgar Mitchell et Stuart Roosa. Le 5 février, Shepard et Mitchell se posent au Nord du cratère Fra Mauro à 180 km à l'est du site d'Apollo-12, site qui avait été initialement prévu pour Apollo-13. Ils restent 33,5 h à la surface (dernière mission du type H) et effectuent deux sorties de 4,7 h et 4,5 h (total : 9,2 h). La



Shepard, Mitchell et Roosa



Shepard avec le MET

première sortie sert à déployer l'ALSEP (sismomètres passif et actif, détecteurs d'ions et de particules chargées, réflecteur-laser). La seconde sortie sert à une excursion avec le chariot à outils MET (Modularized Equipment Transporter). Au total, 43 kg d'échantillons sont collectés. L'équipage revient sur Terre le 9 février après une mission de 9 j 1 h 58 sec.

Février

3/2 : La Thor-Delta n°82 lance le satellite de télécommunications militaire NATO-2 (243 kg). Il est construit par Ford Aersospace comme le Skynet britannique. Il est placé en orbite géostationnaire où il fonctionne jusqu'en août 1976.

9/2 : Lancement d'une Cosmos-3M (11K65M n°65027-119) de la plate-forme 132/1 de Plessetsk avec la cible 11F631/DS-P1-M/Tioulpan (Cosmos-394) de Yangel pour l'ASAT qui doit être lancé le 25 février.

16/2 : Lancement de la fusée Mu-4S-2 de Kagoshima avec le satellite technologique MS-T1 Tansai (63 kg) de l'ISAS. Sa doublure MS-T2 sera lancée avec succès le 16/02/74.

17/2 : La Thor-Burner-II n°249 lance le satellite météorologique militaire DMSP-5A-F3 (195 kg) de Vandenberg. Elle déploie également les trois sphères de calibration radar Calsphere-3, 4 et 5 (0,7 kg) sur une orbite circulaire à 600 km.

17/2 : Echec du lancement de la Thorad-Agena-D n°537 lance le satellite-espion KH-4B n°1113 et l'Elint/Sigint Ferret-C (type 3) P-801 n°3 de Vandenberg.

17/2 : Lancement d'une Cosmos-3M (11K65M n°53727-117) de la plate-forme 132 de Plessetsk avec le satellite d'écoute électronique Tselina-O (11F616 n°9). Devenu Cosmos-395, il retombe le 6/4/80.

18/2 : Lancement d'une Voskhod (11A57) avec le satellite-espion Zenith-4M (11F691) de Plessetsk (65,4°). Devenu Cosmos-396, il effectue une mission de 13 jours.

25/2 : Lancement d'une Cyclone-2 (11K69) de la plate-forme 90 de Baïkonour avec le satellite anti-

satellite I-2P (Cosmos-397) qui intercepte la cible Cosmos-394 à la seconde orbite.

26/2 : Lancement d'une Soyouz-L (11A511L) de Baïkonour avec le module lunaire T-2K (Cosmos-398). A l'occasion de ce second vol d'essai, le module effectue deux manoeuvres avec le block-E et l'apogée passe à 1200 km, puis à 10.903 km. Il retombe le 10/12/95.

Mars

3/3 : Lancement du second satellite chinois Shijian-1 (221 kg) par une LM-1 de Jiuquan. Dérivé du DFH-1, il émet pendant 8 ans.

3/3 : Lancement d'une Voskhod (11A57) avec le satellite-espion Zenith-4M (11F691) de Baïkonour (65°). Devenu Cosmos-399, il effectue une mission de 14 jours.

5/3 : Echec du lancement d'une Cosmos-2 (11K63) du silo 86/4 de Kapustin Yar avec le satellite DS-P1-You n°40. Ce satellite est destiné à la calibration des radars d'alerte avancée (SPRN) et de surveillance de l'espace (SKKP). Mais c'est l'échec à la 133^e s de vol.

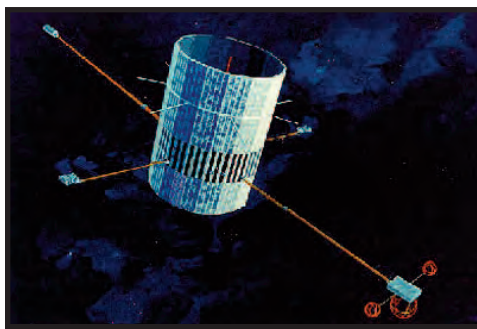
5/3 : Echec du lancement d'une Voskhod (11A57) de la plate-forme 43 de Plessetsk avec un satellite Zenit-2M (11F690).

13/3 : La Thor-Delta n°83 lance le satellite Explorer-43 alias IMP-I (288 kg) de Vandenberg. Il est placé sur une orbite 1845 x 203.130 km inclinée à 28°7 pour étudier le champ magnétique, les particules énergétiques et le plasma dans le milieu interplanétaire. Il fonctionne jusqu'au 2/10/1974.

18/3 : Lancement d'une Cosmos-3M (11K65M n°65027-118) de la plate-forme 132/1 de Plessetsk avec la cible 11F631/DS-P1-M/Tioulpan (Cosmos-400) de Yangel pour l'ASAT qui doit être lancé le 4 avril.

21/3 : La Titan-III B-Agena-D n°36 lance le satellite Elint/Sigint Jumpseat-1 n°7701 (680 kg) de Vandenberg. C'est un bus HS-318 de Hughes doté de grandes antennes paraboliques déployables. Il est placé sur orbite HEO du type Molnya.

24/3 : Lancement de la Thorad-Agena-D n°538 avec le



Explorer-43 (Nasa)



ISIS-2 (Canada)

satellite-espion KH-4B n°1114 de Vandenberg. Il effectue une mission de 19 jours.

27/3 : Lancement d'une Voskhod (11A57) avec le satellite-espion Zenith-4M (11F691) de Plessetsk (72,9°). Devenu Cosmos-401, il effectue une mission de 13 jours.

Avril

1/4 : La Thor-Delta n°84 lance le satellite canadien ISIS-2 (International Satellites for Ionospheric Studies) de 264 kg de Vandenberg. En plus des 10 expériences scientifiques d'ISIS-1, il emporte deux expériences conçues pour étudier les émissions atmosphériques optiques. Cela a permis d'obtenir pour la première fois des images de toute une aurore boréale, vue de dessus. Il a fonctionné jusqu'en janvier 1990.

1/4 : Lancement d'une Cyclone-2 (11K69) de la plate-forme 90 de Baïkonour avec le satellite US-A n°6. Devenu Cosmos-402, cette maquette du satellite de surveillance océanique manoeuvre pour se placer sur une orbite à 948/1030 km.

2/4 : Lancement d'une Voskhod (11A57) avec un satellite-espion Zenith-2M (11F690) de Plessetsk (81,4°). Devenu Cosmos-403, il effectue une mission de 12 jours (durée de vie augmentée).

4/4 : Lancement d'une Cyclone-2 (11K69) de la plate-forme 90 de Baïkonour avec le satellite anti-satellite I-2P (Cosmos-404) qui intercepte la cible Cosmos-400.

5/4 : tir d'une Atlas-F n°85F avec l'ogive BMRS A-1 (Ballistic Missile Reentry Systems) de Vandenberg.

7/4 : Lancement d'une Vostok-M (8A92M) avec le satellite d'écoute électronique Tselina-D n°2 (11F619) de Plessetsk. Devenu Cosmos-405, cet engin construit par NPO Youjnoe avec une charge

utile du TsNII-108 est destiné à l'écoute ciblée (Detail).

14/4 : Lancement d'une Voskhod (11A57) avec le satellite-espion Zenith-4M (11F691) de Plessetsk (81,4°). Devenu Cosmos-406, il effectue une mission de 10 jours.



Jumpseat-1 (USAF)

15/4 : Lancement d'une Diamant-B avec le satellite D-2A/Tournesol (96 kg) de Kourou. Construit par Matra, il possède deux instruments scientifiques : un spectrophotomètre mesurant les atomes d'oxygène et d'hydrogène et un analyseur Lyman-Alpha pour détecter l'hydrogène présent dans plusieurs secteurs de la route céleste.

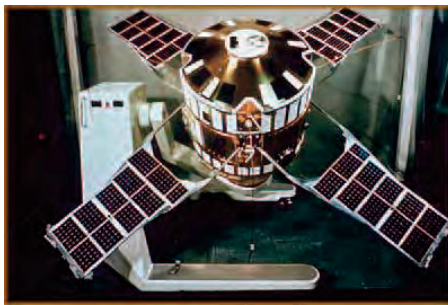
17/4 : Lancement d'une Vostok-M (8A92M) de Plessetsk avec le satellite météorologique Meteor-1 (11F614 n°18).

19/4 : Lancement d'une UR-500 à trois étages (8K82K n°254-01) de la plate-forme 81P de Baïkonour avec la station orbitale civile 17K/DOS-1 n°121 alias Saliout-1 de V. P. Michine. C'est un engin de 18,9 t qui a été réalisé en un temps record (février 1970 à avril 1971) à partir de la station militaire OPS/Almaz (11F71) de Tchelomeï. La station DOS-1 sera desservie par le vaisseau de transport Soyouz 7K-T (11F615A8) alors que l'OPS doit l'être par des modules TKS (11F72) dotés de la capsule VA/Mercuri (11F74) pour le transport d'équipages (cette capsule ne volera qu'en 1976). Le principal instrument scientifique de Saliout-1 est le télescope solaire

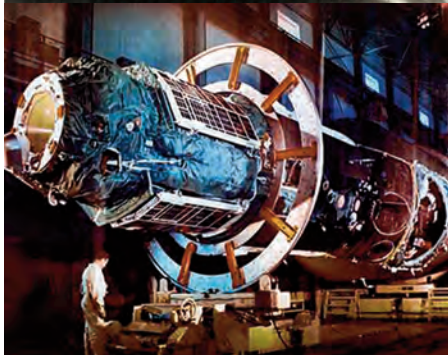
OST-1 de l'observatoire de Crimée pour lequel le premier équipage devra apporter les cassettes permettant d'enregistrer les données.

22/4 : La Titan-IIIB-Agena-D n°31 lance le satellite-espion KH-8 Gambit-3 n°4331 de Vandenberg. Il effectue une mission de 21 jours.

23/04 : Lancement d'une Soyouz (11A511) de la plate-forme n°1 de Baïkonour avec le vaisseau Soyouz-10 (7K-T n°31/11F615A8 n°1L) occupé par Chatalov, Eliseïev et Roukavichnikov. Ils rejoignent la station orbitale Saliout-1 à la 83^e orbite de la station, mais l'amarrage ne se produit pas à cause d'un problème avec la pièce de jonction. La séparation est commandée à la 85^e orbite. Les cosmonautes atterrissent à 120 km au N-O de Karaganda (Kazakhstan) à l'issue d'un vol de 47



D-2A Tournesol (France)



La station orbitale Saliout-1



La commission d'état de Soyouz-10

h 46 min. Lors du retour, les cassettes du télescope OST-1 ont été détruites et celles de rechange pour le vol suivant ne seront pas disponibles à temps.

23/4 : Lancement d'une Cosmos-3M (11K65M n°53727-116) de la plate-forme 132 de Plessetsk avec le 3^e satellite Strela-2M (11F626) destiné aux liaisons du GRU (Cosmos-407). Ces satellites, construits par M.F.Rechetnev de NPO PM, remplacent les Strela-2 placés sur 56° en 1965/68.

24/4 : Lancement d'une Cosmos-2 (11K63) de la plate-forme 133/1 de Plessetsk avec le satellite DS-P1-You n°41 (Cosmos-408). Ce satellite est destiné à la calibration des radars d'alerte avancée (SPRN) et de surveillance de l'espace (SKKP). Il retombe le 29/12/71.

24/4 : Lancement de la fusée Scout n°S-173C de la plate-forme San Marco, au large du Kenya, avec le satellite italien San Marco-3 (163 kg). Il est doté d'un spectromètre de masse pour mesurer la densité et la température de l'azote moléculaire et de l'expérience NACE (Neutral Atmospheric Composition Experiment) qui mesure directement la densité

de l'azote moléculaire, l'oxygène moléculaire, l'oxygène atomique, l'argon et l'hélium.

28/4 : Lancement d'une Cosmos-3M (11K65M n°53727-115) de la plate-forme 132 de Plessetsk avec un satellite de géodésie Sphera (11F621 n°5). Devenu Cosmos-409, cet engin de 630 kg construit par NPO PM permet d'établir des cartes avec une précision de 3 m.

Mai

5/5 : lancement de la Titan-IIIC n°20 de Cape Canaveral avec le satellite géostationnaire d'alerte avancée IMEWS/ DSP-2 (Defense Support Program) de 820 kg. Il est construit par TRW.

6/5 : Lancement d'une Voskhod (11A57) avec le satellite-espion Zenith-2M (11F690) de Baïkonour (65°). Devenu Cosmos-410, il effectue une

mission de 12 Jours. Il était équipé d'une capsule Nauka (8KS) dotée d'un radiomètre à cryostat Obzor pour mesurer les émissions submillimétriques de l'atmosphère (vapeur d'eau dans la partie supérieure de la troposphère et la stratosphère).

7/5 : Lancement d'une Cosmos-3M (11K65M n°53727-121) de la plate-forme 132 de Plessetsk avec la seconde grappe de huit satellites Strela-1M (11F625) destinés aux liaisons du GRU (Cosmos-411 à 418). Ces satellites, construits par M.F.Rechetnev de NPO PM, pèsent 61 kg et une durée de vie de six mois. Les 45 grappes seront lancées jusqu'en 1992.

8/5 : Echec du lancement de l'Atlas-Centaur n°AC-24 avec la sonde martienne Mariner-8 (996 kg) à cause d'une panne du 2e étage.

10/5 : Lancement d'une UR-500K (8K82K n°253-01) de la plate-forme 81L de Baïkonour avec la sonde martienne M-71 n°170. Mais c'est l'échec du bloc-D et la sonde reste en orbite terrestre (Cosmos-419). Elle retombe au bout de 2 jours.

18/5 : Lancement d'une Voskhod (11A57) avec le satellite-espion Zenith-4M (11F691) de Baïkonour (51,8°). Devenu Cosmos-420, il effectue une mission de 11 jours.

19/5 : Lancement d'une Cosmos-2 (11K63) de la plate-forme 133/1 de Plessetsk avec le satellite DS-P1-You n°42 (Cosmos-421). Ce satellite est destiné à la calibration des radars d'alerte avancée (SPRN) et de surveillance de l'espace (SKKP). Il retombe le 8/11/71.

19/5 : Lancement d'une UR-500K (8K82K n°255-01) de la plate-forme 81P de Baïkonour avec la sonde martienne M-71 n°171 (Mars-2). Cet engin de 4650 kg se compose d'un module orbital et d'une capsule de descente qu'il largue dans l'atmosphère de Mars le 27 novembre. Puis il se place sur une orbite martienne de 1.380/25.000 km décrite en 18 heures. Jusqu'à la fin de la mission en août 1972, il effectue 362 orbites et transmet d'excellents

résultats scientifiques. Toutefois, la capsule était arrivée muette à la surface de la planète Rouge. 22/05 : Lancement d'une Cosmos-3M (11K65M n°53727-120) de la plate-forme 132 de Plessetsk avec le satellite de navigation Cyclone, alias 11F617 n°11 (Cosmos-422).

27/5 : Lancement d'une Cosmos-2 (11K63) de la plate-forme 133/1 de Plessetsk avec le satellite DS-P1-You n°43 (Cosmos-423). Ce satellite est destiné à la calibration des radars d'alerte avancée (SPRN) et de surveillance de l'espace (SKKP). Il retombe le 26/11/71.

28/5 : Lancement d'une Voskhod (11A57) avec le satellite-espion Zenith-4M (11F691) de Plessetsk (65,4°). Devenu Cosmos-424, il effectue une mission de 13 jours.

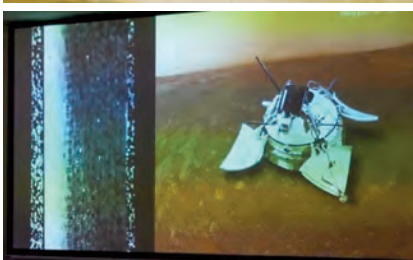
28/5 : Lancement d'une UR-500K (8K82K n°249-01) de la plate-forme 81L de Baïkonour avec la sonde martienne M-71 n°172 (Mars-3). Cet engin de 4650 kg se compose d'un module orbital et d'une capsule de descente qu'il largue dans l'atmosphère de Mars le 2 décembre. Puis il se place sur une orbite martienne de 1.500/200.000 km décrite en 12 jours. Jusqu'à la fin de la mission en août 1972, il effectue 20 orbites et transmet d'excellents résultats scientifiques. Toutefois, la capsule n'émet

que pendant 20 s depuis la région de Phaetonis en raison d'une tempête de poussières. La capsule possédait un mini-rover d'un rayon d'action de 15 m. Il devait se déplacer à l'aide de deux patins latéraux et restait attaché à la capsule par un câble. Un système de contrôle automatique permettait de contourner les obstacles. Le véhicule de quelques kilos était porteur d'un pénétromètre dynamique et d'un densitomètre à radiations.

29/5 : Lancement d'une Cosmos-3M (11K65M n°3149-30) de la plate-forme 132 de Plessetsk avec le satellite d'écoute électronique Tselina-O (11F616 n°10). Devenu Cosmos-425, il retombe le 15/1/80. 30/5 : Lancement de l'Atlas-Centaur n°AC-23 avec la sonde mar-

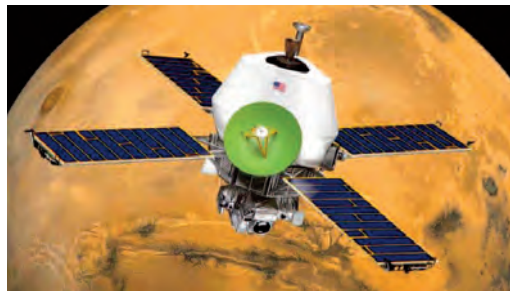


Les sondes Mars-71

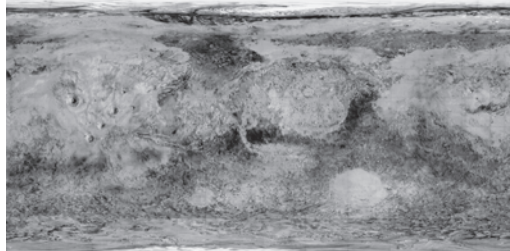


Le lander de Mars-3

tienne Mariner-9 (998 kg) développée par le JPL. Le 14/11/71, elle se place sur une orbite martienne 1398 x 17915 km décrite en 12 h 34. C'est la première sonde en orbite autour d'une planète. Les expériences scientifiques (63 kg) comprennent une caméra TV, un spectromètre UV (UVS), un spectromètre IR (IRIS) et un radiomètre IR (IRR). Il y a aussi une expérience d'occultation et une expérience d'étude du champ de gravité. En raison d'un tempête de poussière, l'imagerie ne peut commencer que le 2/1/72 : la caméra prend 7329 photos (résolution de 1 km) qui permettent de cartographier 85 % de la surface de Mars. La sonde fonctionne jusqu'au 27/12/72.



Mariner-9 (Nasa)



La carte de Mars par Mariner-9

Juin

4/6 : Lancement d'une Cosmos-3M (11K65M n°65014-101) de la plate-forme 132/2 de Plessetsk avec le satellite scientifique DS-U2-K (Cosmos-426) destiné à l'étude du flux de particules chargées et des rayons cosmiques.

6/6 : Lancement d'une Soyouz (11A511) de la plate-forme n°1 de Baïkonour avec le vaisseau Soyouz-11 (7K-T n°32/11F615A8 n°2L) occupé par Dobrovolsky, Volkov et Pat-saiev. C'était l'équipage doublure qui fut nommé la veille du départ en raison d'un problème santé d'un membre de l'équipage principal (Leonov-Koubassov-Kolodine). Ils rejoignent la station orbitale Saliout-1 qu'ils occupent pendant 24 jours, battant ainsi le record de 17 jours établi par Soyouz-9 un an plus tôt. Au cours du vol, ils réalisent environ 140 expériences scientifiques (médecine, biologie, astrophysique, géophysique, technologie, etc). Mais le 30 juin, lors du



Lancement de Soyouz-11



La récupération de Soyouz-11

retour sur Terre, c'est l'accident de dépressurisation de la capsule. Les vols suivants (équipages Leonov-Koubassov-Kolodine et Goubarev-Sevastianov-Voronov) sont annulés et la station sera détruite dans l'atmosphère le 11 octobre 1971. En six mois, il y a eu 12 allumages moteurs, environ 130 opérations d'orientation et environ 800 séances de liaisons. Désormais, le Soyouz deviendra bi-place avec des cosmonautes en scaphandres.

8/6: La Thor-Burner-II n°210 lance le satellite technologique militaire SESP-1 (260 kg) de Vandenberg. Dans le programme STP, il porte le nom de P70-1. Il s'agit de deux expériences directement montées sur le 2e étage : SAMSO-001 (67 kg) pour mesurer le fonds IR nécessaire aux satellites d'alerte avancée et SAMSO-203 (2 kg) pour déterminer l'attitude des corps de rentrée.

