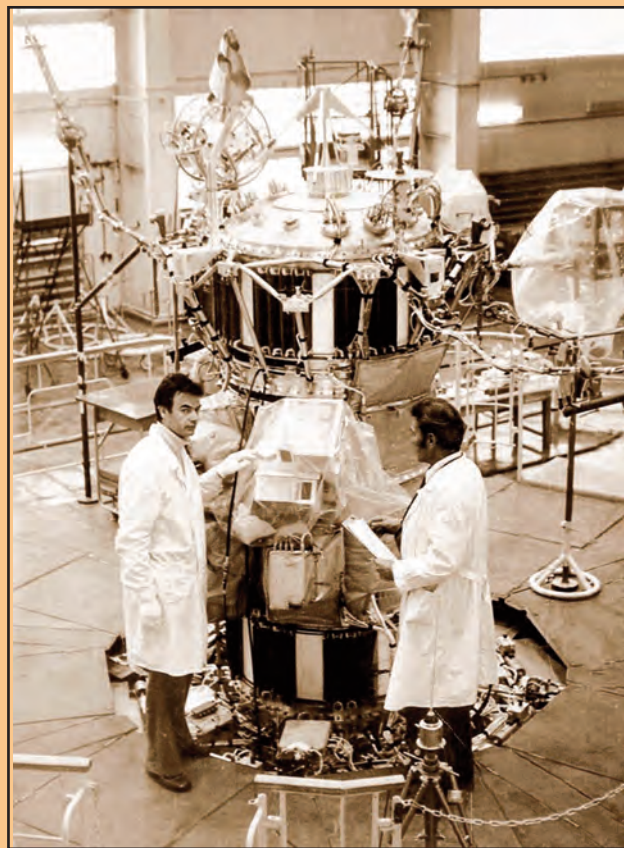


ESPACE & TEMPS

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



IL Y A 40 ANS : SPOT-1



IL Y A 45 ANS : ARCAD-OREOL-3



IL Y A 45 ANS : SOYOUZ-39 (MONGOLIE)



IL Y A 45 ANS : SOYOUZ-40 (ROUMANIE)

IFHE

Institut Français d'Histoire de l'Espace
adresse de correspondance :
2, place Maurice Quentin
75039 Paris Cedex 01
e-mail : ifhecontact@gmail.com

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.....Christian Lardier
Vice-président.....Jacques Simon
Trésorier.....Manuel Bouyssou
Secrétaire général.....Yves Blin
Administrateurs...Christian Lardier, Jacques Simon,
Yves Blin, Manuel Bouyssou, Pierre Bescond, Guy Du-
chossois.
Représentant du CNES.....Pierre Tréfouret

Conseil scientifique (réuni 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, Jean-Jacques Serra, Philippe Varnoteaux,
Yves Monier.

Impression: photocopie à la demande

Crédit photo : Droits réservés

Les idées et opinions exprimées dans les articles n'en-
gagent que leurs auteurs et ne représentent pas néces-
sairement celles de l'IFHE.

Chers membres,

Les vacances 2026 ont été celles de la pire canicule de l'his-
toire. Depuis l'Assemblée générale du 4 juin, l'IFHE a tenu une
réunion de bureau le 18 juin et a finalement signé la nouvelle
convention de partenariat avec le Cnes le 6 juillet. Cette dernière
s'étend jusqu'au 30/7/2031. Elle inclut la subvention de 10.000
euros HT qui sera payée annuellement tous les 30 juillet. En contre-
partie, l'IFHE s'engage à :

-Avoir, au sein de son Conseil d'administration, un siège réservé à
un représentant du Cnes qui est membre de droit.

-Le Cnes reçoit tous les documents relatifs à la gestion de l'IFHE :
rapport moral, rapport financier, compte-rendu de réunions, état
d'avancement des projets.

-L'IFHE effectue des interviews académiques de personnalités du
Cnes (présidents, directeurs généraux, chefs de centre, directeurs
de thématiques, de projets, etc).

-L'IFHE assure l'inventaire et la sauvegarde d'archives ayant ap-
partenues à des personnalités du Cnes.

-L'IFHE participe au fonctionnement d'un Comité Histoire qui doit
être organisé au sein du Cnes.