11/6 : Lancement d'une Voskhod (11A57) avec le satellite-espion Zenith-4MK (11F692) de Plessetsk (72,9°). Devenu Cosmos-427, il effectue une mission de 12 jours.

15/6 : Lancement de la 1^e Titan-IIID n°23D-1 avec le satellite-espion d'imagerie optique KH-9 Hexagon n°1, alias Big Bird (7,2 t). Construit par Lockheed, il mesure 15,8 m de long pour 3 m de diamètre. Il est équipé d'un nou-

vel ensemble de prise de vues de Perkin Elmer (3,3 t) et de quatre nouvelles capsules développées par McDonnell. A l'avant, il y a la caméra de cartographie d'Itek (à partir du cinquième exemplaire en mars 1973) et les quatre capsules pour le film de l'ensemble de prise de vues de Perkin Elmer. Au mi-

lieu, il y a l'ensemble de prise de vues lui-même. Enfin, à l'arrière, il y a la section de contrôle (SCS) avec les sous-systèmes et l'adaptateur pour le lanceur. Le module de la caméra de cartographie, qui volera 12 fois, comprend une caméra de terrain de 30 cm de focale et de 9-10

m de résolution, une caméra stellaire et une capsule de type Mark-V. L'ensemble de prise de vues possède deux caméras de 1,5 m de focale et d'une résolution de 60 à 90 cm. La mission dure 52 jours. Les capsules n°1 et 3 ont eu une panne de parachute : la n°1 a été récupérée dans l'eau, mais la n°3 a été perdue.

20/6 : Lancement de la Scout n°S-144CR de Wallops Island pour un test de rentrée atmosphérique. La charge utile PAET (Planetary Atmospheric Experiment Test) effectue un vol suborbital.

20/6 : Lancement de la Titan-II n°B-12 de Vandenberg (vol suborbital).

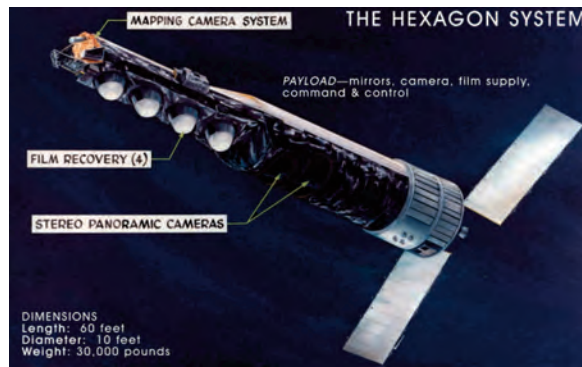
24/6 : Lancement d'une Voskhod (11A57) avec le satellite-espion Zenith-2M (11F690) de Baïkonour (51,8°). Devenu Cosmos-428, il effectue une mission de 12 Jours. Il était équipé d'une capsule Nauka (étude du rayonnement gamma).

25/6 : Echec du lancement d'une Voskhod (11A57) de la plate-forme 43 de Plessetsk avec un satellite Zenit-4M.

29/6 : Tir d'une Atlas-F n°103F avec l'ogive BMRS A-1 (Ballistic Missile Reentry Systems) de Vandenberg.

Juillet

8/7 : Lancement de la Scout n°S-77C de Wallops Island avec le satellite scientifique Explorer-44, alias Solar Explorer-C et Solrad-10 (118 kg). Construit par le NRL, il est destiné à la surveillance des



Le satellite KH-9 Hexagon (USAF)



Le satellite Explorer-44 (Nasa)



Scott, Worden et Irwin



Irwin avec le rover



Le subsatellite PFS-1

radiations solaires UV et X et la détection des sources X célestes (0,5-15 Å).

16/7 : Lancement d'une Vostok (8A92) de Plessetsk avec le satellite météorologique Meteor-1 (11F614 n°19).

16/7 : Lancement de la Thorad-Agena-D n°552 lance le satellite d'écoute

électronique (Elint) Samos-F alias Strawman-4 (P-770 n°7167) de Vandenberg. Il emporte le radiomètre RM-19. Il fonctionne un peu plus de 20 mois et retombe le 31 août 1978.

20/7 : Lancement d'une d'une Voskhod (11A57) avec le satellite-espion Zenith-4M (11F691) de Baïkonour (51,8°). Devenu Cosmos-429, il effectue une mission de 13 jours.

22/7 : Echec du lancement d'une Cosmos-3M (11K65M n°You149-32) de la plate-forme 132 de Plessetsk avec un satellite Tselina-O.

23/7 : Lancement d'une Voskhod (11A57) avec le satellite-espion Zenith-4M (11F691) de Plessetsk (65,4°). Devenu Cosmos-430, il effectue une mission de 13 jours.

26/7 : Lancement d'Apollo-15 avec la 10^e Saturn-5 (SA-510) de Cape Canaveral. Le composite comprend la capsule CSM-112 et le module lunaire LM-10 (45,0 t). L'équipage comprend David Scott, Alfred Worden et James Irwin. Le 30 juillet, Scott et Irwin se posent près du Mont Hadley dans les Monts Apennins au sud-ouest de la mer des Pluies. Ils restent 66 h 55 min à la surface (1^e mission du type J) et effectuent un stand-up de 33 min et trois sorties de 6 h 32, 7 h 12 et 4 h 49 (total : 19 h 8 min). Pour la première fois, ils utilisent un rover (LRV) développé par Boeing et Delco, filiale de General Motors. D'un poids de 210

kg, il est doté de quatre roues d'un diamètre extérieur de 81 cm et 23 cm de large (5,4 kg). Le pneu est remplacé par un treillis métallique constitué de cordes à piano tressées. Les quatre roues sont motrices, chacune étant entraînée par un moteur électrique. La première sortie sert à déployer le LRV et l'ALSEP. Le LRV est utilisé pendant les 2^e et 3^e sorties : ils parcourent 27,76 km (éloignement maximum du LEM de 5 km). Au total, 77 kg d'échantillons sont collectés. Le 4 août, ils larguent un petit satellite PFS-1 (Particles & Fields Subsatellite) de 35,6 kg et Worden effectue une sortie de 38 min pour récupérer des films dans le module de service. Le PFS a fonctionné six mois jusqu'au 3/2/72. L'équipage revient sur Terre le 7 août après une mission de 12 j 7 h 12 min.

27/7 : échec de la troisième N-1 n°6L à partir de la seconde plate-forme de tir. La charge utile est une maquette du LOK et du LK. Tous les moteurs fonctionnent, la fusée s'élève pendant 7 s, puis des tourbillons et un flux croisés provoquent une rotation sur le roulis. La vitesse et l'angle augmente constamment. A la 39^e s, la plate-forme gyroscopique est bloquée. A la 48^e s, c'est le début de la destruction du second étage. A la 51^e s, l'angle atteint 20° et le système KORD éteint tous les moteurs. La fusée s'écrase alors sur la plate-forme qu'elle détruit. Les moteurs de roulis n'étaient pas assez puissants pour lutter contre le moment gazo-dynamique.



28/7 : Lancement d'une Molnya-M (8K78M) de Plessetsk avec le satellite de télécommunications Molnya-1 (11F67 n°23). Il retombe le 19/7/77.

30/7 : Lancement d'une Voskhod (11A57) avec le satellite-espion Zenith-2M (11F690) de Baïkonour (51,8°). Devenu Cosmos-431, il effectue une mission de 12 Jours.

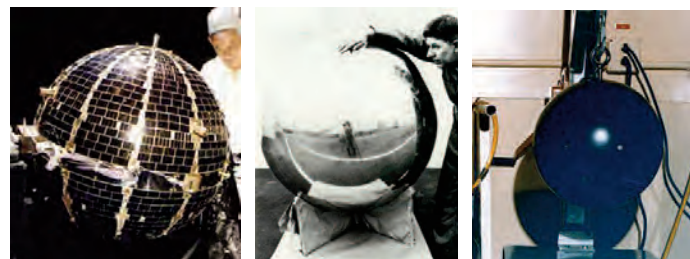
Août

3/8 : Echec du lancement d'une Cosmos-2

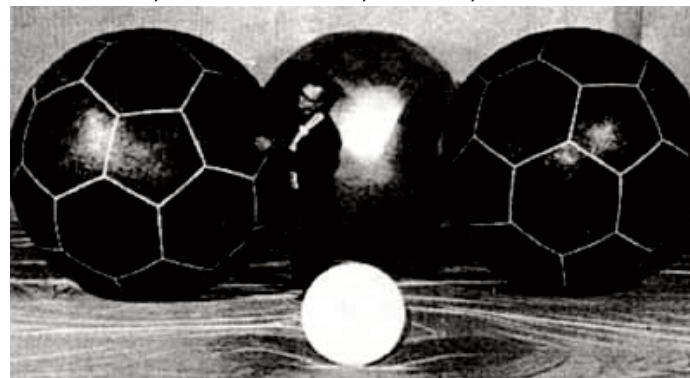
(11K63) de la plate-forme 133/1 de Plessetsk avec un satellite DS-P1-You n°44. Ce satellite était destiné à la calibration des radars d'alerte avancée (SPRN) et de surveillance de l'espace (SKKP).

5/8 : Lancement d'une Voskhod (11A57) avec le satellite-espion Zenith-4M (11F691) de Baïkonour (51,8°). Devenu Cosmos-432, il effectue une mission de 13 jours.

7/8 : Lancement de l'Atlas-F n°76F avec les deux satellites OV-1-20 et 21 de Vandenberg. L'OV-1-20 (70 kg) est doté d'un analyseur de protons énergétiques et d'un détecteur pour mesurer la densité et la température des électrons dans la haute atmosphère. Il largue le subsatellite Cannonball-2, une sphère (65 cm) de 364 kg pour mesurer la densité de l'air sur l'orbite. L'OV-1-21 (70 kg) est doté d'une expérience pour déterminer l'impédance et les effets plasma d'une longue antenne dipôle électrique, d'une expérience pour mesurer la densité de l'oxygène atomique, d'un instrument pour mesurer le flux solaire et la composition atmosphérique. Il a également largué les subsatellites Musketball (sphère en laiton de 30 cm) de 61 kg, Rigid Sphere-1 (ballon de 2,13 m) de 1,6 kg, Rigid Sphere-2/Lincoln Calibration Sphere-4 (sphère en aluminium de 1,12 m) de 34 kg, Grid Sphere-1 (sphère en aluminium de 61 cm) de 6,2 kg, Grid Sphere-2 (ballon de 2,13 m) de 4 kg, Mylar Balloon (ballon de 2,13 m) de 0,8 kg.



G à dr, Cannonball-2, LCS-4, Musketball



Rigid Sphere, Grid Sphere et Mylar Balloon

8/8 : Lancement d'un FOBS par une R-36Orb (8K69) de Baïkonour. Devenu Cosmos-433, il effectue deux tiers d'une orbite autour de la Terre.

12/8 : Lancement d'une Soyouz (11A511L) de Baïkonour avec le module lunaire T-2K (Cosmos-434). A l'occasion de ce troisième vol d'essai, le module effectue deux manoeuvres avec le block-E et l'apogée passe à 1200 km, puis à 11.804 km. Il retombe le 12/8/81.

12/8 : La Titan-III B-Agena-D n°32 lance le satellite-espion KH-8 Gambit-3 n°4332 de Vandenberg. Il effectue une mission de 22 jours.

16/8 : Lancement de la Scout n°S-180C de Wallops Island avec le satellite français EOLE-1 (83 kg). Développé par le Cnes, avec Aérospatiale, Thomson-CSF, LCT, EMD, le satellite est destiné à collecter les données météorologiques d'une flottille de ballon-sondes dérivants dans le courant-jet de l'hémisphère sud (500 ballons volant à 12 000 m) de septembre 1971 à juin 1972. Chaque ballon de 3,7 m de diamètre emporte une balise formée d'une traîne de 3 kg comprenant l'antenne, l'émetteur-récepteur (402 - 465 MHz), un générateur solaire photovoltaïque, une batterie souple et un réflecteur radar. Le 11 septembre une erreur d'un opérateur de la station terrestre des Îles Canaries déclenche l'ordre de destruction de 100 ballons réduisant à 380 le nombre de ballons-sondes utilisables ce qui limite encore la portée scientifique du programme. La durée de vie moyenne des ballons évaluée à 103 jours dépasse largement les espérances : 66 ballons survivent 6 mois et 14 plus d'un an. Une fois l'expérience avec les ballons météorologiques achevée, le satellite est utilisé jusqu'en 1973 pour une série de tests sur des balises préparant le futur programme opérationnel Argos.

19/8 : Echec du lancement d'une Voskhod (11A57) de la plate-forme 31 de Baïkonour avec un satellite Zenith-4M.

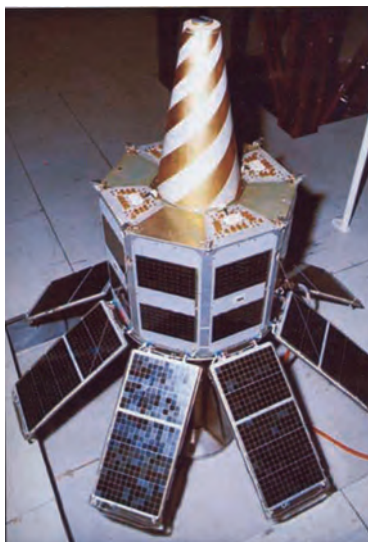
27/8 : Lancement de la Titan-II n°B-100 de Vandenberg (vol suborbital).

27/8 : Lancement d'une Cosmos-2 (11K63) de la plate-forme 133/1 de Plessetsk avec le satellite DS-P1-You n°45 (Cosmos-435). Ce satellite est destiné à la calibration des radars d'alerte avancée (SPRN) et de sur-

veillance de l'espace (SKKP). Il retombe le 28/1/72.
Septembre

1/9 : Tir d'une Atlas-F n°74F avec l'ogive BMRS A-1 (Ballistic Missile Reentry Systems) de Vandenberg.

2/9 : Lancement d'une UR-500K (8K82K n°259-01) de la plate-forme 81P de Baïkonour avec la sonde lunaire E-8-5 n°407 (Luna-18) de S.S.Krioukov. Mais l'alunissage dans les montagnes de la mer de la Fécondité échoue.



Le satellite EOLE-1(France)

7/9 : Lancement d'une Cosmos-3M (11K65M n°You149-22) de la plate-forme 132 de Plessetsk avec le satellite d'écoute électronique Tselina-O (11F616 n°11). Devenu Cosmos-436, il retombe le 4/1/80.

10/9 : Lancement de la Thorad-Agena-D n°567 avec le satellite-espion KH-4B n°1115 de Vandenberg. Il effectue une mission de 25 jours. Il largue le subsatellite COMINT P-11 № 4427, alias Arroyo, de 60 kg. Ce dernier fonctionne jusqu'à mi-octobre 1977.

10/9 : Lancement d'une Cosmos-3M (11K65M n°65014-106) de la

plate-forme 132 de Plessetsk avec le satellite d'écoute électronique Tselina-O (11F616 n°12). Devenu Cosmos-437, il retombe le 29/3/80.

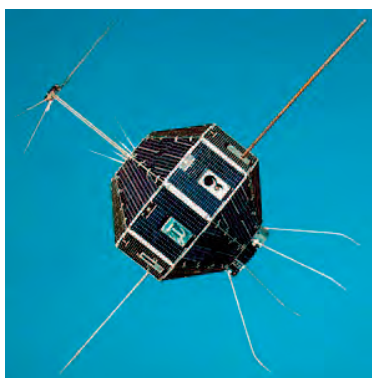
14/9 : Lancement d'une Voskhod (11A57) avec le satellite-espion Zenith-4MK (11F692) de Plessetsk (65,4°). Devenu Cosmos-438, il effectue une mission de 13 jours.

20/9 : Lancement de la Scout n°S-166CR de Wallops Island avec la charge utile GRP-A (German Research Probe) de l'institut Max Planck de physique extra-terrestre. Elle crée un nuage de Baryum à l'altitude de 31.479 km.

21/9 : Lancement d'une Voskhod (11A57) avec le satellite-espion Zenith-2M (11F690) de Plessetsk (65,4°). Devenu Cosmos-439, il effectue une mission de 11 Jours.

24/9 : Lancement d'une Cosmos-2 (11K63) de la plate-forme 133/1 de Plessetsk avec le satellite DS-P1-I n°11 (Cosmos-440). C'est un satellite de calibration radar pour les systèmes ABM et ASAT de la défense anti-aérienne. Il retombe le 29/10/72.

28/9 : Lancement de la Mu-4S-3 avec le satellite scientifique MS-F2 Shinsei (65 kg) de Kagoshima. Il



Le satellite Shinsei (Japon)

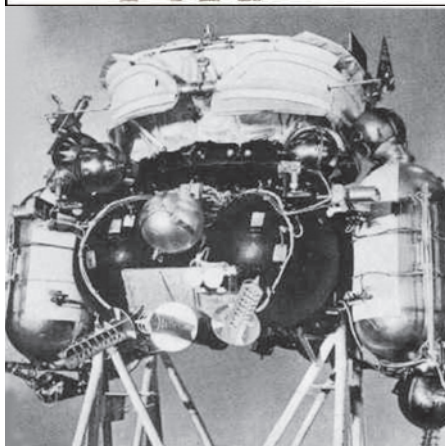
est doté de trois expériences : Solar Radio Emission Receiver, Energetic Electrons et Ionospheric Plasma Probe.

28/9 : Lancement d'une Voskhod (11A57) avec le satellite-espion Zenith-4M (11F691) de Baïkonour (65°). Devenu Cosmos-441, il effectue une mission de 12 jours.

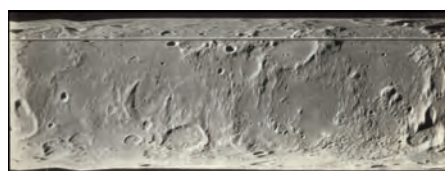
28/9 : Lancement d'une UR-500K (8K82K n°257-01) de la plate-forme 81P de Baïkonour avec la sonde lunaire E-8LS n°202 (Luna-19) de S.S.Krioukov. Elle se place sur une orbite lunaire à 140 km d'altitude inclinée à 40°. L'objectif est de cartographier la Lune, d'établir une carte gravitationnelle pour la découverte des mascons, d'étudier la composition chimique du sol, de mesurer le flux de particules solaires et son interaction avec les matériaux lunaires, le champ magnétique et le flux météoritique. Deux corrections de trajectoire ont placé la sonde à 77 km de périégée pour prendre des images à haute résolution. Cette cartographie, qui n'avait pas été réussie par Luna-12, est nécessaire au choix du site d'alunissage de la mission N1-L3.

29/9 : Lancement de Thor-Delta n°85 avec le satellite scientifique OSO-7 (Orbiting Solar Observatory) de 635 kg et le satellite TTS-4/TETR-4 (Test & Training Satellite) de 20 kg de Cape Canaveral. Les six expériences scientifiques ont fonctionné jusqu'en mai 1973. Il est retombé le 9 juillet 1974. TTS-4, doté d'un répéteur en bande S, devait permettre de tester et entraîner le réseau sol pour le programme Apollo. un système de stabilisation par gradient de gravité semi-actif. Il est retombé le 19 septembre 1978.

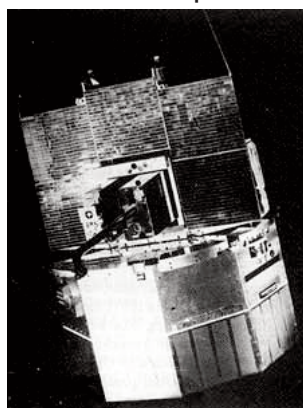
29/9 : Lancement d'une Voskhod (11A57) avec le satellite-espion Zenith-4M (11F691) de Plesetsk (72,9°). Devenu Cosmos-442, il effectue



La sonde Luna-19



Carte de la Lune par Luna-19



Le satellite OSO-7 (Nasa)



Le satellite Astex (USAF)

une mission de 13 jours.

Octobre

7/10 : Lancement d'une Voskhod (11A57) avec le satellite-espion Zenith-2M (11F690) de Plesetsk (65,4°). Devenu Cosmos-443, il effectue une mission de 12 jours. Il était équipé d'une capsule Nauka (8KS) doté d'un radiomètre à cryostat Obzor pour mesurer les émissions submillimétriques de l'atmosphère (vapeur d'eau dans la partie supérieure de la troposphère et la stratosphère).

13/10 : Lancement d'une Cosmos-3M (11K65M n°47114-104) de la plate-forme 132 de Plesetsk avec la troisième grappe de huit satellites Strela-1M (11F625) destinés aux liaisons du GRU (Cosmos-444 à 451). Ces satellites, construit par M.F.Rechetnev de NPO PM, pèsent 61 kg et une durée de vie de six mois. Les 45 grappes seront lancées jusqu'en 1992.

14/10 : Lancement d'une Voskhod (11A57) avec le satellite-espion Zenith-4M (11F691) de Baïkonour (65°). Devenu Cosmos-452, il effectue une mission de 13 jours.

14/10 : La Thor-Burner-II n°159 lance le satellite météorologique militaire DMSP-5B-F1 (195 kg) -de Vandenberg.

17/10 : Lancement de la Thor-Agena-D n°570 avec le satellite technologique ASTEX (Advanced Space Technology Experiment) du programme STP (P-71-2) de l'USAF depuis Vandenberg. Les instruments (1,5 t) sont montés sur l'étage Agena : panneau solaire flexible enroulé de 4,57 m, scanner IR à refroidisseur pour cartographier le ciel, interaction des particules énergétiques avec l'ionosphère et test d'un système

de command & control. Il fonctionne jusqu'au 20/12/73.

19/10 : Lancement d'une Cosmos-2 (11K63) de

la plate-forme 133/1 de Plessetsk avec le satellite DS-P1-You n°46 (Cosmos-453). Ce satellite est destiné à la calibration des radars d'alerte avancée (SPRN) et de surveillance de l'espace (SKKP). Il retombe le 19/3/72.

21/10 : Echec du lancement de Thor-Delta n°86 avec le satellite météorologique NOAA/ITOS-B (Improved TIROS Operational Satellite) de Vandenberg

23/10 : La Titan-III B-Agena-D n°33 lance le satellite-espion KH-8 Gambit-3 n°4333 de Vandenberg. Il effectue une mission de 25 jours.

28/10 : Lancement de la fusée britannique Black Arrow R-3 de Woomera avec le satellite Prospero X-3 (66 kg). Il a été conçu pour mener une série d'expériences afin d'étudier les effets de l'environnement spatial sur les satellites de communication et est resté opérationnel jusqu'en 1973. Le Royaume Uni rejoint le club spatial en prenant la 6^e place (après l'ex-URSS, les États-Unis, la France, le Japon et la Chine).

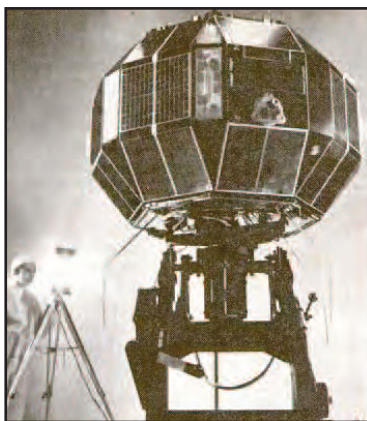
Novembre

2/11 : Lancement d'une Voskhod (11A57) avec le satellite-espion Zenith-4M (11F691) de Plessetsk (65,4°). Devenu Cosmos-454, il effectue une mission de 14 jours.

3/11 : Lancement de la Titan-III C n°21 avec une paire de satellites de télécommunications DSCS-2 (520 kg) de Cape Canaveral. Construit par TRW, ils sont dotés de deux répéteurs en bande X. Ils sont placés sur orbite géostationnaire.

5/11 : Echec du lanceur Europa-2F11 avec la charge utile STV-4 de Kourou. Il y a un arrêt du calculateur de bord, des sauts du séquenceur et des perturbations de pression sous la coiffe : la fusée explose à la 150^e sec de vol. Le vol F12 était prévu en 1973, mais l'Europa-2 est abandonnée le 27/4/73.

15/11 : La fusée Scout n°S-163CR lance le satellite scientifique Explorer-45, alias SSS-A (Small Scientific Satellite) de 52 kg de la plate-forme San Marco. Il est destiné à l'étude de la magnétosphère en ce qui concerne les flux de particules, les champs électriques and magnétiques. Il est placé sur une orbite 272/18.149 km.



Le satellite Prospero (UK)



Le satellite DSCS-2 (USAF)



Explorer-45 (Nasa)

Il retombe le 10/1/1992.

17/11 : Lancement d'une Cosmos-2 (11K63) de la plate-forme 133/1 de Plessetsk avec le satellite DS-P1-You n°47 (Cosmos-455). Ce satellite est destiné à la calibration des radars d'alerte avancée (SPRN) et de surveillance de l'espace (SKKP). Il retombe le 9/4/72.

19/11 : Lancement d'une Voskhod (11A57) avec le satellite-espion Zenith-4M (11F691) de Plessetsk (72,9°). Devenu Cosmos-456, il effectue une mission de 13 jours.

20/11 : Lancement d'une Cosmos-3M (11K65M n°47114-106) de la plate-forme 132 de Plessetsk avec un satellite de géodésie Sphera (11F621 n°6). Devenu Cosmos-457, cet engin de 630 kg construit par NPO PM permet d'établir des

cartes avec une précision de 3 m.

24/11 : Lancement d'une Molnya-M (8K78M) de Plessetsk avec le premier satellite de télécommunications Molnya-2. Ce satellite, construit par NPO PM de Krasnoïarsk, est doté d'un répéteur Segment-2 de A.G.Orlov (MNIIRS). La commission d'état était dirigée par le général N.F.Chlygov. Les essais en vol sont réalisés en 1971/74 et l'exploita-

tion en 1974/77 (19 satellites). Pour sa part, le Molnya-1M est alors utilisé pour le système de liaisons stratégiques Cristal qui sera complété par les satellites géostationnaires Radouga.

24/11 : Echec du lancement d'une Cosmos-2 (11K63) du silo 86/4 de Kapustin Yar avec un satellite DS-P1-I.

29/11 : Lancement d'une Cosmos-2 (11K63) de la plate-forme 133/1 de Plessetsk avec le satellite DS-P1-You n°48 (Cosmos-458). Ce satellite est destiné à la calibration des radars d'alerte avancée (SPRN) et de surveillance de l'espace (SKKP). Il retombe le 20/4/72.

29/11 : Lancement d'une Cosmos-3M (11K65M n°65027-110) de la plate-forme 132/1 de Plessetsk avec la cible 11F631/DS-P1-M/Tioulpan (Cosmos-459) de Yangel pour l'ASAT qui doit être lancé le 3 décembre.

30/11 : Lancement d'une Cosmos-3M (11K65M n°65017-101) de la plate-forme 132 de Plessetsk avec le satellite d'écoute électronique Tselina-O

(11F616 n°13). Devenu Cosmos-460, il retombe le 5/3/80.

Décembre

2/12 : Lancement d'une Cosmos-2 (11K63) du silo 86/4 de Kapustin Yar avec le satellite scientifique DS-U2-IK n°2 (Intercosmos-5) destiné à l'étude de l'ionosphère et des particules chargées. C'est un programme de coopération URSS-Tchécoslovaquie. Il retombe le 7/4/72.

02/12 : Lancement d'une Cosmos-3M (11K65M n°47119-109) de la plate-forme 132/1 de Plessetsk avec le satellite scientifique DS-U2-MT (Cosmos-461) destiné à l'étude du flux de micrométéorites et des émissions gamma. Il est retombé le 21/2/79.

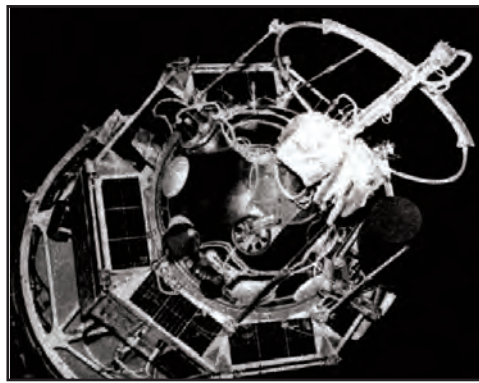
3/12 : Lancement d'une Cyclone-2 (11K69) de la plate-forme 90 de Baïkonour avec le satellite anti-satellite I-2P (Cosmos-462) qui a intercepté la cible Cosmos-459. Le système ASAT est alors déclaré opérationnel.

3/12 : Echec du lancement d'une Voskhod (11A57) de la plate-forme 43 de Plessetsk avec un satellite-espion Zenit-2M (11F690). Il emportait un conteneur Nauka (5KS) pour élaborer une méthode de mesure des champs électriques.

4/12 : Echec de l'Atlas-Agena-D n°5503A avec le satellite d'écoute électronique Canyon-4 «Spook Bird» n°7504 du programme AFP-827 de Cape Canaveral. Construit par Lockheed, il serait doté d'une antenne parabolique de 10 m de diamètre.

5/12 : Echec de la Diamant-B n°4 avec le satellite D-2A Polaire (95 kg) de Kourou. Il était identique à Tournesol mais, contrairement à celui-ci, il était placé sur une orbite polaire. Il était destiné à détecter l'hydrogène présent dans plusieurs secteurs de voute céleste. Le lanceur est victime d'une défaillance du 2^e étage et la mise en orbite échoue.

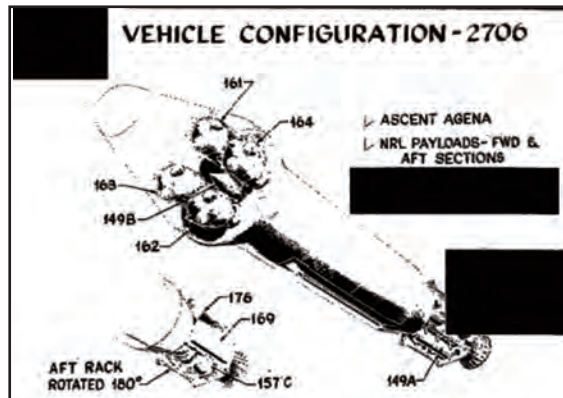
6/12 : Lancement d'une Voskhod (11A57) avec le satellite-espion Zenith-4M (11F691) de Baïko-



Le satellite Prospero (UK)



Le satellite Canyon-4 (USAF)



Le quadruplet Poppy-9 (NRL)

nour (65°). Devenu Cosmos-463, il effectue une mission de 5 jours.

10/12 : Lancement d'une Voskhod (11A57) avec le satellite-espion Zenith-4M (11F691) de Plessetsk (72,9°). Devenu Cosmos-464, il effectue une mission de 6 jours.

11/12 : Lancement de la Scout n°S-183C avec le satellite bri-

tannique Ariel-4 (99,5 kg) de Vandenberg. Il est destiné à étudier les interactions entre les ondes électromagnétiques, les plasmas et les particules énergétiques présentes dans la haute ionosphère. Il retombe le 12/12/78.

14/12 : Lancement de la Thor-Agena-D n°568 avec quatre satellites d'écoute électronique Poppy-9 (125 kg unitaire) de Vandenberg. Construit par le NRL, ils sont placés sur une orbite circulaire à 1000 km inclinée à 70°.

15/12 : Lancement d'une Cosmos-3M (11K65M n°65017-108) de la plate-forme 132 de Plessetsk

avec le satellite de navigation Cyclone, alias 11F617 n°12 (Cosmos-465).

16/12 : Lancement d'une Voskhod (11A57) avec le satellite-espion Zenith-4M (11F691) de Baïkonour (65°). Devenu Cosmos-466, il effectue une mission de 11 jours.

17/12 : Lancement d'une Cosmos-2 (11K63) de la plate-forme 133/1 de Plessetsk avec le satellite DS-P1-You n°49 (Cosmos-467). Ce satellite est destiné à la calibration des radars d'alerte avancée (SPRN) et de surveillance de l'espace (SKKP). Il retombe le 18/4/72.

17/12 : Lancement d'une Cosmos-3M (11K65M n°65014-102) de la plate-forme 132 de Plessetsk avec le 4^e satellite Strela-2M (11F626) destiné aux liaisons du GRU (Cosmos-468). Ces satellites, construits par M.F.Rechetnev de NPO PM, remplacent les Strela-2 placés sur 56° en 1965/68.

19/12 : Lancement d'une Molnya-M (8K78M) de Plessetsk avec le satellite de télécommunications Molnya-1 (11F67 n°24). Il retombe le 13/4/77.

20/12 : Lancement de l'Atlas-Centaur n°26 avec le satellite de télécommunications Intelsat-4F3 (1414 kg) de Cape Canaveral. C'est une plateforme HS-312 avec 12 répéteurs en bande C (Hughes).

25/12 : Lancement d'une Cyclone-2 (11K69) de la plate-forme 90 de Baïkonour avec le satellite US-A n°7 (Rorsat). Devenu Cosmos-469, cette maquette du satellite de surveillance océanique manoeuvre pour se placer sur une orbite à 929/1028 km.



Oreol-1/Arcade-1

27/12 : Lancement d'une Soyouz-M (11A511M) avec le premier satellite-espion Zenith-4MT/Orion (11F629) de Plessetsk (65,4°). Devenu Cosmos-470, il effectue une mission de 10 jours.

27/12 : Lancement d'une Cosmos-3M (11K65M) de Plessetsk avec le satellite scientifique DS-U2-GKA (Oreol-1) destiné à l'étude des couches supérieures de l'atmosphère et des aurores boréales. C'est le premier satellite du programme Arcade de coopération franco-soviétique.

29/12 : Lancement d'une Vostok-M (8A92M) de Plessetsk avec le satellite météorologique Meteor-1 (11F614 n°20).

Fusées à charges multiples et fusées à étages multiples : du moyen-âge à l'entre-deux-guerres. par Jean-Jacques Serra, membre de l'IFHE

Lorsque les artificiers du moyen-âge ont cherché à améliorer les performances des fusées, ils ont essayé d'augmenter leur durée de combustion tout en restant dans des limites compatibles avec la résistance de l'enveloppe. La technique consistant à employer deux charges de poudre mises à feu l'une après l'autre semble être apparue assez tôt.

En Occident, le document le plus ancien décrivant explicitement des fusées est le "*Liber ignium ad comburendos hostes*" (Livre des feux pour brûler l'ennemi) daté du XIII^e siècle (les estimations vont de 1225 à 1270) et attribué à Marcus Graecus. Il s'agit d'un recueil de trente cinq formules de pyrotechnie grecque, dont les plus anciennes remontent au VIII^e siècle. L'auteur utilise des expressions telles que *tunica ad volandum* (enveloppe destinée à voler) et *ignis volatilis in aere* (feu volant) pour désigner les fusées volantes. La treizième formule comporte une note disant « On peut faire un double pétard ou une double fusée, en les emboitant l'un dans l'autre » **1**. Aucune information complémentaire sur cette "double fusée" n'est malheureusement mentionnée dans le *Liber igium*.

On retrouve le thème des "fusées emboîtées" dans un chapitre du "Kunstbuch" (Livre d'art) découvert en 1961 à Sibiu en Transylvanie. Ce chapitre, rédigé en ancien allemand par Conrad Haas en 1555 **2**, a notamment été analysé par E. Carafoli et al. **3**. Le fonctionnement de la fusée à deux étages y est décrit de la manière suivante :

«Au départ, la charge de poudre du premier moteur est allumée et assure la propulsion de la fusée (l'ensemble des deux moteurs et de la charge utile). Quand le premier étage cesse de fonctionner, la flamme est transférée vers la poudre du deuxième moteur qui assure une propulsion additionnelle de la fusée». Un dessin (voir figure ci-dessous, à gauche) montre que le se-

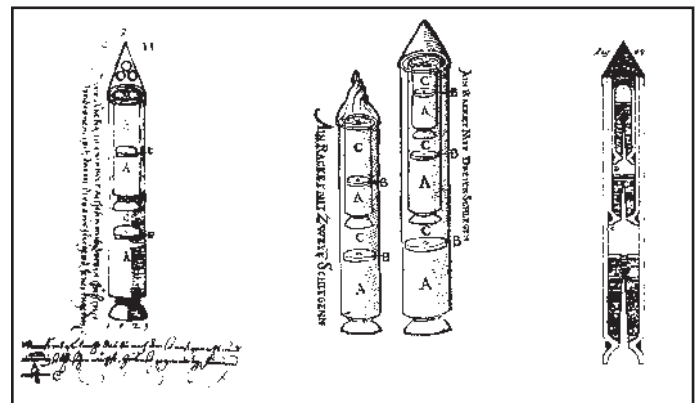


Figure 1 : Fusées à plusieurs étages de combustion selon Haas (à gauche), Smiedlap (au centre) et Simienowicz (à droite)

cond étage, étroitement inséré dans le premier, ne peut pas s'en détacher. D'après Carafoli, le premier étage était néanmoins éliminé en fin de combustion : «Il est intéressant de noter que dans ce croquis la séparation du premier étage n'est pas nécessaire. Haas avait opté pour la combustion intégrale du premier moteur pendant que sa poudre brûlait. Pour cela, il fabriquait l'enveloppe de la fusée en papier imprégné de différentes substances qui brûlait pendant que la

poudre se consumait, de manière à ce que quand le premier étage était vide, le second moteur restait sur sa trajectoire comme une entité indépendante». On peut légitimement douter de l'efficacité de cette technique si l'on tient compte de la durée de combustion du moteur (de l'ordre de la seconde) et du fait que son enveloppe devait assurer un maintien mécanique de la charge de poudre pendant toute la durée de cette combustion.

Les fusées décrites par Johann Schmidlap dans son livre intitulé "Künstliche und rechtschaffene Feuerwerck zum schimpff" paru en 1561 (voir figure ci-dessous, au centre) sont directement inspirées de celles décrites par Conrad Haas.

Au XVII^e siècle, en Pologne, Casimir Simionowicz reprend le thème des fusées emboîtées dans son livre "Artis Magnae Artilleriae" paru en latin en 1650 **4**. Son approche est également voisine de celle de Conrad Haas (voir figure 1, à droite). Néanmoins, sa description apporte une information intéressante, il précise en effet : «Prenez la fusée B, avec la première fusée A en elle, et en la mettant dans le creux de la troisième, collez les ensemble soigneusement et couvrez les trois avec la pointe conique F faite de bois ou de papier». Le fait que les fusées emboîtées soient collées entre elles semble exclure toute idée de séparation.

En France, le plus ancien livre parlant de fusées est le "Livre de canonnerie et artifice de feu" publié en 1561. Il comporte, dans sa seconde partie, la reproduction d'un manuscrit plus ancien que certains spécialistes datent de l'époque de frères

Bureau **5**. Il y est notamment question de fusées à deux étages dans le §35 : «Et si ledict canon ou roquet estoit à deux estances, l'une plus grande que l'autre, dequoy la grande doit estre plus pleine que l'autre de ladicte poudre, & la petite estant demye pleine de ladicte poudre. Et le feu se doit mettre par la grande estance, puis de celle là en l'autre qui est petite par un conduit fait de plume qui sera esmorsé de l'une roquette en l'autre, en ceste façon bien liez ensemble comment verrez la figure... » et le §36 : «...

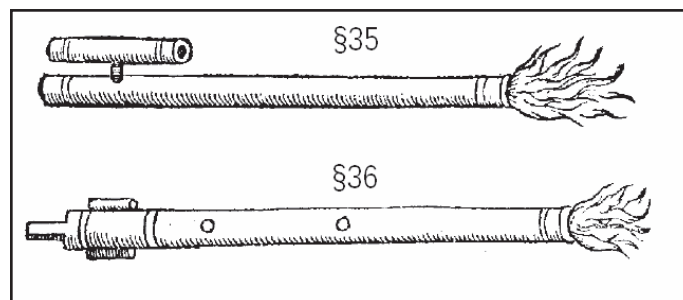
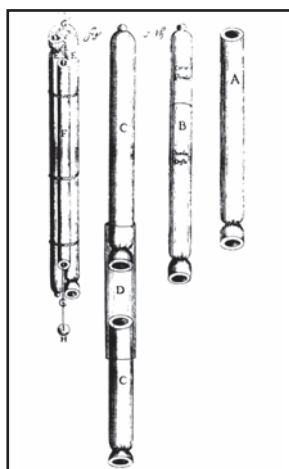


Figure 2 : Fusées à deux estances décrites dans le "Livre de canonnerie et artifices de feu"

faites les rondeaux de papier pour tenir deux estances de ladicte poudre, & qu'une soit plus longue que l'autre. La longue doit estre bien pleine de ladite poudre, & la courte demie pleine, comme il a esté dit dessus, dont voyez icy la figure.»

La figure du §35 semble représenter une configuration avec deuxième étage "en parallèle", assez curieuse. Sur celle du §36, le deuxième étage est placé dans l'axe du premier mais aucune information sur une éventuelle séparation n'est mentionnée.

L'Anglais John Babbington a proposé une configuration intéressante dans son livre "Pyrotechnia or, A discourse of artificiall fire works for pleasure", paru en 1635. Les deux fusées qui fonctionnent l'une après l'autre ne sont pas emboîtées mais réunies par un manchon en papier, lui-même rempli de poudre. On peut imaginer que ce manchon permettait aux deux étages de se séparer par simple glissement. Malheureusement, il ne s'agissait pas ici d'une fusée volante mais d'une double fusée glissant le long d'une corde, dans un sens, puis d'ans l'autre.

Figure 3 : Fusées multi-étages de Babbington
 A Is the short rocket.
 B is the longer, which must be beaten foure inches with powder dust, and one inch with corn powder.
 CC Your two rockets joyned, the mouth of one to the taylor of the other, in such sort, that there may be two inches between them.
 D The coffin of paper which joynes those two together, and must be filled with powder dust, lightly put in.
 EE The rocket doubled, with the cane tied on.
 F The cane, which must be three inches long, or more.
 G The cord that passeth thorow the cane.
 H A peece of cork on the end of the line.