-L'IFHE organise des colloques (comme les Assises de l'histoire
spatiale en France), des conférences (en partenariat avec la 3A
Cnes), etc.

Globalement, c'était déjà ce que nous faisons depuis des années.
Par ailleurs, nous avons ré-intégré notre bureau au Cnes (n°2.44)
le 1^{er} avril dernier (depuis juin 2024, nos affaires étaient stockées en
partie dans un box près de la Gare du Nord et en partie à l'école
Elisa près de Saint Quentin). L'accès est réglementé : les visiteurs
doivent présenter une carte d'identité ou un passeport (pas de permis
de conduire). Le loyer a augmenté de 6000 euros/an à 8000 euros/an,
ce qui nous laisse 2000 euros de subvention pour le fonctionnement.
En ce qui concerne l'avancement des travaux :

-le livre sur les 60 ans du Cnes a été relu une dernière fois par Ni-
colas Pillet pendant le mois d'août et nous devrions terminer la ma-
quette pour l'envoyer à l'éditeur d'ici octobre. L'IFHE en prendra
200 exemplaires (50 pour nos membres, 50 pour le stock, 100 pour
donner au Cnes), tandis que la 3A Cnes s'est engagée à prendre des
exemplaires à hauteur de 1000 euros.

-Tous les textes des Assises de février 2025 ont été récupérés et nous
les mettons en ordre pour commencer la maquette des Actes à partir
d'octobre.

-L'ESA nous a acheté 50 exemplaires du livre de Jean-Louis Fellous
et je leur ai apporté le 20 juillet. La facture a déjà été réglée. Jean-
Louis Fellous m'a demandé le 8 septembre de trouver un éditeur
pour la version anglaise (qui reste à faire). J'ai donc contacté en
premier Springer-Praxis, l'éditeur Gingko de la version française
ayant accepté de céder les droits gratuitement.

Un nouveau projet de livre a été démarré pour le compte de l'Aca-
démie internationale d'astronautique (IAA) : il s'agit de l'histoire
du spatial français (co-auteurs : Philippe Jung, Philippe Varnoteaux,
Jean-Jacques Serra).

Pour le prix Aubinière 2026, le nouveau Jury (Philippe Varnoteaux,
Laurence Nye et Christian Lardier) ont reçu deux candidatures.

Pour l'année 2027, nous prévoyons d'organiser une grande confé-
rence pour célébrer le centenaire de la conférence de REP le 8 juin
1927, la création de la VFR le 5 juin 1927 et l'exposition sur les
voyages interplanétaires de Moscou le 24 avril 1927.

Je vous laisse maintenant découvrir le nouveau numéro
d'Espace & Temps. Bonne lecture

Christian Lardier
Président de l'IFHE

Les 40 ans du lancement du premier satellite Spot

par Gérard Brachet, ex pdf de Spot Image en 1982/94, ex DG du Cnes en 1997/2002, président du COPUOS en 2006/2008, président de l'AAE en 2009/2012, membre de l'IFHE

C'est le 22 février 1986 (le 21 février en Guyane) que le lanceur Ariane a mis sur orbite le satellite d'observation de la Terre SPOT-1, le premier d'une longue série qui engendrera de nombreuses variantes, à commencer par les satellites ERS-1 et 2 de l'ESA et les satellites de reconnaissance Hélios 1 et 2 du ministère de la Défense.

Il n'est pas exagéré d'affirmer que la décision du gouvernement français en 1977 de lancer ce programme aura eu un profond impact sur la politique spatiale en France et en Europe jusqu'au début du 21^{ème} siècle puisque ce n'est qu'en 2002 que la génération suivante des satellites d'observation, les satellites Pléiades, a été décidée.

La filière SPOT aura eu aussi un profond impact sur l'industrie spatiale française qui y gagnera ses galons de maître d'œuvre de satellites d'observation en orbite basse et maîtrisera progressivement toutes les technologies essentielles pour ces satellites, qu'il s'agisse de la charge utile ou de la « plateforme » qui l'emporte.