Le premier document connu qui représente une fusée dont les étages sont visiblement conçus pour se séparer est le "Traité des feux d'artifice" d'Amédée Frezier au XVIII^e siècle **6**. Dans la pre-

mière édition de 1707 (voir figure ci-dessous à gauche) on voit que les étages sont légèrement emboîtés les uns dans les autres ce qui permet aux différents étages de se séparer par simple glissement. Les deux premiers étages sont stabilisés à l'aide de baguettes latérales : «Pour ce qui est des baguettes, on en attachera une à la première & une à la seconde; en sorte cependant que ces deux ne fassent que le poids d'une baguette, c'est-à-dire, qu'elles ne pèsent pas davantage que si l'on n'en mettait qu'une qui égalât le poids de ces trois fusées ensemble, qui alors ne sont considérées que comme une seule. Au reste, je ne trouve pas à propos qu'on en mette à la troisième». Dans l'édition de 1747 (figure ci-

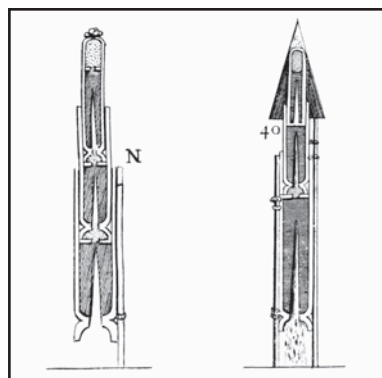


Figure 4 : Fusées à trois vols selon Amédée Frézier version 1707 (à gauche), version 1747 (à droite)

dessous à droite), Frezier améliore le concept en stabilisant le dernier étage par des ailerons : «Pour ne pas charger la première fusée au-delà de ce qu'elle peut porter, on lui mettra une baguette & à la seconde, mais non pas à la troisième, dont on dirigera la course par des ailerons qui seront échancrés à la hauteur du cartouche de la fusée inférieure, afin qu'ils s'en puissent dégager, étant suffisamment attachés à leur cartouche depuis la tête jusqu'à cette entaille, dans la longueur de deux diamètres de son épaisseur. Ces ailerons qui feront faits de carton chargeront peu les fusées & en dirigeront bien la courte si à l'instant qu'elles prennent feu tout l'Artifice est encore à plomb ou à peu près».

Jusqu'au XVIII^e siècle, ces fusées en carton sont de petite taille et le plus souvent destinées aux feux d'artifice. Au XIX^e siècle apparaissent en Europe les premières fusées à enveloppe métallique introduites par l'Anglais William Congreve après qu'il ait observé l'effet des fusées de guerre utilisées par les Indiens. L'enveloppe change, mais pas l'élément propulsif qui est toujours la poudre noire comprimée. La durée de combustion de ces fusées "modernes" reste donc limitée, de l'ordre de une à deux secondes. L'idée d'utiliser deux charges de poudre mises à feu l'une après l'autre revoit le jour au Royaume Uni avec

les fusées lance-amarres du Major Boxer 7. Ces fusées à deux charges propulsives en tandem (voir figure ci-dessous) pouvaient envoyer une amarre vers un navire en détresse situé à plus de 400 m du rivage 8. Mises en service en 1865, elles ont été utilisées jusqu'au début de la se-

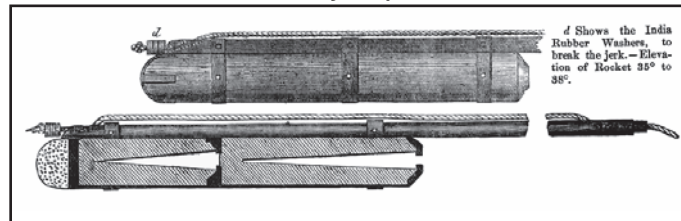


Figure 5 : Fusées Boxer (vue générale et vue en coupe)

conde guerre mondiale.

Comme pour les autres fusées à plusieurs "étages" non séparables, l'objectif est seulement d'augmenter la durée totale de combustion en générant une succession d'impulsions de courte durée.

Les performances des fusées utilisant la "propulsion par impulsions successives" ont été étudiées à la fin des années 1930 au GALCIT (Guggenheim Aeronautical Laboratory at the California Institute of Technology, futur Jet Propulsion Laboratory), à la fois du point de vue expérimental 9 et théorique 10. Les auteurs de cette analyse théorique n'étaient autres que Hsue-shen Tsien, futur père du programme spatial chinois, et Frank Malina, concepteur de la première fusée-sonde américaine.

Le premier brevet faisant état de l'utilisation d'un appareil à réaction comportant plusieurs éléments fonctionnant les uns après les autres est celui du Français André Bing, déposé en Belgique en 1911 11. Il indique : «Dans la présente invention, on n'emprunte absolument rien au milieu ambiant : l'appareil peut être propulsé par la détente, soit d'un gaz comprimé, soit d'un gaz liquéfié, soit d'un explosif solide, liquide ou gazeux. On peut encore utiliser, pour cette propulsion, la réaction due à l'inflammation d'une ou de plusieurs fusées ou à des dispositifs analogues». Et, plus loin, il précise : «Pour augmenter le rayon d'action de l'appareil, on peut le prévoir composé de plusieurs réservoirs analogues à celui qui a été décrit précédemment et qui seront mis en jeu les uns après les autres, à des intervalles de temps appropriés, de manière à constituer en quelque sorte des relais ». Le brevet reste suffisamment flou pour englober le concept des fusées à plusieurs étages telles que nous les connaissons, par contre il ne donne aucune indication sur les

méthodes à mettre en œuvre.

Dans son livre "A method of Reaching Extreme Altitudes" paru en 1919, Robert Goddard propose l'emploi de "fusées secondaires" en tant que méthode permettant aux fusées d'atteindre des hautes altitudes **12**: « Pour les très hautes altitudes, des fusées secondaires seront nécessaires (...) de manière à conserver un rapport entre propergol et poids total sensiblement constant. Les cas les plus extrêmes nécessiteront des groupes de fusées secondaires qui seront consommés les uns après les autres ». Il ne donne aucune indication, dans ce livre, sur la méthode qu'il compte utiliser pour larguer les "fusées secondaires" en fin de combustion. Un brevet qu'il a déposé en 1914 **13** comporte quelques propositions : « Une mèche part de la charge explosive, passe par une ouverture dans le massif, et pénètre sur une courte distance dans le dernier disque de matériau explosif dans la chambre. Ainsi quand la charge propulsive de la fusée principale sera presque épuisée, la mèche s'enflammera et le tube lanceur agira comme un canon dont la fusée auxiliaire sera éjectée pour un nouveau vol ». L'idée d'utiliser un tube à canon à l'avant de la fusée principale n'a pas semblé très réaliste à Goddard qui ne l'a plus reprise par la suite.

Les conclusions de Robert Goddard étaient basées sur des considérations semi-empiriques et il faudra attendre 1929 et la parution du livre "Kosmicheskie raketnye poezda" (Le train de fusées cosmiques) de Constantin Tsiolkovski pour voir enfin théorisé le concept de fusées à étages séparables. Il faut néanmoins remarquer que Tsiolkovski envisageait de placer le premier étage au sommet du composite et le dernier à sa base. De ce fait, le jet de gaz émis par chaque étage devait être incliné de manière à ne pas causer de dégâts à l'étage placé en dessous **14**.



Figure 7 : Vue de côté et de dessus du "train cosmique" de Tsiolkovski

Cette configuration ne sera, bien évidemment, jamais mise en pratique.

En avril 1935, Louis Damblanc publie les résultats de trois ans de travaux consistant essentiellement en des essais au banc de différents types de fusées civiles disponibles à l'époque en France **15**. L'une de ces fusées est une fusée lance-amarres de type Boxer construite par l'Ecole Centrale de Pyrotechnie (ECP) à Bourges. Parmi les pistes d'amélioration des "fusées auto-propulsives à explosifs", il mentionne la « multiplication des étages de combustion de façon à prolonger très sensiblement la durée de la combustion totale et augmenter ainsi considérablement les hauteurs zénithales et les portées ». Il s'agit là du concept de la fusée Boxer dans laquelle les étages ne sont pas largués en fin de combustion. Mais l'idée d'un cartouche de projectile qui « aille en se raccourcissant au fur et à mesure de la combustion de la charge propulsive » est contenue dans le brevet N°803.021 déposé le 7 mars 1936 en France et dont une version avait été déposée dès le 9 mars 1935 en Belgique **16**. Dans ce brevet, la séparation des étages est assurée par l'emploi d'alliages fusibles à base d'étain, de plomb et de bismuth pour réaliser des jonctions qui fondent lorsque le flux de chaleur les atteint.

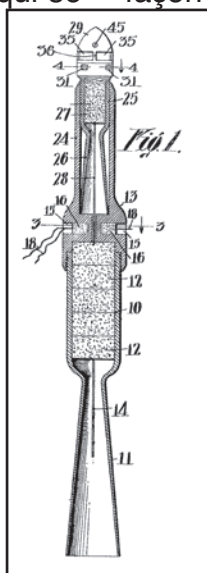


Figure 6 : Fusée à deux étages selon brevet Goddard N° 1.102.653

Damblanc entreprend alors des recherches sur la propagation de la chaleur dans les fusées pour maîtriser la séparation des étages. La technique est validée par des essais réalisés sur le site de l'Office National des Recherches et Inventions à Meudon. Un compte-rendu sera établi dès le 30 mai 1936 mai par son directeur Jules-Louis Breton et l'ensemble de l'étude sera publié par Damblanc dans un second mémoire en janvier 1938 **17**.

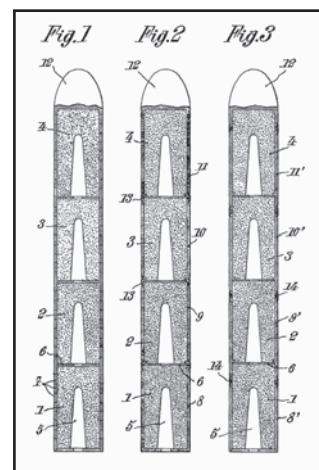


Figure 8 : Fusées à étages séparables selon brevet Damblanc N°803.021

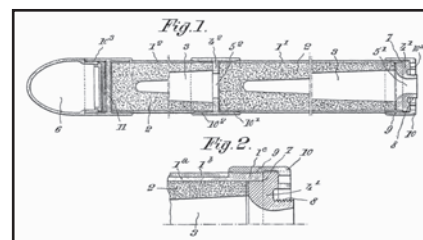


Figure 9 : Manchons taraudés selon brevet Damblanc N°859.352

Mais quand ce mémoire paraît, les essais en vol des fusées du "système Louis Damblanc" ont déjà commencé sur le champ de tir de Bourges. Il s'agit de fusées à deux ou trois étages fabriquées à partir de tubes en acier de 35,5 mm de diamètre intérieur. La première campagne d'essais a lieu le 23 septembre 1937 **18**. Elle sera suivie par deux autres campagnes, le 4 janvier **19** et le 31 janvier 1938 **20**. Le mode de stabilisation (baguette latérale pour la première campagne et baguette axiale pour les autres) n'est pas satisfaisant. En fait, seul le premier étage est stabilisé.

Damblanc va alors modifier sensiblement ses fusées. Il a mis au point une technique d'assemblage des étages à l'aide de manchons fusibles taraudés. Celle-ci, qui est destinée à « assembler entre eux certains éléments d'une fusée à étages détachables en vol » fera l'objet de son brevet N°859.352 **21**. Il remplace également la baguette de stabilisation par un empennage doté de trois longues ailettes. Mais dans cette configuration également, seul le premier étage est stabilisé.

Ce n'est qu'en juillet 1938 qu'il expérimentera une fusée bi-étage de 55 mm de diamètre équipée d'ailerons de stabilisation à chaque étage **22**.

D'autres campagnes seront consacrées à des essais de fusées de plus gros diamètre : 79 mm, en acier **23**, ou 88 mm, en alliage de magnésium, et même 133 mm, avec une structure « obtenue en tronçonnant un corps d'obus » **22**.

Les travaux de Damblanc sur les fusées seront malheureusement interrompus au moment de la défaite de 1940 et ne seront pas repris après la guerre.

Parmi les associations d'études des fusées apparues dans les années 1930, tant en Europe qu'aux Etats-unis, la plupart ont porté leurs efforts sur d'autres thèmes que les fusées multi-étages alors qu'on savait déjà à l'époque que la maîtrise de cette technique serait essentielle. On doit néanmoins signaler les expériences du Tchèque Ludvík Očenášek, qui a lancé des fusées

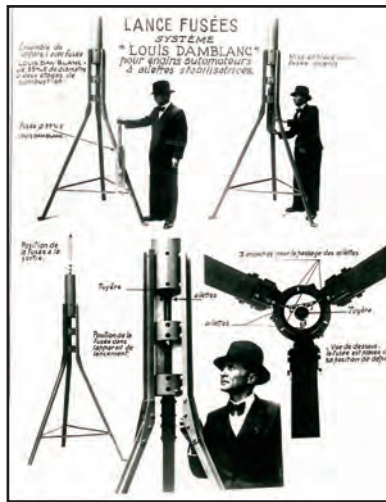


Figure 10 : Fusées de 35 mm avec lance-fusée Damblanc

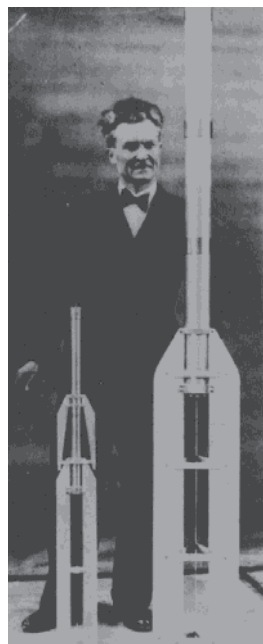


Figure 11 : Fusées de 55 et 88 mm (Le personnage est Maillard, l'assistant de Damblanc)



Figure 12 : Fusée RR-47 de la Paisley Rocketeers Society

bi-étages au début des années 1930. Malheureusement, Očenášek craignait de se voir pillé de ses découvertes et n'a divulgué aucun détail sur ses fusées. Seul un deuxième étage, contenant encore sa charge propulsive a été récupéré par sa fille et l'analyse a révélé qu'il était chargé de poudre à canon ordinaire placée « dans un récipient en papier de forme spéciale qui, par sa forme, constitue une tuyère » **24**. Ensuite, le club amateur écossais Paisley Rocketeers Society (PRS) a commencé à lancer des fusées expérimentales de la série RR (Research Rocket) à partir de 1935 **25**.

Le 31 décembre 1937, la PRS a lancé sa première fusée à trois étages séparables, désignée RR-47. Chaque étage était stabilisé par une paire de baguettes diamétralement opposées. Malgré cette précaution, la fusée a basculé à l'extinction du premier étage à 60 m de haut, et les deux autres étages ont pris une direction quasi-horizontale. Cette expérience avait eu lieu seulement trois mois après le premier vol d'une fusée tri-étage de Damblanc.

Bien qu'il n'ait jamais envisagé d'utiliser ses fusées pour l'exploration spatiale, Louis Damblanc est ainsi le premier à avoir expérimenté des fusées métalliques multi-étages au sens moderne du terme, c'est-à-dire dont les étages sont largués en fin de combustion. Lorsqu'il sera consulté le 22 décembre 1960, l'Institut International des Brevets de La Haye, la plus haute cour dans ce domaine, confirmera l'antériorité au niveau mondial du brevet français N°803.201 du 29 juin 1936.

Nota:

- 1 Traduction par M. Berthelot dans "Essai sur la transmission de la science antique au moyen âge", 1893
- 2 A. Todericiu, R. Rugescu, I. Lorincz, "Relevant Analysis of the Innovative Conrad Haas Manuscript from 1555", Proc. 44th IAC, Prague, 2010
- 3 E. Carafoli, M. Nita, "Romanian Rocketry in the 16th Century", Proc. 3th IAC, Mar del Plata, 1969
- 4 Le livre de Simienowicz a été traduit en français

dès 1651, puis en allemand en 1676 et en anglais en 1729.

5 Les frères Jean et Gaspard Bureau avaient été Maitres-artificiers de Charles VII.

6 Deux livres parus en France à la même époque portent des titres voisins : "Traité des feux d'artifice" (1707 et 1747) de Frezier et "Essai sur les feux d'artifice" (1745), puis "Traité des feux d'artifice" (1750) de Perrinet d'Orval. Seuls les livres de Frezier mentionnent les fusées à plusieurs étages.

7 F.H. Winter, M.R. Sharpe, "Edward Mourrier and his rockets in peace and war", Spaceflight, November 1974

8 M. Vessillier, "Expériences de porte-amarres faites à Brême, par la Société centrale de sauvetage des naufragés", Annales du sauvetage, 1870

9 J.W. Parsons, E.S. Forman "Experiments with Powder Motors for Rocket Propulsion by Successive Impulses", Astronautics, vol.9, No.43, pp.4-11, 1939

10 H.S. Tsien, F.J. Malina, "Flight Analysis of a Sounding Rocket with Special Reference to Propulsions by Successive Impulses", J. Aeronautical Science, vol.6, pp.50-58, 1939

11 A. Bing, "Appareil destiné à permettre l'exploration des hautes régions de l'atmosphère si raréfiée que soit cette atmosphère", Brevet belge N°236377 déposé le 10 juin 1911

12 L'autre méthode proposée consistait à introduire les charges propulsives - solides - dans la chambre de combustion au fur et à mesure de leur combustion. Ce principe a conduit à l'emploi des propergols liquides.

13 R.H. Goddard, "Rocket apparatus", Brevet US N°1.102.653 déposé le 19 octobre 1913

14 K.E. Tsiolkovskii « Kosmitcheskie Raketye

Poezd » (le train cosmique) de 1929 : Cinq étages de trois fusées en parallèle (paquet) de 30 m de long et 3 m de diamètre, soit un total de 15 fusées. L'ensemble mesure 150 m de long et 9 m de diamètre.

15 L. Damblanc, "Les fusées auto-propulsives à explosifs - Essais au point fixe - Application des résultats expérimentaux à l'étude du mouvement", Recherches et Inventions, avril 1935

16 L. Damblanc, "Perfectionnements apportés aux projectiles auto-propulseurs, notamment aux fusées", Brevet N°803.021 demandé le 7 mars 1936

17 L. Damblanc, "Les fusées auto-propulsives à explosifs - Recherches sur les vitesses de propagation de la chaleur développée au cours de la combustion de la poudre", édité par l'Office National des recherches scientifiques et industrielles et des inventions, avril 1938

18 IMP Modot, Etude ECP n°617, PV n°11 du 11 octobre 1937, CAA, 5891F3 Carton 89

19 IMP Modot, Etude ECP n°617, PV n°12 du 18 janvier 1938, CAA, 5891F3 Carton 89

20 IMP Modot, Etude ECP n°617, PV n°13 du 08 février 1938, CAA, 5891F3 Carton 89

21 L. Damblanc, "Perfectionnements apportés aux fusées ou semblables", Brevet N°859.352 demandé le 11 mai 1939

22 L. Damblanc, "My Theoretical and Experimental Work from 1930 to 1939, Which Has Accelerated the Development of Multistage Rockets", Proc. 1st Hist. Symp. of the IAC, Belgrade, 1967

23 IMP Modot, Etude ECP n°617, PV n°20 du 08.11.1939, CAA, 5891F3 Carton 89

24 R. Pešek & I. Budil, "Ludvík Očenášek: Czech Rocket Experimenter", Proc. 1st Hist. Symp. of the IAC, Belgrade, 1967

25 J. Bonsor from Paisley Rocketeers Society, private communication, 2009

Soutenez notre action.....Rejoignez-nous

Bulletin d'adhésion à l'IFHE

Nom : _____ Prénom : _____

Adresse : _____

Code postal : _____ Ville : _____

Tél : _____ mel : _____

Je soussigné(e) adhère à l'IFHE en qualité de membre

membre : 65 euros
bienfaiteur : > 65 euros
étudiant (< 30 ans) : 20 euros

Mode de paiement : _____ Montant : _____

Signature : _____

“Il y a 50 ans : Europa-II” par Patrice Lille, membre de l'IFHE

L'échec du premier tir d'Europa-II à Kourou le 5 novembre 1971 a signé le glas de l'organisation des lanceurs de l'époque (CECLES ELDO) considérée comme étant un fiasco qui a coûté 745 millions de dollars de l'époque (Christophe Rothmund) sans avoir réussi la moindre satellisation après 11 lancements. Cette organisation des lanceurs avait été créée le 29 février 1964, tandis que la recherche spatiale se faisait au sein du CERS-ESRO créé le 23 mars 1964. L'ELDO comprenait 6 pays plus l'Australie : les Anglais fournissaient le premier stage Blue Streak, les Français le deuxième et l'Allemagne le troisième, l'Italie construisait quant à elle un satellite expérimental, les Pays-Bas une station de télémétrie, et la Belgique une station de guidage radio. Le CECLES-ELDO devait mettre au point la fusée Europa-I qui était un lanceur lourd pouvant satelliser en orbite basse une charge de 600 kg mais c'était une véritable tour de Babel (9). Chaque pays conservait la responsabilité complète de la mise au point de son étage. Il n'y avait pas de case d'équipements commune comme pour Ariane. Chaque étage devant être autonome, il était équipé de ses propres chaînes de télémétrie (1). L'équipe système chargée de la gestion et du développement de l'ensemble avait un pouvoir très limité (9). un effort particulier devait être porté sur les interfaces mécaniques électriques et sur la compatibilité radioélectrique mais l'ELDO n'a pas joué son rôle de maître d'œuvre (1). La principale motivation de la création du CECLES-ELDO pour l'Angleterre était en fait le sauvetage du missile Blue Streak qui fut cautionné par le Général de Gaulle le 28 janvier 1961 à Rambouillet, avec une arrière-pensée de prestige spatial européen mais à condition que la France fournisse le 2^e étage.