1. Un petit rappel historique

La proposition française de réaliser un programme de satellite d'observation optique, le programme SPOT, dans le cadre de l'Agence spatiale européenne avait été déposée au Conseil de l'Agence spatiale européenne (ESA) en janvier 1977 mais n'avait pas été retenue. Cette attitude négative de la plupart des Etats membres de l'ESA conduisait la France, dès le mois de mai 1977, à envisager la réalisation du programme SPOT dans un cadre national tout en laissant la porte ouverte à la participation des Etats européens qui étaient prêts à investir dans cette technologie.

Le CNES s'attacha alors à réduire les ambitions techniques du programme pour le rendre financièrement compatible avec une réalisation dans le cadre national. Dans cette perspective, la décision était rapidement prise de simplifier la charge utile en dédoublant l'instrument haute résolution HRV tout en lui ajoutant un mode de fonctionnement panchromatique (« noir et blanc » en langage courant) d'un pas d'échantillonnage au sol de 10 m. Cette décision affirmait la vocation « imagerie à haute résolution » de SPOT et ouvrait d'intéressantes perspectives pour les applications cartographiques et de reconnaissance militaire. En outre, le débatte-



Projet Spot de janvier 1977.



Le satellite Spot-1.

ment du miroir des instruments HRV, jusqu'à + ou - 27 degrés de part et d'autre de la trace au sol de l'orbite du satellite, permettait d'augmenter les possibilités d'images répétitives sur les zones à observer régulièrement.

C'est donc avec un projet redéfini dans le sens de la simplification et de la réduction des risques technologiques de développement et d'un accroissement de ses missions potentielles, que le programme SPOT était soumis à la décision de principe du gouvernement français. Celui-ci l'approuvait en septembre 1977 et autorisait l'engagement formel du programme lors de la réunion du Comité économique et social présidé par le Premier Ministre Raymond Barre en février 1978.

L'intérêt manifesté par la Suède, dès le début 1977, se concrétisait en novembre 1978 par un accord de coopération entre le CNES et le "Swedish Board for Space Activities", qui prévoyait une participation suédoise de 4 % au coût du programme. De même, un accord entre les gouvernements belge et français en juin 1979 confirmait la participation de la Belgique, elle aussi à hauteur de 4 %.

C'est ainsi que le programme SPOT, après de nombreux rebondissements, entrait en phase B (phase de définition détaillée) en 1978 et en phase C (réalisation) au milieu

de l'année 1980 sous la direction de Philippe Couillard qui arrivait de la Direction des Lanceurs du CNES où il était précédemment le responsable du contrat « architecte industriel » du lanceur Ariane. Il assurera brillamment la direction du projet SPOT jusqu'au début de 1984. Michel Courtois a pris sa suite jusqu'à la mise en exploitation en orbite en 1986. Pour compléter ce rappel historique, les autorités françaises prirent la décision en octobre 1981 d'engager la réalisation du satellite SPOT-2, identique à SPOT-1, ainsi que d'organiser l'exploitation de ces satellites sur une base opérationnelle et avec une approche commerciale. Cette décision allait avoir une profonde influence sur l'organisation de la diffusion des images et sur le rayonnement international du programme.

2. Description du système SPOT

Le système SPOT dans son ensemble comprend le satellite sur son orbite, le centre de contrôle qui élabore son pro-

gramme de travail quotidien et le réseau de stations de réception de la télémessure image avec leurs centres d'archivage et de prétraitement associés. Pour plus de détails sur la description du système, on se reportera aux chapitres consacrés au programme SPOT(1) dans l'ouvrage très complet de l'IFHE paru en 2016 : «Observation spatiale de la Terre-Optique et Radar, la France et l'Europe pionnières».

L'orbite de SPOT

L'orbite de SPOT a été choisie à une altitude de 830 km (à l'équateur) afin de ne pas être gênée par le freinage atmosphérique. Le satellite effectue $14 + 5/26$ révolutions par jour. Ce choix d'un sous cycle de $5/26$ permet d'acquérir une image de tout point du globe les jours J, J+5, J+10, etc., grâce à la capacité de dépointage de ± 27 degrés de l'axe optique des instruments par rapport au plan d'orbite. Avec ce choix d'orbite, la distance entre les traces adjacentes au cours d'un cycle est de 108 km maximum à l'équateur et comme le champ total de ses deux instruments en visée verticale est de 117 km, la couverture complète de la Terre est assurée en un cycle de 26 jours (figure 1).