- Les besoins pour les lancements de satellites



Le 1^{er} ministre anglais Mac Millan offre le Blue Streak au General de Gaulle en 1961 (D'après le livre “Fire across the desert”)



Europa-II au CSG
(Archives EUI Florence Eldo-4592)

de télécommunications sur orbite haute géostationnaire se sont faits sentir très tôt, d'où la préoccupation des états de développer une fusée plus performante que celle du programme initial. (ELDO A EUROPA). Dès le 21 septembre 1961, 86 firmes industrielles aérospatiales se regroupent dans une association à but non lucratif (Eurosace) qui est le groupement industriel européen d'études spatiales qui demande à L'ELDO de développer rapidement des lanceurs pour lancer des satellites d'application à l'horizon 1970 et acquérir ainsi une capacité de maître d'œuvre, car pour eux c'est une question de survie. Le 5 mai 1964 à la première session du conseil des ministres du CECLES, l'accent est

porté sur les missions en orbite géostationnaire qui nécessitent des lanceurs plus performants que le lanceur Europa-I prévu uniquement pour envoyer des satellites lourds de 600 kg en orbite basse. En octobre 1964, l'ingénieur militaire principal Jean Corbeau, président du comité technique et scientifique de l'organisation, rappelle que l'ELDO doit satisfaire aux demandes du CERS-ESRO. Il doit être capable de mettre sur orbite des satellites de télécommunications expérimentaux et des charges utiles nécessaires à des réseaux opérationnels de communications.

L'ELDO-PAS ou Europa-II était la nouvelle version performante du lanceur développée à partir du lanceur ELDO A : il comportait un 4^e étage dit de périgée à poudre identique à celui du 3^e étage de Diamant B, (870 kg, 2 m de longueur et 80 cm de diamètre développant 4,2 tonnes) et aussi un moteur d'apogée comportant 190 kg de poudre intégré dans le satellite de télécommunications. Ces deux moteurs solides devaient d'une part, augmenter le périgée et, d'autre part, arrondir l'orbite à l'apogée sur l'orbite de transfert (4). Le moteur d'apogée est allumé ainsi à l'apogée de l'orbite

afin d'accroître la vitesse du satellite. Ce programme est développé sous la houlette de la France (par la SEREB et la SETIS) (11).

Finalement la 2^e conférence ministérielle du CECLES approuve le programme ELDO-PAS les 7 et 8 juillet 1966.

- Autre évolution, le guidage ne se faisait plus par un système de radioguidage par le sol comme pour Europa-I à Woomera, il a été confié à une centrale inertielle

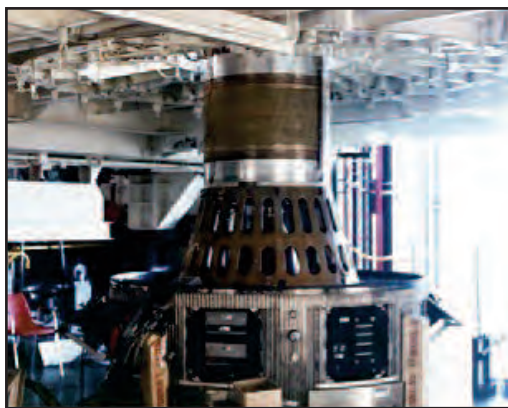
située dans le troisième étage commandant un calculateur de trajectoire qui a été essayé en vol lors du tir F9 à Woomera. Ce système avait été supervisé dans son développement par le secrétariat de L'ELDO mais la fabrication, l'installation et le câblage relevaient des techniciens allemands (Pierre Lacau : ingénieur de l'armement de marque pour Coralie) (3).

- et, surtout, le lancement des fusées se feront depuis Kourou dont la position est beaucoup plus favorable pour les lancements géostationnaires. Ce choix permet un gain de 15 % sur les performances du lanceur par rapport à Woomera.

En effet afin de rejoindre l'orbite géostationnaire, on doit tirer vers l'est en longeant l'équateur. La raison en est qu'en opérant ainsi on profite de la vitesse de rotation de la Terre sur elle-même : à

l'équateur, cette vitesse est de 470 m/sec (10). Or la base de Woomera ne permettait pas de tirer vers l'est de l'Australie qui était trop peuplée, c'est la raison pour laquelle on lançait les fusées Europa à Woomera vers le Nord. Il fallait construire une nouvelle base de lancement.

Darwin fut envisagé à un moment donné, mais tout restait à créer ce qui n'était pas le cas de Kourou en Guyane. Des tractations ont eu lieu entre L'ELDO et la France (CNES) afin d'établir la base équatoriale du CECLES ELDO au centre spatial guyanais. La France s'engagea sur une somme forfaitaire de 25 millions d'unités de compte et remporta le marché devant l'Australie (4). Le conseil du CECLES du 8



4^e étage de périgée
au-dessus du 3^e étage d'Europa-II

© Archives EUI Florence Eldo-4592

juillet 1966 décida donc d'implanter la base équatoriale à KOUROU (B.E.C.). Le début du chantier commença au printemps 1968 et la réalisation par le CNES de la B.E.C. s'est déroulée dans de très bonnes conditions. Dès 1969, l'équipe ELDO du CSG comprenait environ une centaine de personnes qui se sont installées à Kourou dans les appartements ELDO de la

SIMKO et dans les villas des roches.

D'après Marius Lefèvre, qui est devenu directeur adjoint des opérations pour Europa-II et qui a rejoint L'ELDO en 1970 sous la direction de Damien Bagaria (directeur ELDO) en même temps que Frédéric d'Allest, le personnel de L'ELDO était très hétéroclite (1). De nouvelles équipes viennent à Kourou et la majorité étaient des anglais et des australiens. Il y avait aussi des allemands, des Belges et quelques Italiens. Le personnel agissait suivant les directives de chaque pays participant, il n'y avait pas d'intégration. Le chef de mission pour Europa-II, le britannique Abatie et son adjoint le Colonel Davis, britannique également sont conscients de l'absurdité des règles imposées à l'organisation par les états membres mais fatalistes et conseillent de s'en accommoder. Dans leur cas, néanmoins,

le contraire aurait été difficile, puisque l'Angleterre avait déjà quitté le CECLES –ELDO en avril 1971. Il y avait une nonchalance parmi le personnel qui n'avait connu que des échecs (1). Néanmoins beaucoup d'ingénieurs étaient compétents et motivés en donnant le meilleur d'eux-mêmes pour transformer cette longue série

d'échecs en succès. Un très gros travail est fourni autant en Guyane qu'en Europe. L'attention est portée sur les interfaces mécaniques et électriques, toutes les séquences sont contrôlées suivant différents scénarios, les équipes en charge du lanceur font un travail considérable. De temps en temps une anomalie est perçue mais non corrigée. Selon



Base ELDO BEC

© D. Bagaria



Damien Bagaria

Marius Lefèvre, c'est le cas du câblage de la coiffe qui n'est pas conforme aux plans ce qu'a remarqué le responsable de la coiffe en Italie, Mr Gérard Allavena (1). Son patron étant absent, Celui-ci en fait part à Marius Lefèvre qui lui conseille de ne pas signer la recette de la coiffe chez Aeritalia. La recette est néanmoins signée d'autorité par Abatie le chef de mission sous prétexte que cela entrainerait un retard des transports avec un sur-



© Cosmos Club de France

cout. Ce même Abatie ne voulait pas assister au lancement à partir du centre de contrôle Jupiter au CSG alors qu'il était le chef de mission et fonctionnaire international tout simplement parce qu'il s'agissait d'un bâtiment français. Il voulait assister au lancement à



© Archives EUJ Florence Eldo-4592

partir du blockhaus de tir du CECLES ELDO. Il n'a jamais voulu se plier aux règlements qu'il avait pourtant signer avec le CSG comme quoi le chef de mission devait se trouver dans le centre de contrôle pendant le lancement. Néanmoins, La campagne de lancement F11 s'est déroulée normalement sans aucun problème (1). Ainsi l'essai statique du VRME (1^e étage actif avec maquettes des étages supérieurs) le 5 mai 1971 avec un 1^e étage BLUE STREAK allumé pendant 20 sec a qualifié la base équatoriale du CECLES-ELDO.



© Archives EUJ Florence Eldo-4592

La préparation du lanceur Europa-II s'est déroulée normalement. Au cours des répétitions générales plusieurs arrêts



Europa-II 1^e explosion Blue Streak 2^e explosion Coralie

44 sec, les restes d'EUROPA-II s'abimèrent dans l'océan atlantique, à 485 kms de son point de départ. Une semaine plus tard, les causes de la catastrophe furent élucidées en partie. L'interruption du pilotage à 107 sec provoqua la dérive du lanceur qui a pris une incidence de 35° (pour 0° en principe). Sous cette incidence, il en résulta des efforts aérodynamiques et un échauffement cinétique qui provoqua la cassure du lanceur au niveau de la jupe tronconique inter-étage entre le premier et le second étage. Il se produisit alors un heurt entre ces deux étages qui provoqua à la fois le déchirement du réservoir d'oxygène liquide du Blue Streak ainsi qu'une fissure au niveau du fond commun de Coralie mettant en contact les deux ergols hypergoliques d'où une explosion...

L'ONERA mena durant 10 mois une enquête qui permit de découvrir les causes de l'échec: il se produisit 3 incidents entre les 105^e et 108^e sec de vol:

1. Un arrêt du calculateur de bord
 2. Des sauts du séquenceur
 3. Des perturbations de pression sous la coiffe.
- Tout se calma ensuite jusqu'à la 150^e sec, puis se produisit l'explosion du 1^e étage à 27 km d'altitude et à une vitesse de 1000 m/s. Ensuite, à la

162^e sec, CORALIE explosa et enfin à la 189^e sec, la coiffe se désintégra.

On découvrit durant l'enquête que la ligne de blindage de l'instrumentation de la coiffe n'était pas reliée à la masse. De plus, elle était reliée aux 5 prises de pression de la coiffe (1 au Sommet, les 4 autres à 45°). Elle constituait ainsi une électrode isolée soumise aux influences électrostatiques. Le blindage relié au capteur n'étant pas connecté à la masse, il pouvait se produire un claquage. Ce dernier se produisit à 105^e sec, arrêtant le calculateur.

Un second claquage fit "sauter" le séquenceur et, l'échauffement gagnant la coiffe, il se produisit des claquages au niveau des capteurs de pression, d'où les phénomènes observés.

La reprise des claquages à 150^e, 162^e et 189^e sec, s'expliqua par les séparations d'étages qui produisirent des redistributions de charges, rechargeant la coiffe et réalimentant le phénomène jusqu'à la destruction du lanceur (6). Ces conclusions furent rendues publiques au début de l'année 1973 (7).

La version du directeur du CECLES ELDO en Guyane : Klaus Iserland, est pratiquement identique (5) : «Europa-II est partie normalement et à un moment donné, en traversant l'atmosphère, les charges électriques se sont accumulées sous la coiffe ; normalement une liaison de mise à terre entre la coiffe et le troisième étage aurait dû évacuer les particules électriques et pour une raison inconnue cette liaison ne s'est pas produit, ce qui fait que les charges électriques se sont accumulées, accumulées et à un moment donné il y a eu un éclair, une décharge totale de ces accumulations sous la coiffe dans le troisième étage et cette décharge électrique a eu pour conséquence de bloquer le guidage inertiel à H+107 sec avec arrêt du calculateur de bord (la centrale inertielle avait comme directives de s'arrêter en cas de grosses perturbations ce qu'elle fit) ainsi le guidage inertiel cessa brusquement d'envoyer des signaux de pilotage à l'auto pilote du Blue Streak. Par contre, on avait quand même la précaution de se dire : «Si le guidage inertiel ne marche pas on garde la dernière commande» celle-ci était l'attitude que devait prendre l'ensemble des deuxième et troisième étages dans l'espace, alors que normalement ils auraient dû



Klaus Iserland,
directeur ELDO
en Guyane

s'incliner (trajectoire nominale) mais en fin de compte on n'arrivait plus à prendre le virage pour atteindre l'orbite au péricée et on restait à un angle d'inclinaison constant dans l'espace en allant de plus en plus vite, les charges aérodynamiques sont devenues plus grandes que celles que supportait le premier étage avec un échauffement cinétique dissymétrique, la fusée se cassa en deux à H+150, la rupture intervenant entre le premier et le

deuxième étage au niveau de la jupe tronconique inter étage» (5). Le 2^e étage a embouti les réservoirs du 1^e étage d'où la première explosion et il a fissuré le diaphragme séparant le réservoir d'UDMH de celui du peroxyde d'azote (ergols hypergoliques) d'où la deuxième explosion». Les équipes sur place avaient pourtant bien travaillé mais le manque d'intégration du lanceur a été fatal pour la réussite du lancement. La fusée n'avait pas de maître d'œuvre, chaque pays apportait son étage et on assemblait le tout sans qu'une autorité soit responsable de l'ensemble d'où les difficultés à réunir les compétences sans les coordonner (4). Franco Emiliani, le directeur des opérations et adjoint de Klaus Iserland en Guyane remarquait : «Avant le tir à l'occasion d'une revue de masse, nous avons observé qu'il fallait enlever certains points ici, en ajouter ailleurs. Cela ne fut pas exécuté parfaitement (4). Pour l'ingénieur de l'armement, Jean Lacaze, affecté à L'ELDO qui avait comme mission d'intégrer le 2^e étage (Coralie) avec l'ensemble. «Il s'agissait de gérer des problèmes d'ensemble par opposition au développement de chacun des étages. Ainsi les efforts imposés à la fusée assemblée sont plus importants que ceux subis par les étages séparés, chaque étage n'est pas entièrement maître de son système électrique. Après l'échec d'Europa-II nous avons compris que L'ELDO n'était pas fiable. Il fallait un maître d'œuvre unique» (4).

Après cet échec, le Général Aubinière prend la direction du CECLES ELDO, le 1^e janvier 1972 et nomme Gérard Chauvallon (ingénieur de la SEREB), responsable de la coordination d'Europa-II. Il remanie profondément l'organisation en licenciant 30% du personnel et fait énormément d'essais en demandant l'aide d'ingénieurs américains. «On a beaucoup critiqué l'ELDO mais le

personnel de l'ELDO était dans une bonne structure avec de bons ingénieurs surtout après la reprise en mains par le Général Aubinière » remarque de Marius Lefèvre déc. 2018 (1).

Les remèdes proposés (diminution de la sensibilité aux parasites du calculateur et du séquenceur, vérification des mises à la masse et revêtement de la coiffe d'une peinture conductrice) sont appliqués au lanceur F12, dont le vol était prévu le 20 juillet 1973. En raison de retards de livraison d'équipements du 3^e étage, le tir fut repoussé au 1^e octobre 1973 (7). Mais il est trop tard, les allemands dont le gouvernement vient de changer veulent abandonner le programme Europa-II. Le gouvernement français accepte la position allemande. Lors de la 64^e session du Conseil de l'ELDO, le 27 avril 1973, la France et la RFA décidèrent l'abandon du programme Europa-II alors que le Blue Streak F12, parti le 1^e avril 1973, était en chemin vers Kourou, de même que Coralie, Astris devant arriver début août (7).

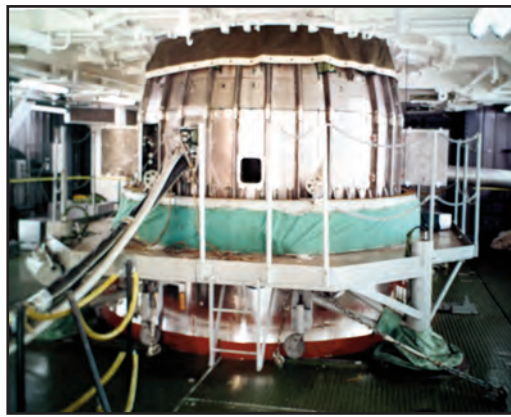
Quel a été l'héritage du CECLES ELDO pour l'Europe Spatiale en fin de compte ??

- En premier lieu, les ingénieurs du CECLES-ELDO du programme Europa-III ont rejoint le CNES et le programme Ariane (Y. Sillard, F. d'Aillest, R. Vignelles.) et ont pu mettre à profit l'expérience acquise des moteurs à ergols liquides et cryogéniques.

La mésaventure de L'ELDO a servi de leçon aux programmes du CNES qui a donc tiré toutes les conséquences des erreurs de l'ELDO (absence d'intégration, absence de maître d'œuvre)

- Les programmes de L'ELDO ont mis en évidence que la politique des américains ne permettrait pas d'utiliser leurs lanceurs pour lancer les satellites de télécommunications européens opérationnels (en rapport avec INTELSAT) (7).

- Le pas de tir d'Europa-II a été conservé mais transformé. La tour a été surélevée pour la fusée



Blue Streak au niveau de la jupe tronconique



Première équipe européenne au CSG

Ariane-1 qui était plus grande qu'Europa-II et c'est devenu l'ELA-1 (7).

- Au plan technique, le moteur Viking a été développé pour l'ELDO de même que le moteur à hydrogène et à oxygène liquide que l'ELDO avait déjà fait développer entre la France et l'Allemagne qui était le HM4. Ariane a repris ce moteur en passant à un moteur plus puissant, le HM7 (4).

- Le 1^e étage d'Ariane-1 est celui du projet Europa-III.

- Selon K. Iserland, « Ce que l'on oublie aussi souvent de dire c'est que l'ELDO a financé énormément de choses en Europe qui n'existaient pas avant : par exemple, les installations d'essais de la SEP à Vernon ont été largement financées par l'ELDO. les installations de Lampoldshausen en Allemagne elles aussi ont été largement financées par l'ELDO et toutes ces installations d'essais qui n'existaient pas en Europe ont vu le jour

grâce au Programme ELDO» (5).

Nota:

1. Marius Lefèvre la naissance des activités spatiales en France : Pré-Ariane Témoignage de pionniers en déc. 2018 au CNES
2. Roger Vidal la naissance des activités spatiales en France : Pré-Ariane Témoignage de pionniers en déc. 2018 au CNES
3. Hervé Moulin la construction d'une politique spatiale en France-2017 p 267
4. France Durand de Jongh de la fusée véronique au lanceur Ariane-1998
5. Klaus Iserland INT793 Interview with Klaus Iserland recorded le 11 Mars 2003 Bougival (Paris) Interview by D. Redon in French From the Oral History of Europe in Space
6. Un échec pour l'Europe. Albert Ducrocq sciences et avenir N°298 décembre 1971
7. Christophe Rothmund : Europa et Cora, Les Fusées Oubliées : 22 novembre 1989 document non publié disponible au service historique de l'armée de l'air G/2304 64 pages

8. Le Général Robert Aubinière : propos d'un des pères de la conquête spatiale française éditions L' HARMATTAN 2008
9. Philippe Couillard Le corps de l'armement un atout pour la France 1968-2018 (confédération amicale des ingénieurs de l'armement) P.383 l'Espace

10. Jean CORBEAU Aperçu technique et militaire sur les Spoutniks., Ingénieur militaire principal des Fabrications d'Armement. revue de la défense Nationale Déc. 1957
11. Michel Bouttier Ariane, un rêve, une réalité de Broca 2011

30 ans du télescope Hubble

par Christian Lardier, administrateur de l'IFHE

Le 24 avril 1990, il y a 30 ans, la navette Discovery décolle du Kennedy Space Center (KSC) pour placer sur orbite le télescope spatial Hubble. Lors de la création de l'Agence spatiale européenne ESRO au début des années 60, il était prévu de lancer trois types de satellites : les «petits» du type Scout (ESRO-1 à 4), les «moyens» du type Thor-Delta (TD-1 à 4) et les «gros» du type Europa-I (LAS-1 à 4). Scout et delta sont américains, tandis qu'Europa est développé par l'ELDO. Les LAS (Large Astronomical Satellite) ont été étudiés en 1964/68 pour des lancements prévus en 1970, 1971, 1972 et 1973 (6 ans de développement). C'était des engins de 800 kg

doté d'une charge utile de 225 kg. Ils doivent être placés sur une orbite circulaire à 600 km. La mission principale est la spectroscopie stellaire UV sur la bande Lyman-Alpha à 3500 Å. Le télescope doit avoir un miroir de 60 cm de diamètre. Trois équipes scientifiques travaillent en parallèle :

- 1-France, Belgique et Suisse,
- 2-Allemagne et Hollande
- 3-Royaume Uni

Mais le projet est abandonné par manque de soutien politique et de financement.

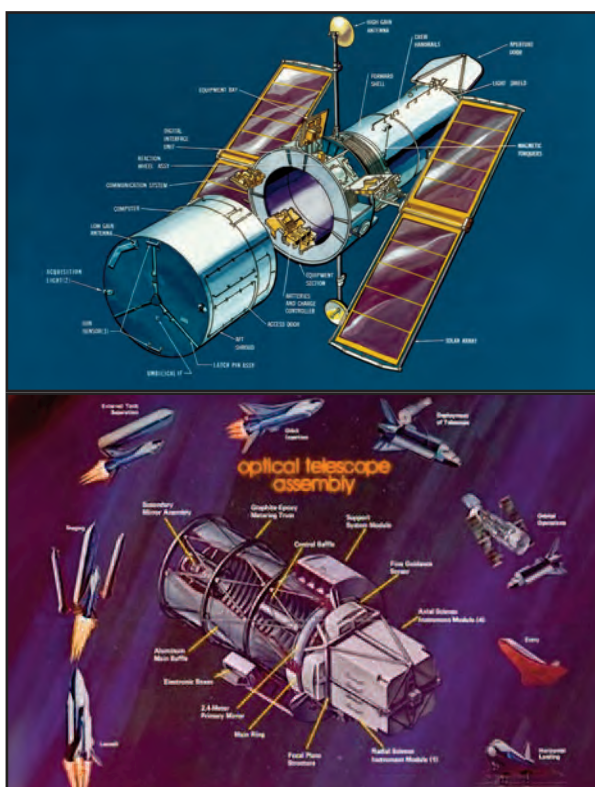
En 1969, Apollo-11 s'est posé sur la Lune et la Nasa étudie le programme Post-Apollo. Deux ans plus tard, c'est l'étude de faisabilité du Large Space Telescope (LST). Le télescope doit avoir un miroir de 3 m de diamètre. En 1972, les Etats-Unis décident d'arrêter Apollo et de faire la navette spatiale (Space Shuttle).

L'année suivante, elle demande à l'Europe de fournir le module orbital Spacelab. Du coup, le LST est conçu pour faire l'objet d'une maintenance régulière en orbite.

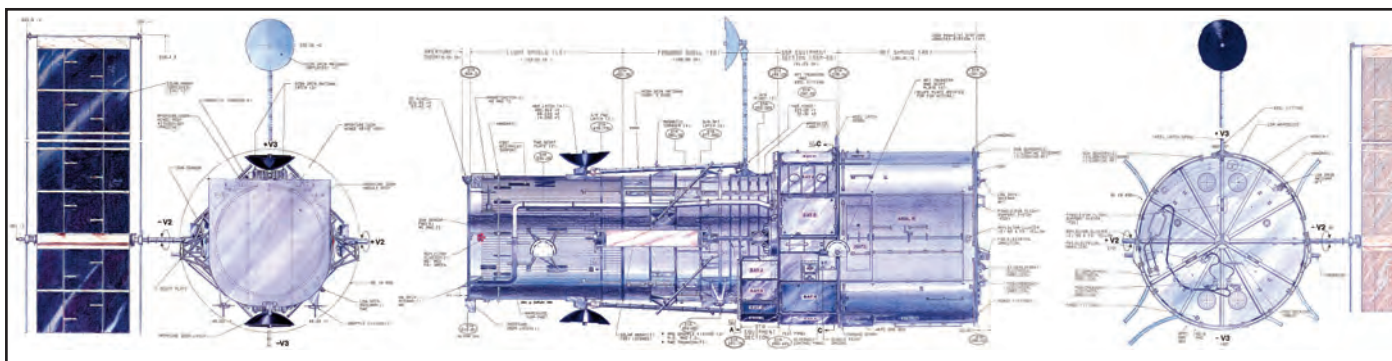
La technologie de l'imagerie est révolutionnée en 1969 lorsque le CCD (Charge Coupled Device), ou technologie Pushbroom, est inventée par Bell Labs. Le premier CCD commercial est produit par Fairchild Electronics en 1974. Cette technologie permet de transmettre directement les images sous forme numérique et remplace alors les films argentiques qui devaient être récupérés dans des capsules.

Au départ, le coût estimé du LST est de 400-500 M\$2. Pour réduire ce coût, la Nasa réduit d'abord le diamètre du miroir de 3 m à 2,4 m, puis demande une coopération à l'ESRO qui accepte, en 1975, de fournir les panneaux solaires flexibles et leurs mécanismes de rotation (BAe) et la caméra Faint Object Camera (Dornier)3. Cette contribution permet à l'Europe d'obtenir 15 % du programme d'observation4 et la participation d'astronautes européens aux vols de maintenance (Nicollier et Clervoy sur STS-103 en 1999).

Le projet est adopté en 1977. Le satellite confié à Lockheed Martin, tandis que le télescope est réalisé par Perkin-Elmer. D'une masse de 11,0 t, il est doté d'un télescope Cassegrain (type Ritchey-Chrétien) de 2,4 m de diamètre. L'utilisation des satellites-relais TDRS permet la transmission au centre Goddard qui les envoie ensuite au



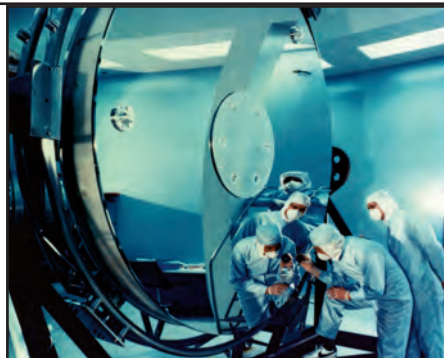
Le projet initial du télescope Hubble



Space Telescope Science Institute (STScI) de Baltimore. Le premier vol du Shuttle intervient le 12 avril 1981. Le lancement du LST est alors prévu en 1983. Mais la fabrication est plus longue que prévue et l'ensemble optique n'est prêt qu'en 1984, le satellite en 1985 et le lancement est donc prévu en 1986 avec trois ans de retard.

Mais le 28 janvier 1986, c'est la tragédie : la navette Challenger (25^e du Shuttle, mission STS-51L) explose 73 sec après son décollage. Le programme est arrêté pendant deux ans et demi. Le retour en vol intervient en septembre 1988 : le lancement de Hubble est alors prévu en avril 1990. Après plusieurs changements de date, il intervient finalement le 24 avril avec la navette Discovery (vol STS-31), treize ans après la décision. L'équipage Loren Shriver (2^e vol), Charles Bolden (2^e vol), Steven Hawley (3^e vol), Bruce McCandless (2^e vol) et Kathryn Sullivan (2^e vol). Le télescope est déployé sur une orbite à 585/615 km inclinée à 28,5°. Le satellite emporte les instruments scientifiques suivants⁵ :

- WFPC (Wield Field Planetary Camera) de CalTech/JPL à CCD de Texas Instruments (quatre barrettes de 800x800 pixel)
- GHRS (Goddard High Resolution Spectrograph) de Goddard/Ball Aerospace



Le miroir de 2,4 m de diamètre



La caméra FOC de l'ESA



Hubble avant son lancement

- FOC (Faint Object Camera) de l'ESA/Dornier
 - FOS (Faint Object Spectrograph) de Université de San Diego/Martin Marietta
 - HSP (High Speed Photometer) de l'Université du Wisconsin
- Le développement a coûté un total de 1,8 Md\$6 (1,55 Md\$ pour la Nasa et 250 M\$ pour l'ESA), soit trois fois plus que prévu. A cela, il faut ajouter :
- essais et moyens au sol : 400 M\$
 - mise au point de la maintenance en orbite : 200 M\$
 - coût de lancement estimé à 350 M\$ (vol de Shuttle)
 - exploitation en orbite : 200 M\$/an pendant 15 ans, soit un total de 3 Md\$

Cela représente donc un coût 5,7 milliards de dollars sur la période 1977/20057.

Mais le miroir primaire avait un myopie qu'il a fallu rectifier par l'ajout d'une paire de lunettes : l'instrument COSTAR (Corrective Optics Space Telescope Axial Replacement) qui fut installé par l'équipage de la première mission de maintenance (SM-1) en décembre 1993. Au cours de ce vol STS-61, l'instrument WFPC fut remplacé par le WFPC-2, tandis que COSTAR remplace HSP. La seconde mission de maintenance

SM-2 (STS-82) intervient en février 1997. Durant les passages des côtés diurne et nocturne de chaque orbite, les panneaux solaires flexibles sont censés s'adapter à l'expansion et à la

contraction causées par le chauffage et le refroidissement. Mais depuis le lancement, ces panneaux sont sujets à un tremblement qui interfère avec la stabilité de l'engin et affecte sa capacité de pointage. Aussi, au cours de ce vol, ils sont changés. En outre, l'instrument FOS est remplacé par le STIS (Space Telescope Imaging Spectrograph), tandis que le GHRS l'est par le NICMOS (Near Infrared Camera & Multi-object Spectrometer). Le 13 novembre 1999, le télescope est placé en mode de survie à la suite de la panne d'un quatrième gyroscope. La troisième mission fut alors séparée en deux : SM-3A (vol STS-103 de décembre 1999) et SM-3B (vol STS-109 de mars 2002). La première (SM-3A) permet de dépanner Hubble en lui donnant un nouvel ordinateur de bord et six nouveaux gyroscopes. Tandis que la seconde (SM-3B) fut mise à profit pour remplacer la caméra FOC par l'ACS (Advanced Camera for Surveys), réparer le NICMOS en le dotant d'un système de refroidissement (NCS) et remplacer à nouveau les panneaux solaires. La mission SM-4 (STS-125) intervient le 11 mai 2009. Elle permet d'effectuer les changements suivants :

- WFC-3 (Wield Field Camera) remplace WFPC-2.
- COS (Cosmic Origins Spectrograph) remplace le Costar qui n'a pas été utilisé depuis le retrait de GHRS, FOC et FOS.
- réparation du STIRS qui était en panne de courant depuis août 2004.
- réparation de l'ACS qui était en panne de courant depuis janvier 2007.

Cette cure de jouvence va lui permettre de poursuivre ses observations pendant encore une dizaine d'années jusqu'en 2019.



Lancement de STS-31 le 24 avril 1990



Les panneaux solaire déformés



Nouveaux panneaux



En 2020, le télescope spatial fonctionne toujours parfaitement. Presque tous les instruments ont été changés au moins une fois, tout comme les ordinateurs, les gyroscopes, les panneaux solaires. Hubble a été complètement renouvelé, à l'exception du miroir, d'antennes, etc. Hubble devrait rester en orbite jusqu'en 2030-2040.

Après le lancement de Hubble, la Nasa a commencé à plancher sur son successeur : le NGST (Next Generation Space Telescope), qui sera rebaptisé James Webb du nom de l'ancien administrateur de la Nasa en 2002. Dans le projet initial, la Nasa avait prévu un anneau d'interface pour un équipage de visite au point de Lagrange. Mais au cours du développement, il a été enlevé. Car après la tragédie de Columbia en 2003, il est décidé d'arrêter le Shuttle8. Le projet initial porte sur un satellite d'environ

2,5 à 3,0 t doté d'un miroir déployable de 8 m de diamètre qui sera placé sur le point de Lagrange L-2 (1,5 millions de km de la Terre) au moyen d'une fusée Delta-4 ou Atlas-5 en 2007. Lockheed Martin, l'équipe TRW/Ball Aerospace et le centre spatial Goddard sont en compétition pour ce programme qui est estimé à 1,13 Md\$ (230 M\$ pour les nouvelles technologies, 500 M\$ pour le développement et 400 M\$ pour le lancement et les opérations). Pour sa part,

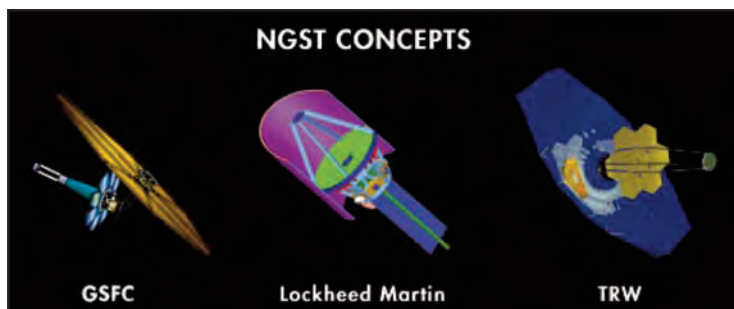
l'ESA envisage de contribuer à NGST à hauteur de 15 % (200 M\$) comme sur Hubble. Elle avait proposé un miroir en silicure de carbone, mais il fut refusé par la Nasa. De même, l'utilisation de la plate-forme dérivée de Herschel/Planck fut proposée fin 2001-début 2002, mais fut également rejete

tée par la Nasa qui estime probablement qu'il n'est pas possible de confier un élément clé du

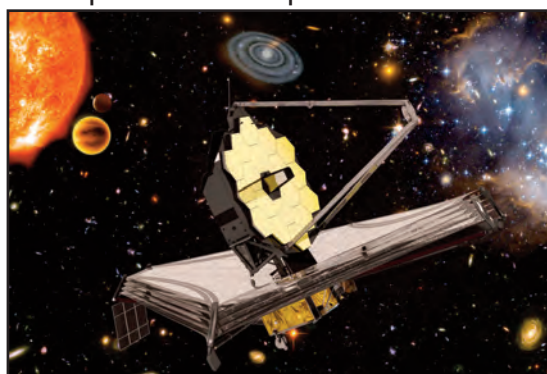
satellite à l'Europe. En 2002, la Nasa a finalement choisi le concept de TRW et Ball Aerospace, devenu depuis Northrop Grumman. Le satellite qui pèse désormais 5,4 t doit être lancé par une Delta-4, une Atlas-5 ou une Ariane-5 en juin 2010. Il fonctionnera plutôt dans l'infrarouge (0,6 et 28 microns) que dans le visible. Il sera capable de voir des objets 400 fois plus sombre que ceux actuellement observés par les télescopes terrestres ou spatiaux. Le télescope possèdera un miroir en béryllium de 6 m de diamètre dont la résolution optique atteindra 0,1 arc-seconde. Le miroir sera composé de 36 segments hexagonaux à l'instar des miroirs de 10 m de diamètre du télescope terrestre Keck. Cette solution fut finalement retenue après avoir étudié plusieurs options d'optique légère (densité inférieure à 15 kg/m²). Dans le cadre du programme Advanced Mirror Systems Demonstrator (AMSD), Ball Aerospace, Kodak et Goodrich ont développé des prototypes de 1,6 m de diamètre. Celui de Ball Aerospace était en béryllium, tandis que les deux autres étaient en verre. Le satellite possède

une protection thermique déployée en orbite (surface d'un terrain de tennis) qui permet de refroidir passivement la charge utile à la température de -400° F (35 K). En 2003, la superficie du miroir est réduite de 29,4 à 25 m² (6,5 m), tandis que le nombre d'éléments du miroir primaire passe de 36 à 18. Le lanceur européen Ariane-5 est sélectionné en 2003. Le télescope entre en 2004 dans une phase de spécifications détaillées (Phase B)

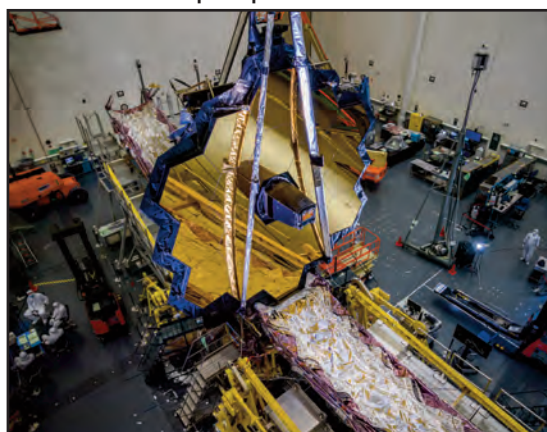
qui durera finalement 4 ans. NGST/JWST possède trois instruments scientifiques principaux (MIRI, NIRcam, NIRSpec) et un secondaire (NIRISS). MIRI (Mid-Infrared Instrument), qui fonctionne de 5 à 28 microns, est construit en coopération entre l'ESA (Astrium-UK) et la Nasa (détecteurs et cryocooler du JPL). NIRCam (Near Infrared Camera), qui fonctionne de 0,6 à 5,0 microns, est réalisé par la Nasa et l'Université de l'Arizona. NIRSpec (Near Infrared spectrometer), qui fonctionne de 0,6 à 5,3 microns, est fourni par l'ESA (Astrium-GmbH). La contribution est faite sur le modèle de la caméra FOC de Hubble à la seule différence que les détecteurs sont américains. NIRISS (Near Infrared Imager and Slitless Spectrograph), qui fonctionne de 0,6 à 5,0 microns, est un instrument secondaire associé au système de guidage fin FGS mais indépendant de celui-ci. C'est un spectro-imageur à grand champ qui est fourni par le Canada et construit par Honeywell (autrefois ComDev). Les difficultés dans le développement provoquent de multiples reports de lancement. Lors de la signature du contrat en 2003, le lancement est prévu en 2010. En 2005, il était prévu en 2013. En 2006, il était prévu en 2014. En 2010, il était prévu en 2016. En 2011, le dépassement de coût et de délai est désormais de 6,5 Md\$ au lieu de 5,1 Md\$ et le lancement en 2018. Puis il passe entre mars et juin 2019. En 2018, nouveau dépassement de coût et de délai : il est désormais de 8 Md\$ et le lancement n'est pas avant mai 2020. En 2020, le coût s'élève à présent à 9,7 Md\$ et le lancement



Les premiers concepts de NGST/JWST



Le télescope spatial James Webb



Le JWST avant son lancement



Lancement le 31 octobre 2021

est programmé le 30 mars 2021, puis au 31 octobre 2021, soit onze ans de retard !!! Quant au coût, il a été multiplié par 9 : 1,13 à 9,7 Md\$!!!

Nota:

1 La première utilisation sur un satellite-espion américain date de juin 1978 (KH-11 n°2). Le KH-11 n°1 de décembre 1976 était équipé de diodes à la place des CCD.

2 Equivalent aujourd'hui à 3,1 milliards de dollars.

3 La proposition de Caméra à Haute Résolution avait été refusée par la Nasa.

4 Néanmoins, du fait de la haute qualité des propositions européennes, la part moyenne est en réalité équivalente à 20 %.

5 Chaque instrument pèse environ 300 kg.

6 Equivalent à 3 Md\$ en 2000

7 Sur la période 1977/2012 (35 ans), le coût global est estimé à une dizaine de milliards de dollars.

8 Le retour en vol intervient en juillet 2005 et le dernier vol a lieu en juillet 2011.

9 Consortium d'organismes européens financés sur des fonds publics. La France contribue à travers le Cnes (maître d'ouvrage), le service d'astrophysique du CEA, l'Université Paris Diderot, le CNRS, le LESIA de l'Observatoire de Paris, l'IAS de l'Université Paris-Sud, le LAS de l'Université d'Aix-Marseille et l'Université Pierre & Marie Curie.

ULYSSES – La découverte du Soleil en 4 dimensions Partie n°1

par Yves Blin, président de l'IFHE

Des premières études au lancement

En Janvier 1971, l'ESRO lance des études internes d'une sonde dédiée à l'observation des hautes latitudes du Soleil depuis une orbite fortement inclinée sur l'écliptique. Le lancement de cette sonde de 336 kg, dont 20 kg de charge scientifique, était prévu dans un plan proche de l'écliptique par une fusée Europa III en cours d'étude ou les fusées américaines Atlas-Centaur ou Titan III. La sonde devait utiliser sa propulsion ionique pour atteindre en 3 ans une orbite héliocentrique inclinée à 50° par rapport à l'écliptique.

En 1974, la NASA et l'ESRO décident d'étudier la faisabilité d'une mission commune, dénommée à l'époque «Out of Ecliptic and Solar Stereoscopic Mission» (OOE) en vue d'observer les hautes latitudes solaires. Deux versions pour cette mission sont à l'ordre du jour. La première consiste en une sonde unique propulsée par un moteur ionique fabriqué par le Jet Propulsion Laboratory (JPL). Elle est abandonnée dès novembre 1974 lorsque le financement du moteur ionique est annulé. Les études vont alors se concentrer sur la seconde stratégie s'appuyant sur le lancement de deux sondes par la navette spatiale américaine vers Jupiter. L'objectif est d'utiliser le champ gravitationnel de la planète géante pour injecter respectivement l'une des sondes sur une trajectoire héliocentrique survolant le pôle Sud du

Soleil et l'autre survolant le pôle Nord de notre étoile.

Au début de 1975, les groupes de travail sur l'Astronomie et le Système Solaire présentent à l'ESRO/LPAC 1, outre la participation au projet «Large Space Telescope» de la NASA, le projet OOE. C'est aussi à cette époque, sous l'impulsion du Giuseppe Colombo, expert italien de dynamique spatiale, qu'est lancée l'idée d'une sonde injectée, grâce à une réaction de gravitation avec la planète Jupiter, sur une orbite héliocentrique plongeant dans le Soleil (Projet Sun Arrow). Une idée alternative au projet Sun Arrow suggère pour sa part une sonde dénommée «Solar Probe» rasant le So-

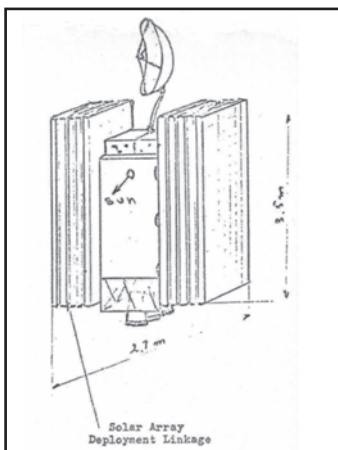


Figure 1 : première ébauche de la sonde ESRO

leil à une distance de 4 rayons solaires. Ces deux propositions intéressent la communauté scientifique et des études préliminaires sont lancées par l'ESA qui vient de succéder à l'ESRO.