Enfin, pour que le plan de l'orbite fasse un angle constant avec la direction du soleil afin de pouvoir comparer des observations d'une zone donnée prises à des dates différentes, il faut que l'orbite soit héliosynchrone. Pour une orbite circulaire à 830 km, l'héliosynchronisme est obtenu pour une inclinaison du plan de l'orbite de 98,7 degrés. Grâce à ce réglage « altitude – inclinaison », le plan de l'orbite dérive lentement avec une vitesse angulaire qui est identique à la vitesse angulaire moyenne de la Terre autour du soleil. Le moteur principal de cette dérive est l'aplatissement de la Terre.

Le choix de l'heure de passage au nœud descendant à 10h30 est un compromis entre la nécessité d'un éclaircissement suffisant du sol aux latitudes élevées, le minimum de nébulosité dans les zones équatoriales et la faible occurrence de réflexions spéculaires à la surface de l'eau qui sature les instruments de prises de vues.

La charge utile

La charge utile du satellite SPOT-1 est constituée de deux instruments optiques identiques HRV (Haute Résolution Visible) et d'un ensemble d'enregistrement des données sur bande magnétique et de transmission des données vers le sol. Chaque instrument HRV observe un champ au sol de 60 km

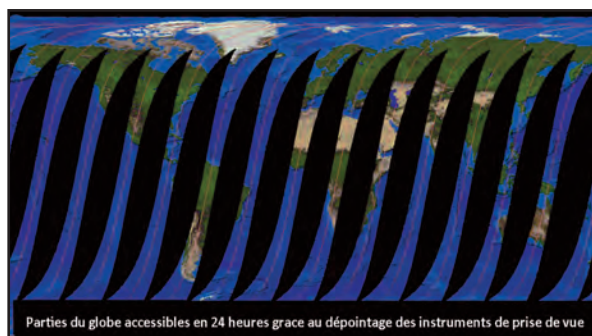


Figure 1 : Traces des orbites du satellite SPOT sur 24 heures et zones accessibles grâce au dépointage des HRV

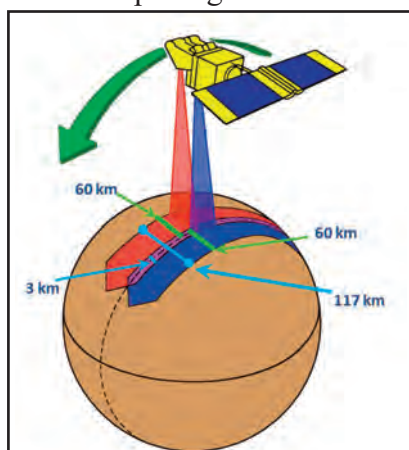


Figure 2 : Schéma des deux instruments HRV en mode jointif vertical

de large (en visée verticale). Lorsque les deux instruments HRV fonctionnent simultanément en visée verticale, le champ couvert est de 117 km, assurant ainsi un recouvrement de 3 km entre les champs individuels (fig. 2).

La combinaison télescope/détecteurs des HRV permet une résolution des images de 10 m en mode panchromatique et de 20 m en mode multibande.

Quatre bandes de longueur d'onde d'observation, réparties en deux modes spectraux :

- * Le mode multibande qui comprend trois bandes de longueur d'onde différentes et un pas d'échantillonnage au sol de 20 m. Les bandes retenues sont le vert ($0,5 - 0,59 \mu\text{m}$), le rouge ($0,61 - 0,68 \mu\text{m}$) et le proche infrarouge ($0,79 - 0,89 \mu\text{m}$).

- * Le mode panchromatique avec une bande spectrale s'étendant de $0,51$ à $0,73$ micromètre et un pas d'échantillonnage au sol de 10 m. Ce mode spectral est destiné à privilégier la finesse géométrique de l'image.

Outre ces caractéristiques, les instruments HRV de SPOT présentent une autre innovation tout à fait nouvelle : la possibilité de faire varier la direction d'observation jusqu'à plus ou moins 27° de la verticale du satellite par rapport au plan d'orbite. Avec une orientation convenable du miroir d'entrée d'un instrument HRV, contrôlée par télécommande, il est possible d'observer des régions intéressantes qui ne sont pas nécessairement à la verticale du satellite. Elles peuvent être situées dans un couloir de 950 km de large centré sur la trace au sol du satellite. La largeur de la zone effectivement observée par chaque instrument varie entre 60 km à la verticale du satellite et 80 km en visée oblique extrême ($\pm 27^\circ$).

L'exécution des observations est commandée par le calculateur de bord du satellite. Une séquence de prise de vue peut comprendre une succession de modes, panchromatique ou multibande, et des changements de direction de visée pour chacun des deux instruments.

Cette technique permet d'augmenter la fréquence des observations de sites spécifiques. Par exemple, à l'équateur, la même région peut être visée successivement 9 fois pendant les 26 jours du cycle orbital, ce qui correspond à 126 fois par an et à une moyenne de 2,9 jours. A la latitude de 45° (la France), une même région peut être observée 12 fois pendant un cycle orbital, soit 171 fois par an ce qui correspond à une moyenne de 2,1 jours. Cette faculté est très intéressante pour

l'étude des phénomènes à évolution rapide comme, par exemple, le mûrissement des récoltes, ainsi que pour augmenter la probabilité d'obtention d'images de bonne qualité dans des régions à couverture nuageuse fréquente (fig. 3).

Les instruments HRV

Les deux instruments HRV de SPOT, qui permettent une résolution au sol de 10 m, sont des instruments de grande taille (2,50 m de longueur totale, 250 kg). Leur schéma de principe est présenté sur la figure 4. Une fois la lumière captée par le système optique, il faut effectuer la prise de vue proprement dite. La solution adoptée sur SPOT utilise au foyer du télescope une ligne de détecteurs, lesquels sont des photodétecteurs de très petites dimensions unitaires (13 microns x 13 microns) convertissant le signal lumineux en un signal électrique (principe "pushbroom" ou ratissage).

Chaque détecteur analyse un élément de paysage («Pixel», contraction de l'anglais «picture element»), de 10 m x 10m par exemple, contenu dans le champ de l'instrument. Il reçoit la lumière de cette zone de paysage pendant le temps au cours duquel le satellite a progressé de 10 m, soit 1,5 ms. Cette méthode de prise de vue permet d'éviter l'utilisation au foyer du télescope d'un dispositif mécanique de balayage du paysage, excessivement complexe.

Les détecteurs utilisés sont du type CCD (Charge Coupled Device-dispositifs à transfert de charge). Les 6.000 photodétecteurs assemblés en ligne permettent d'analyser d'un seul coup, pour le mode panchromatique (10 m de pas d'échantillonnage), une ligne de paysage de 60 km de longueur orientée perpendiculairement à la trace du satellite. La longueur de ligne correspond à la largeur du champ d'observation. (fig.5)

Le signal ainsi obtenu est ensuite amplifié, puis numérisé au travers

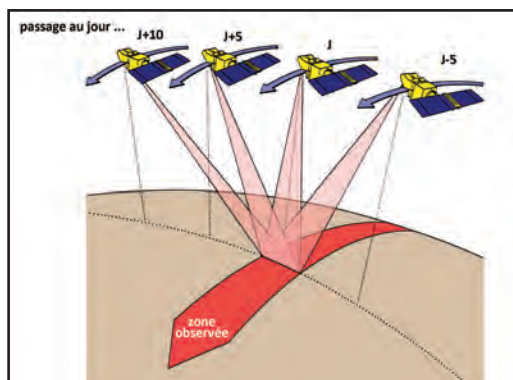


Figure 3 : les visées obliques multiplient les possibilités d'observation d'une même zone