Compte tenu du très fort rapprochement du Soleil, il n'est pas envisageable de s'appuyer sur une alimentation électrique de la sonde par des panneaux photovoltaïques. La seule solution envisageable est de s'appuyer sur un générateur radio-isotopique dont la technologie n'est à l'époque pas maîtrisée par les Européens. L'ESA se rapproche de la NASA qui a déjà mis en œuvre cette technologie. L'autre challenge pour cette mission est au niveau du contrôle thermique. Les études préliminaires s'orientent sur

un écran thermique à deux étages.

Les études de faisabilité s'orientent vers une combinaison des missions Solar Probe et OOE. L'objectif de lancement des sondes OOE et Solar Probe est alors le 1^{er} janvier 1982 avec un survol de Jupiter en Juillet 1983 et pour la sonde Solar probe pour un passage au périhélie en Juin 1985 (Cf. figure 3).

Malgré les résultats encourageants de ces études de faisabilité de la mission Solar Probe, les instances dirigeantes de l'ESA, convaincues que la combinaison des deux missions conduirait à un retard significatif de la mission OOE de survol des hautes latitudes solaires dont le développement était déjà bien avancé, décide rapidement d'abandonner le projet Solar probe de survol à bas périhélie.

En juillet 1976, le Scientific Advisory Committee de l'ESA confirme la participation au projet OOE rebaptisé International Solar Polar Mission (ISPM) en coopération avec la NASA. La mission ISPM, conformément aux orientations des études menées depuis 1974, consiste en deux sondes quasi-identiques, une construite par le Jet Propulsion Laboratory (JPL) aux USA et l'autre en Europe. Les sondes d'une masse de 330 kg à 450 kg sont prévues d'être stabilisées par spin et d'être alimentés par des générateurs radio-isotopiques (RTG) fournis par les américains. Il est prévu que les sondes portent des charges utiles scientifiques similaires à une exception près pour la sonde américaine qui disposant d'une plateforme désaxée doit embarquer en plus un coronographe en bande visible et un télescope pour

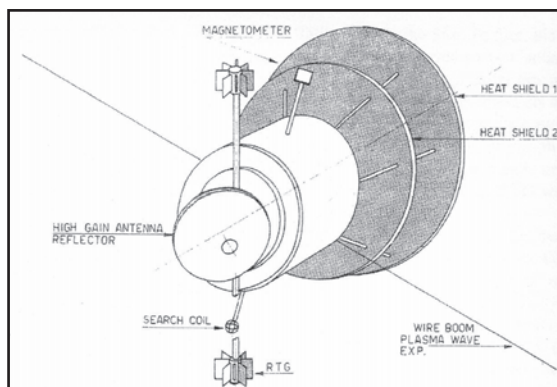


Figure 2 - Sonde «Solar Probe»

l'observation des rayonnements X et UV. Les deux sondes doivent être montées en tandem sur un étage IUS amené en orbite terrestre par une navette spatiale. Une fenêtre de lancement de 14 jours est alors planifiée en février 1983. Après leur insertion par l'IUS sur leur trajectoire vers Jupiter, les sondes doivent exécuter une

modification de leur trajectoire afin qu'après leur survol de la planète l'une se trouve sur une orbite héliocentrique l'amenant à survoler le pôle Nord du Soleil et l'autre le pôle Sud de notre astre des jours. Le survol de Jupiter par chacune des sondes est prévu en Mai 1984. Les survols des 2 pôles solaires sont prévus d'être réalisés à une distance d'environ 300 millions de kilomètres de notre étoile. La fin de la mission ISPM est programmée pour septembre 1987.

Malgré un consensus large quant à l'importance de cette mission, son financement a du mal à être sécurisé. Ainsi l'échec du lancement par une fusée Delta 2914 du satellite européen GEOS le 20 avril 1977 et le choix de l'ESA de lancer le modèle de qualification en remplacement remettent en cause la disponibilité du budget pour le financement du projet OOE/ISPM. Finalement une solution sera trouvée pour lisser le problème.

Du côté de la NASA, la situation ne s'améliore pas. Malgré le choix en février 1978 des charges utiles des sondes américaine et européenne impliquant pas moins de 200 scientifiques travaillant au sein de 65 universités de 13 pays, le projet ISPM n'est pas à l'abri des aléas budgétaires américains. Ainsi en 1980, la NASA insiste auprès des européens pour retarder le lancement de 1983 à 1985 suite aux réductions des crédits alloués par le

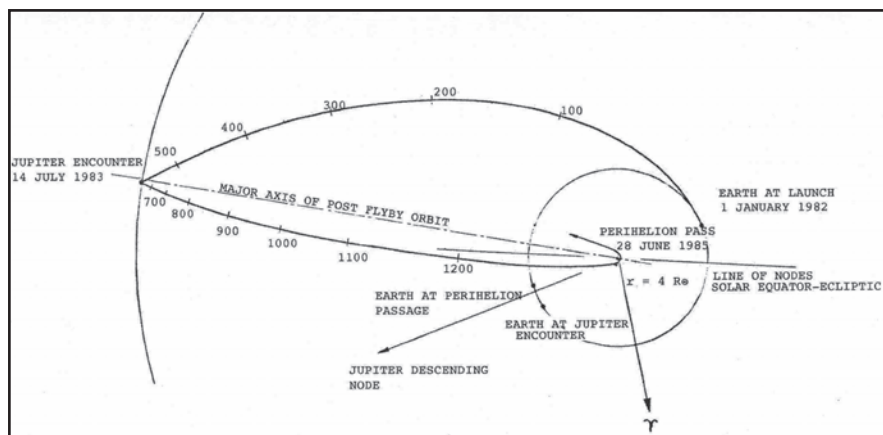


Figure. 3 – La trajectoire de la sonde «Solar Probe»

président Carter à la NASA. La sonde de l'ESA étant déjà prête, elle est placée en stockage. Quand en 1981 Reagan devient président des Etats-Unis d'Amérique, la pression financière sur la NASA devient encore plus forte et conduit l'agence spatiale américaine à arrêter le projet ISPM sans consulter son homologue européenne. Malgré les actions de lobbying des délégations

de l'ESA auprès du Congrès américain, du département d'Etat, de l'Office of Management and Budget (OMB) et de l'Office of Science and Technology, rien n'y fait.

En 1982, James Beggs, administrateur de la NASA, informe Erik Quistgaard, directeur général de l'ESA, que les USA ont arrêté

définitivement la construction de leur sonde ISPM. Cependant les USA signalent qu'ils fourniront les 4 instruments scientifiques américains prévus d'être installés sur la sonde européenne ainsi le générateur radio-isotopique. La NASA confirme aussi qu'elle assurera le lancement de la sonde européenne et qu'elle assurera les liaisons avec la sonde européenne en mettant à disposition son réseau de télécommunications interplanétaires, le Deep Space Network et le contrôle de la mission depuis le JPL comme prévu. Le désistement américain a des conséquences scientifiques importantes car l'un des attraits de la mission avec deux sondes était d'étudier simultanément les deux pôles du Soleil. L'autre point noir est que la sonde européenne ne dispose pas de caméra comme cela était prévu sur la sonde américaine et que l'impact médiatique de la mission ISPM sera moindre.

En 1983, la NASA décide de remplacer l'étage IUS par un étage Centaur G-Prime pour lancer la sonde européenne retardant d'un an à 1986 le lancement. Ceci n'est pas une bonne nouvelle car cette année de lancement conduit à aborder Jupiter en 1987 dans des conditions non optimales pour la réaction de gravitation avec pour conséquence une orbite héliocentrique moins inclinée par rapport à l'écliptique. Face à ce nouveau délai, l'ESA décide de démonter partiellement la sonde en vue de la stocker dans un conteneur pressurisé à l'azote tandis que les instruments scientifiques sont

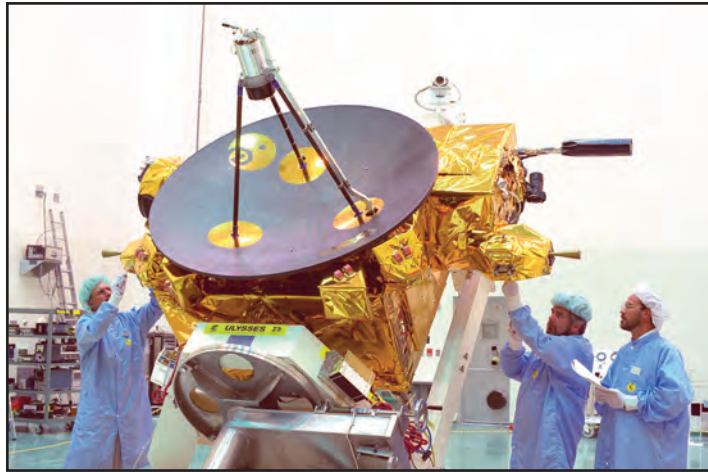


Figure 4 – La sonde ULYSSES

renvoyés vers les équipes scientifiques pour leur stockage et leur calibration périodique.

Après deux ans de stockage, la sonde européenne rebaptisée entre temps ULYSSES est, en 1985, réassemblée, testée puis envoyée à la NASA en vue de son lancement en Mai 1986. Hélas la

tragédie de la Navette Challenger le 28 janvier 1986 rend impossible le lancement d'ULYSSES. La sonde repart donc pour l'Europe pour être remplacée en stockage pour une durée indéterminée.

Suite à l'explosion en vol de la navette Challenger, la NASA décide de ne plus emporter dans la soute des navettes l'étage Centaur G-Prime et de n'utiliser que des étages à ergols solides. Pour pouvoir injecter ULYSSES sur une trajectoire vers Jupiter, la NASA s'oriente sur un étage IUS surmonté d'un étage PAM-S.

Enfin pour des raisons de sécurité, la NASA décide afin de réduire la pression sur les équipes de lancement en ne planifiant qu'une mission planétaire par fenêtre de lancement. Ce choix conduit ainsi à viser la fenêtre de 1989 pour le lancement de la sonde Galileo vers Jupiter et la fenêtre entre le 5 et le 23 octobre 1990 pour la sonde ULYSSES.

La sonde ULYSSES sort de son dernier stockage à la mi-1989 pour être reconditionnée et vérifiée pour s'assurer qu'elle prête à «voler». Elle est finalement livrée à la NASA en mai 1990. Elle est accouplée au tandem IUS-PAM-S le 31 juillet 1990 avant d'être placée dans la soute de la navette spatiale Discovery. La dernière opération avant de fermer les portes de la soute de la navette est l'installation du générateur radio-isotopique (RTG). La présence de ce RTG à bord va conduire, peu avant le lancement prévu le 6 octobre 1990, à des rebondissements d'ordre judiciaire.

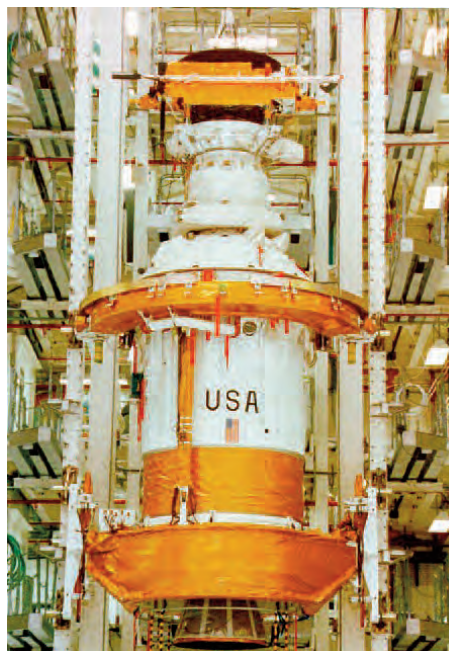


Figure 5 – ULYSSES au sommet du tandem de moteurs IUS- PAM-S

En effet, le 28 septembre 1990, à quelques jours du lancement d'ULYSSES, la justice américaine est saisie d'une demande de la «Fondation sur les tendances économiques» pour que l'on surseoit au lancement de la sonde. Andress C. Kimbrell, avocat de cette association, affirme à l'époque : «Nous sommes en présence d'un risque extraordinaire de la. Part d'une agence qui a fait preuve cette année d'une rare incompétence. Il devrait être hors de question d'envoyer des matériaux nucléaires dans l'espace aussi longtemps que la NASA n'aura pas redonné la preuve de sa compétence». A Washington, la décision est prise par le juge Olivier Gash de ne pas s'opposer au lancement de la sonde ULYSSES en faisant observer que, compte tenu des précautions qui avaient été retenues et notamment d'une division au sein du RTG de la charge de plutonium (10,75 kg) en 72 paquets, chacun ayant été conçu pour rentrer dans l'atmosphère à la manière d'un objet autonome blindé, le péril était inexistant.

Dans la nuit du 5 au 6 octobre, les prévisions météorologiques sont telles qu'on estime que les chances de lancement de la navette Discovery à 11 h 50 le 6 octobre ne sont que de 60 %. Cependant la NASA prépare la navette pour qu'elle soit prête pour un lancement à cette heure-là en procédant au remplissage en oxygène et hydrogène liquides de son gros réservoir externe.

A la fin du compte à rebours, des incidents techniques sont signalés mais vite réglés lors d'une courte temporisation imposée par la météo. Peu après 11 h, la NASA est avertie, qu'en cas de vol avorté nécessitant le retour de la navette à Cap Canaveral, une averse pourrait gêner l'atterrissage. Cette information conduit l'agence spatiale américaine à retarder le lancement d'une petite dizaine de minutes, retard marginal compte tenu de la durée de 3 heures de la fenêtre de tir.



Lancement de STS-41 le 6-10-1990

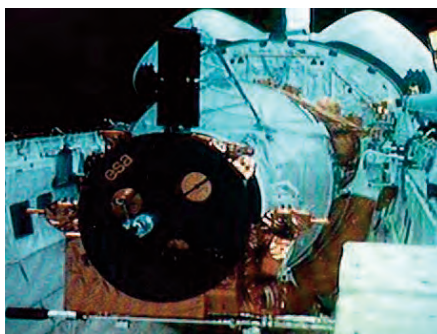


Figure 7 : Le composite ULYSSES/IUS/PAM-S dans la soute de Discovery



Figure 8 : Après son catapultage, vue depuis la navette.

Enfin, le décollage de Discovery intervient à 11 h 47. A 11 h 58, le vol propulsé prend fin avec l'extinction des trois moteurs SSME de la navette suivie du largage du réservoir externe.

Puis l'équipage met à feu les moteurs orbitaux de la navette pour la placer sur une orbite dont l'apogée est à 300 km d'altitude. Au moment où la navette atteint cette apogée à 12 h 40, l'équipage réalise une nouvelle manœuvre pour circulariser l'orbite.

Dès 13 h 15, les portes de la soute de Discovery sont ouvertes et l'équipage peut lancer les préparatifs du catapultage de la sonde ULYSSES et du tandem moteur IUS – PAM-S. Après la vérification de l'état de la sonde, les astronautes orientent le berceau sur laquelle le composite ULYSSES – PAM-S – IUS pour qu'il fasse un angle de 58° avec l'axe longitudinale de la navette. Cette opération réalisée, Robert D. Cabana, pilote de la navette, affine l'attitude de Discovery en vue du largage du composite.

C'est finalement à 18 h 47 (TU), à l'heure prévue sur le plan de vol, que le composite est catapulté avec une vitesse inférieure à 1 m/s. Entre 19 h 55 et 20 h 01 sont allumés successivement les deux étages IUS.

C'est au tour de l'étage PAM-S de s'allumer à 20 h 12 pour donner à la sonde ULYSSES une vitesse de 15,4 km/s par rapport à la Terre. ULYSSES devient l'engin le plus rapide à quitter la Terre. Il faudra attendre la sonde New Horizons pour que ce record soit battu. Cette vitesse permet à ULYSSES d'être injectée sur une orbite héliocentrique dont le périhélie est à 0,996 UA et l'aphélie à 17,038 UA (proche du rayon de l'orbite d'Uranus). ULYSSES vient de commencer de découverte en quatre dimensions de notre étoile. La deuxième partie de cet article nous permettra de découvrir la sonde et ses instruments scientifiques et de suivre son fabuleux voyage au-dessus des hautes latitudes solaires avec à la clef d'importantes découvertes scientifiques.

Sources utilisées pour la rédaction de cette première partie :

- Fifty Years of European Cooperation in Space – John KRIGE -Edition BEAUCHESNE – 2014
- Robotic Exploration of the Solar System – Part 2 – Hiatus and Renewal 1983 – 1986 – Paolo ULIVI with David M. HARLAND – SPRINGER_PRAXIS – 2009
- Article “Le plutonium d’Ulysses» d’Albert Du-

- crocq – Air & Cosmos N° 1300 – 6 octobre 1990
- Article «L’engin le plus rapide» d’Albert Ducrocq
- Air & Cosmos N° 1301 – 13 octobre 1990
- Site internet de l’ESA

Nota :

1 LPAC : Launching Programme Advisory Committee

2 1 UA = 1 Unité astronomique = 150 millions de km

2^e congrès “V.P.Glouchko” du 9-10 octobre 2020 à Saint-Petersbourg

par Christian Lardier, administrateur de l’IFHE

Valentin Petrovitch Glouchko (1908-1989) était constructeur principal de moteurs-fusées à ergols liquides depuis 1930. Il avait travaillé au GDL, au RNII/NII-3, à l’OKB-16, puis dirige l’OKB-456 depuis 1946. En 1974, il est le patron de la RKK Energiya qui réunit l’OKB-1 de Korolev, l’OKB-456, leurs usines et leurs filiales (cf. Espace & Temps n°23 de décembre 2018).

Le premier congrès “V.P.Glouchko” s’était tenu le 4 octobre 2019. Le second congrès a eu lieu les 9-10 octobre 2020. Compte-tenu de la pandémie

du coronavirus, il s’est tenu en visioconférence avec le logiciel Zoom. Les organisateurs étaient le Musée national d’histoire de Saint-Petersbourg, le Musée d’histoire de la cosmonautique et la technique des fusées “V.P.Glouchko”, l’Université de la Baltique VoenMekh “Oustinov”,



La visioconférence Zoom du 9 octobre

la Fédération de cosmonautique-filiale de Saint-Petersbourg. A la session plénière, quatre exposés :

-V.I.Proanichnikov, le Flammarion russe par O.P.Moukhine (Fédération de cosmonautique)

-V.P.Glouchko et les noms de la carte de la Lune par V.S.Soudakov (EnergoMach)

-Energiya-Bourane 2.0 : délai développement et réalisation par N.S.Prokhorov (GIPKh)

-Publication du Recueil du 1^e congrès par M.N.Okhotchinsky (VoenMekh)

A la Section n°1 “Construction de moteurs-fusées,

technique des fusées et cosmonautique :

-14 exposés d’étudiants de l’Académie aérospatiale Mojaïsk, de VoenMekh, de l’Université technique de Voronej et du GIPKh.

A la section n°2 “Histoire de la cosmonautique et de la technique fuséo-cosmique” :

-Sur la question des



De g. à dr, C.Lardier, A.V.Glouchko (fils de V.P.Glouchko), Irina Isaieva (FKR-SpB)



Bon de commande



50 ANS DE COOPERATION SPATIALE FRANCE-URSS/RUSSIE GENESE ET EVOLUTIONS 1966-2016

Depuis sa création, l'Institut Français d'Histoire de l'Espace (IFHE) est engagé dans la réalisation de livres de témoignages qui sont écrit par les acteurs des programmes spatiaux. Chaque livre, qui comprend une soixantaine de contributeurs, constitue un ouvrage de référence. En 2007, l'IFHE a publié le livre «Les débuts de la recherche spatiale française : au temps des fusées-sondes». En 2010, il a publié le livre «Les ballons au service de la recherche scientifique». Ces livres ont été réalisés en partenariat avec le Cnes et la 3A Cnes. Ils ont reçu le prix Aubinière. Deux autres livres doivent sortir en 2015 : celui sur la coopération spatiale Franco-URSS/Russe et celui sur l'Observation spatiale de la Terre (imagerie optique et radar).

Sommaire

- Première partie : D'une volonté politique à un âge d'or scientifique ;
- Chapitre 1 : Le lancement d'une histoire singulière
- Chapitre 2 : Organisation institutionnelle et souvenirs personnels
- Deuxième partie : Des premières missions scientifiques aux vols habités ;
- Chapitre 3 : Les programmes de coopération pour l'exploration pacifique de l'espace
- Chapitre 4 : Les vols habités en orbite basse (de Saliout-7 à Mir)
- Troisième partie : De l'URSS à la Russie : vols habités et lanceurs ;
- Chapitre 5 : Bouleversement politique
- Chapitre 6 : Les vols habités après 1995
- Chapitre 7 : Cosmonautes à la Cité des étoiles
- Chapitre 8 : La coopération industrielle et les lanceurs depuis les années 90
- Chapitre 9 : Compléter la gamme des lanceurs
- Chapitre 10 : Le regard de la presse
- Quatrième partie : Prospective
- Chapitre 11 : Table ronde du 20 novembre 2013 « Prospective avec la Russie »
- Conclusion
- Annexes

Comme les livres précédents, il comprend 400 pages abondamment illustrées de documents d'archives.

Son prix est de 49,50 euros TTC + 10 euros de frais de port (France métropolitaine) = 59,50 euros par exemplaire

Bon de commande

A retourner à : Tessier & Ashpool
6 rue Saint-Laurent BP 432 Chantilly Cedex 60635

50 ANS DE COOPERATION SPATIALE FRANCE-URSS/RUSSIE GENESE ET EVOLUTIONS 1966-2016

Nom et prénom.....
Adresse.....
Téléphone adresse mail
Signature

Bon de commande



OBSERVATION SPATIALE DE LA TERRE LA FRANCE ET L'EUROPE PIONNIERES

Depuis sa création, l'Institut Français d'Histoire de l'Espace (IFHE) est engagé dans la réalisation de livres de témoignages qui sont écrit par les acteurs des programmes spatiaux. Chaque livre, qui comprend une soixantaine de contributeurs, constitue un ouvrage de référence. En 2007, l'IFHE a publié le livre «Les débuts de la recherche spatiale française : au temps des fusées-sondes». En 2010, il a publié le livre «Les ballons au service de la recherche scientifique». Ces livres ont été réalisés en partenariat avec le Cnes et la 3A Cnes. Ils ont reçu le prix Aubinière. Deux autres livres doivent sortir en 2015 : celui sur la coopération spatiale Franco-Russe et celui sur l'Observation spatiale de la Terre (imagerie optique et radar).

Sommaire

- **Première partie : Les prémices 1960-1977** ; Contexte national et international – Rôle et initiatives de la Défense ; Mise en synergie des domaines scientifiques et des perspectives d'utilisation de l'imagerie spatiale ; La France prend l'initiative, consciente des nombreux intérêts géostratégiques de l'observation de la Terre depuis l'espace ; Premières actions et programmes de niveau européen ; Les premières études et développements technologiques exploratoires.
- **Deuxième partie : La concrétisation des projets (1977 – 1986)** ; Les filières civiles, SPOT et ERS ; De SAMRO à la décision de programme HELIOS (1978 – 1986) ; Les choix technologiques ; La coopération internationale ; La mise en place du cadre juridique de l'observation de la Terre depuis l'espace.
- **Troisième partie : La mise en œuvre (1987-1995)** ; Lancements SPOT, ERS, HELIOS – Evolution et liens ; L'exploitation des premiers satellites SPOT et des deux satellites ERS de l'ESA ; Développement des Coopérations et des Relations Internationales ; L'Union Européenne entre en scène ; Exportation de stations de réception et de systèmes de traitement ; La réalisation du programme HELIOS 1 ; Evolutions de l'Europe de la Défense et observation satellitaire ; Définition et préparation de la génération suivante ; La diversification des initiatives et le rôle croissant de l'industrie .
- **Quatrième partie : L'ouverture au grand public et nouvelles applications (1996 – 2010)** ; Décisions politiques et apparition des satellites commerciaux ; Révolution apportée par Internet ouverture vers la Société de l'Information ; Développements des instruments et sauts technologiques ; Exploitation d'ENVISAT ; Naissance et mise en œuvre de GMES ; L'ère de l'offre de services ; Evolution des besoins et des politiques de la Défense ; Exportation ; Un contexte international en évolution rapide.

Comme les livres précédents, il comprend 400 pages abondamment illustré de documents d'archives.

Son prix est de 49,50 euros TTC + 10 euros de frais de port (France métropolitaine) = 59,50 euros par exemplaire

Bon de commande

A retourner à : Tessier & Ashpool

6 rue Saint-Laurent BP 432 Chantilly Cedex 60635

OBSERVATION SPATIALE DE LA TERRE

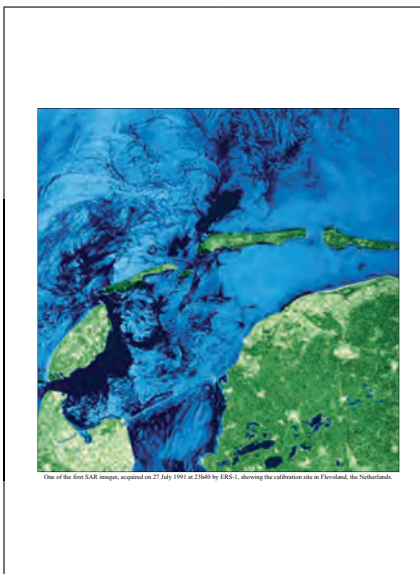
La France et l'Europe pionnières

Nombre d'exemplaires..... Montant total.....euros
Nom et prénom.....
Adresse.....
Signature

NOUVEAU : l'Observation de la Terre en anglais



400 pages – format 22,5 cm x 29 cm – unpublished texts and illustrations – Price : 49,50 € / £ 41,25



CONTENTS

<ul style="list-style-type: none"> ■ Foreword: Steering Committee: 9 ■ Preface: Yves Sillard: 11 ■ Statement: Josef Achbacher: 15 <p>PART 1 • THE BEGINNINGS 1960-1976 COORDINATORS: JEAN-JACQUES DESCHAZELLES</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Introduction: Jean-Jacques Deschazelles: 19 ■ Space, a new strategic area of defence: Jean-Jacques Deschazelles: 20 ■ Scenarios and future users rally round: Aline Chabreuil: 23 ■ Earth observation satellites: France initiates the initiative: Gérard Brachet: 42 ■ Europe enters the scene: first steps and programmes: Guy Duchosson: 48 ■ Overview of initial studies and exploratory technologies: Jean-Jacques Deschazelles, Christian Linder: 60 <p>PART 2 • PROJECTS BECOME REALITY 1977-1986 COORDINATORS: GERARD BRACHET, PHILIPPE ALBY</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Introduction: Gérard Brachet: 81 ■ The civilian sector, from SPOT to ERS: Gérard Brachet: 82 ■ The defence sector, from the SAMMO project to the decision to go ahead with Helios: Yves Billis, Jean-Jacques Deschazelles: 116 ■ The main technological obstacles for high resolution observation satellites: Philippe Alby, Guy Duchosson: 129 ■ International cooperation gets on the move: Gérard Brachet, Guy Duchosson: 152 ■ A legal framework for Earth observation: Gérard Brachet, Guy Duchosson: 156 <p>PART 3 • IMPLEMENTATION AND EXPANSION 1986-1995 COORDINATORS: GERARD BRACHET, JEAN-JACQUES DESCHAZELLES</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Introduction: Jean-Jacques Deschazelles: 163 ■ Evolution of the first SPOT satellites and ESA's two ERS satellites: Gérard Brachet, Guy Duchosson: 166 ■ Development of international relations and partnerships: Gérard Brachet, Guy Duchosson: 190 ■ The European Union enters the scene: Gérard Brachet, Guy Duchosson, Jean-Paul Malinvergne: 200 ■ Expanding receiving stations and processing systems: Philippe Alby: 212 ■ The Helios programme: Yves Billis: 216 ■ Philippe Alby, Jean-Jacques Deschazelles: 216 ■ Evolution of European defence and satellite observation: Jean-Jacques Deschazelles, Anne-Maree Murphy: 231 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Definition and preparation of the next generation of European observation satellites: Gérard Brachet, Philippe Alby, Guy Duchosson: 236 ■ A diversification of initiatives and the increasing role of industry: Claude Goumy, Jean-Jacques Deschazelles: 251 <p>PART 4 • A REVOLUTION: VERY HIGH-RESOLUTION IMAGERY BECOMES WIDELY AVAILABLE 1994-2010 COORDINATORS: JEAN-JACQUES DESCHAZELLES, JACQUES BARTH, MICHEL BOUTIFFAUX</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Introduction: Jean-Jacques Deschazelles: 257 ■ A major change in the political context and the advent of commercial observation satellites: Gérard Brachet: 258 ■ The Internet revolution and exploitation of SPOT-4 and 5: Philippe Deblaux, Gérard Brachet: 265 ■ Developments and technological breakthroughs: Michel Bouffard, Guy Duchosson, Jacques Loeux, Jean-Jacques Deschazelles, Marc Tondreau, Philippe Aubry: 275 ■ The exploitation of Envisat from March 2002 to April 2012: Guy Duchosson, Henri Laro: 292 ■ Birth and implementation of GMES U-space: Gérard Brachet, Guy Duchosson: 302 ■ The age of services and internet applications: Marc Tondreau, Guy Duchosson, Gérard Brachet: 315 ■ Trends in defence needs and policies from 1996 to 2010: Yves Billis, Jean-Jacques Deschazelles: 328 ■ French experts of Earth observation satellite systems: Michel Bouffard, Jean-Jacques Deschazelles: 343 <p>CONCLUSION • REVIEW AND PROSPECTS CLAUDE GOUMY, GERARD BRACHET, JEAN-JACQUES DESCHAZELLES: 353</p> <p>APPENDICES</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 - Basic principles of satellite imaging: Jean-Jacques Deschazelles: 363 2 - Management of radio frequencies for spaceborne Earth observation: Eduardo Madrid (ESA): 370 3 - Text of Resolution 41.65 of the General Assembly of the United Nations adopted on 3 December 1986: Principles Relating to Remote Sensing of the Earth from Outer Space: 373 4 - Radar interferometry and its applications to ground movement: Didier Monneret (CNES): 375 5 - Airborne SAR campaigns organised by ESA between 1986 and 1995: Guy Duchosson: 379 6 - United Nations legislative texts on Earth observation and the export of associated products, taken from public sources and the archives of the Cluser library: 380 <p style="text-align: center;">7</p>
--	---



Purchase order to send with your cheque & postal address to :
Tessier & Ashpool Ltd
Rue St Laurent - BP 432
60635 Chantilly cedex (FRANCE)
or make a payment by transfer to our accounts :
BE 24 0013 8692 9238 (for Payments in Euros €)
GB 81 NWBK 608 007 60104449 (for payment in GB Pounds)

Carnet gris

Xavier Namy (11-2-1934 à 5-6-2020)

Supelec 1958, master of science à Caltec (Californie), il entre au Cnes en 1962, puis centre Goddard en 1962/63, retour en France, chef de projet FR-1 en 1964/65, puis division satellites du Cnes à Brétigny, directeur du CST en 1968, quitte le Cnes en 1969. Puis il entre à la CGE en 1970, avait été mis à la tête de Telic en 1981 pour redresser cette filiale. Refusant des supprimer des emplois, s'appuyant sur la fabri-



cation des minitels et renouvelant la gamme, il en avait assuré un développement accéléré. En 1987, M. Xavier Namy, PDG de Telic-Alcatel, filiale de la CGE, et directeur de l'ensemble des activités de télécommunications privées (centraux d'entreprises) et de bureautique de ce groupe, a donné sa démission, pour divergence stratégique avec M. Suard, le PDG de la CGE.

Marcel Gilli (1932-2020)

Marcel Gilli est né le 12 février 1932 à Nice, où s'est déroulée sa scolarité avant de faire ses études de Physique Chimie à Marseille, où il a épousé Nicole. Il a séjourné comme militaire en Algérie, avant de rejoindre la Sereb, puis l'ELDO et enfin est entré au Cnes en 1976. Il a séjourné au CSG de 1984 à 1989, et a terminé sa carrière au siège dans les années 90. Il a été le président de la section parisienne (PEK) de l'association des anciens du Cnes (3A Cnes) de 2007 à 2010. De façon ininterrompue, il a été



l'animateur de la Commission Histoire. Historien du CNES, il est l'auteur avec Claude Carlier, du livre "Les 30 premières années du Cnes" publié en 1994. Fin 2013, l'IFHE a tenté de mettre sur pied sur comité de pilotage pour réaliser un livre sur l'histoire des lanceurs en France. Marcel était présent aux trois réunions des du 21 janvier, 10 avril et 2 juin 2014. Il avait élaboré un plan du futur livre. Mais ce projet fut abandonné en l'absence d'un président pour le comité de pilotage. Il était chevalier de l'ordre national du Mérite.

Nicole Beauclair (16-9-1950 à 28/10/2020)

Diplômée de l'IUT de Génie mécanique de Toulouse et de Saint-Giles School of Languages de Londres, elle opte très tôt pour le journalisme technique en entrant, en octobre 1976, au magazine spécialisé Machine-Moderne (aujourd'hui disparu) en charge des techniques de conception, d'industrialisation et de production. Elle réalise de nombreux reportages en France et à l'étranger notamment au Japon et aux États-unis, sur les moyens de production (machines-outils, moyens de contrôle, etc) dans les secteurs de l'automobile et de l'aéronautique.



Elle rejoint la rédaction d'Air & Cosmos en janvier 1982 pour y créer la rubrique "Matériaux et production", puis prendre en compte la chaîne des fournisseurs du secteur aérospatial et la maintenance aéronautique. Au fil des années, Nicole évolue de "chef de rubrique" au poste de "rédactrice en chef adjointe", chargée du suivi de toute l'industrie aéronautique et de la vie des entreprises.

Elle était particulièrement appréciée des PMI du secteur aérospatial pour sa connaissance très fine de leur métier et de leur technologies, ainsi que pour sa rigueur et son



professionnalisme jamais pris en défaut.

Faisant valoir ses droits à la retraite, elle quitte Air & Cosmos le 30 septembre 2013, après 31 ans de présence. Restant journaliste freelance, elle devient chroniqueuse sur le web-magazine toulousain Aeromorning et pigiste régulière pour le tableau de bord mensuel de la société ID Aéro, jusqu'à son décès survenu le 28 octobre dernier à Neuilly, des suites d'un cancer Elle avait 70 ans. Journaliste professionnelle pendant plus de 44 ans, Nicole Beauclair fut présidente de l'AJP AE de 2003 à 2004. par Jean-Pierre Casamayou, rédacteur en chef d'Air & Cosmos en 1998/2014.

Michel Harvey (21-7-1934 à 26-6-2020)

Il étudie à l'école centrale de Lille en 1954/57, puis entre à la Snecma. En 1959, il termine l'Institut supérieur des matériaux et constructions mécaniques de Saint-Ouen (ISMCM). En 1962/79, il est ingénieur de production. Puis en 1979/84, il travaille chez GE/CFM à Cincinnati (Etats-Unis). De



Snecma à Londres (Royaume-Uni) en 1990/95. De retour en France, il travaille chez Messier-Dowty en 1996/2004 (racheté par Snecma en 1997). En 2004, à 70 ans, il prend la direction de la Royal Aeronautical Society (RAS). Il participe à la création du musée aéronautique de Melun-Vil-

laroche qui fut inauguré le 31 mai 1989. Il a reçu l'Ordre national du mérite. Il était mon voisin dans le village de Peillon près de Nice.

par Christian Lardier.

Mikhail Igorievitch Panasiouk (14-8-1945 à 3-11-2020)

Il termine l'Université de Moscou (MGU) en 1969, où il devient ensuite candidat es sciences techniques en 1972 (ceintures de radiations de la Terre). En 1968, il entre au NII YaF MGU (secteur de cosmophysique théorique et appliquée). Là, il devient adjoint pour la science en 1984, puis directeur en 1992.



En 1988, il est docteur es sciences physico-mathématiques. En 1993, il est professeur, puis chef de la chaire de physique du cosmos au MGU en 2005. En 2016, il est correspondant de

l'IAA. En 2018, il est vice-président du Cospar. Il est membre du Conseil du Cosmos de l'Académie des sciences (RAN) et membre du comité scientifique-technique de Roscosmos. Il a dirigé le conseil scientifique "Rayons cosmiques" RAN et la section "Physique des rayons cosmiques" du Conseil pour le cosmos. Créé en 1946, le NIIYaF MGU a été successivement dirigé par D.V.Skobeltsine en 1946/60, S.N.Vernov en 1960/82, I.B.Teplov en 1982/91, puis M.I.Panasiouk en 1992.

Erik Mikhailovitch Galimov (29-7-1936 à 23-11-2020)

Il termine la faculté de géologie, géochimie et géophysique de l'Institut de l'industrie du pétrole et du gaz "I. M. Goubkine" de Moscou en 1959, puis y travaille jusqu'en 1973, candidat es sciences géologo-minéralogiques en 1965, docteur en 1970, professeur en 1982, il entre à l'Institut de géochimie et chimie analytique "V. I. Vernadsky" (GEOKHI) en 1973 (laboratoire de géochimie du carbone), directeur de l'institut en 1992/2015, membre-correspondant de l'Académie des sciences (RAN) en 1991, académicien en 1994, membre du



présidium de l'Académie en 2002/2013, membre du bureau du Conseil pour le cosmos, président du comité sur les météorites, président du conseil scientifique sur le problème de la géochimie, président de l'association internationale de géochimie et de cosmochimie (2000-2004). Il a reçu le prix d'Etat en 2015 pour ses travaux sur la géochimie de l'isotope de carbone. Le GEOKHI était en charge de l'analyse des échantillons lunaires qui avaient été ramenés sur terre par les sondes Luna-16 (105 g), Luna-20 (55 g) et Luna-24 (170 g).

Alexandre Degtiarev (31-10-1951 à 24-11-2020)

Il termine l'Institut de mécanique militaire de Leningrad (LVMI ou Voenmekh «Oustinov») en 1975, puis entre dans l'OKB-586 "Youjnoe" de : ingénieur, ingénieur en chef, chef de groupe, chef du service commercial, adjoint pour les activités économiques en 1999 (il a terminé la faculté économique de l'Université de Dnepropetrovsk en 2001), premier adjoint en 2005/2010, puis directeur général et construc-



teur général en 2010/2016. En 2016, il fut inquiété dans une affaire de corruption dont il fut blanchi en 2018. Degtiarev est revenu à la tête de Youjnoe en 2018/2020. Il était docteur es sciences techniques en 2012, académicien d'Ukraine en 2015, académicien de l'IAA en 2005, vice-président de l'IAF en 2016/2018, prix d'Etat d'Ukraine en 2009, prix M.K.Yangel de l'Académie d'Ukraine en 2012.



**Des premières expériences
aux premiers satellites**
Actes de la 1^{ème} rencontre de l'IFHE
23-24 octobre 2000, Paris
Édité par l'ESA : SP-472
gratuit



**Naissance de l'industrie
spatiale française**
au début des années 60
Actes de la 2^{ème} rencontre de l'IFHE
23-24 octobre 2001, Paris
Prix de vente public : **22 Euros**
266 pages, format 16,5x24
ISBN : 2-9518920-0-4



La France et l'Europe spatiale
1957-1972
Actes de la 3^{ème} rencontre de l'IFHE
30-31 octobre 2003, Paris
Prix de vente public : **25 Euros**
268 pages, format 16,5x24
ISBN : 2-9518920-1-2



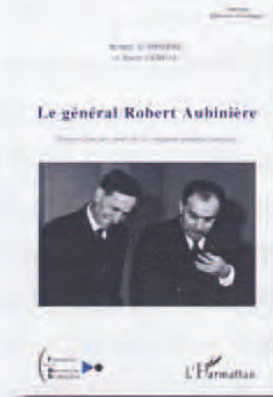
**LES DÉBUTS DE
LA RECHERCHE
SPATIALE
FRANÇAISE**
AU TEMPS DES FUSÉES-SONDES
PRÉFACE DE JACQUES BLANCHOT

**Les débuts de la recherche
spatiale française.**
Au temps des fusées-sondes
prix de vente 50 euros
400 pages format 22 x 28 cm
Editions Edite
ISBN : 978-2-846-08215-0



**Les relations franco-américaines
dans le domaine spatial**
1957-1975

**Actes 2005 : Les relations franco-
américaines dans le domaine spatial**
1957-1975
actes de la 4^{ème} rencontre de l'IFHE
8-9 décembre 2005
prix de vente 35 euros
400 pages format 16,5 x 24 cm
ISBN : 978-2-846-08238-9



Le général Robert Aubinière
par R. Aubinière et A. Lebeau
prix de vente 21 euros
208 pages format 15,5 x 24 cm
Edition FRS-L'Harmattan
ISBN : 978-2-296-05193-5

BON DE COMMANDE

à retourner à l'IFHE, 2 place Maurice Quentin - 75001 Paris.

La France et l'Europe spatiale	25 € (+3 € port) =	28 € x _____ = _____
Au temps des fusées-sondes	50 € (+3 € port) =	53 € x _____ = _____
Actes 2005	35 € (+3 € port) =	38 € x _____ = _____

Les membres de l'IFHE bénéficient d'un tarif préférentiel

La France et l'Europe spatiale	12 € (+3 € port) =	15 € x _____ = _____
---------------------------------------	--------------------	----------------------

Règlement par chèque à l'ordre de l'IFHE

NOM : _____ Prénom : _____
 Fonction : _____
 adresse : _____ code postal : _____ ville : _____