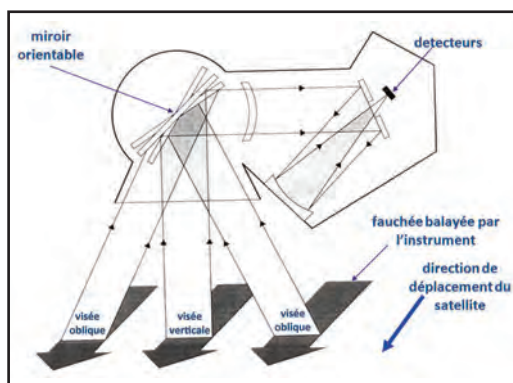


Figure 4 : schéma de fonctionnement des instruments HRV

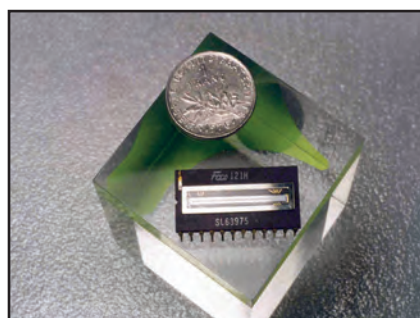


Figure 5 : Un des 600 détecteurs CCD de SPOT-1 approvisionnés chez Fairchild

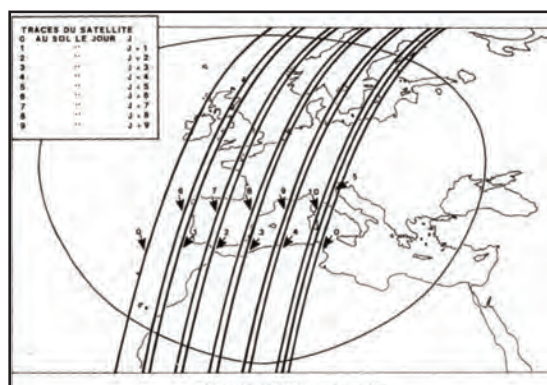


Figure 6 : Passages de jour à l'intérieur d'un cercle de visibilité (ici celui de la station de Toulouse/Aussaguel). La figure représente les traces descendantes du satellite (à la même heure) au cours de 10 jours consécutifs.

d'un codeur analogique-numérique. La quantité des informations mises en jeu est énorme pour l'époque : le débit, pour une résolution de 10m, est de 24 GBits par seconde. On peut, à bord de SPOT, transmettre deux voies simultanément, à choisir parmi les deux voies panchromatiques ou les deux voies multibande issues chacune d'un instrument.

Le stockage et l'émission des données vers le sol

Deux cas se présentent alors pour la transmission au sol des informations : le satellite est en visibilité d'une station de réception d'images ou non.

- Dans le premier cas, le train d'informations vient moduler le signal d'un émetteur qui l'envoie directement vers la Terre au travers d'une antenne d'émission.

- Dans le second, le train d'informations est stocké à bord sur un enregistreur magnétique qui est relu lors

d'un prochain passage en visibilité d'une des deux stations de réception européennes (Toulouse ou Kiruna) en utilisant le même système d'émission.

Cette émission (à 8 GHz) est possible lorsque le satellite est à l'intérieur du "cercle de visibilité" de la station (environ 2 500 km de rayon, figure 6). Cette limite correspond à une hauteur de 5 degrés du satellite au-dessus de l'horizon de la station.

La réception au sol se fait dans des stations de réception des images équipées pour capter le signal de la télémessure transmettant les images, le démoduler et l'enregistrer.

La plate-forme multission et les équipements de servitude du système

La plate-forme du satellite SPOT (figure 7) est conçue pour assurer l'ensemble des servitudes, nombreuses sur ce type de satellite, nécessaires à l'accomplissement de la mission :

- * maintien précis de l'orbite,
- * stabilisation selon trois axes,

- * alimentation électrique,
- * gestion de bord,
- * télémesure et télécommande,
- * programmation de la charge utile par un calculateur de bord dont la mémoire est chargée par télécommande.

- * Tenue structurale au lancement et stabilité de la prise de vues en orbite.

Cette plateforme dite « multimission » connaîtra un succès remarquable puisqu'elle sera utilisées pour les satellites ERS-1 et ERS-2 de l'ESA, dans sa version augmentée pour SPOT-4 (PFM Mk II) pour les satellites Hélios 1A et B, et même pour le satellite Envisat de l'ESA, enfin dans sa version augmentée pour SPOT-5 (PFM Mk III) pour les satellites Hélios 2A et B et pour les satellites Metop 1, 2 et 3 développés par l'ESA pour d'EUMETSAT.

3. Organisation industrielle du projet en phase de développement

L'ampleur des développements techniques à réaliser et la complexité du système complet ont conduit le CNES à adopter pour le projet SPOT-1 une organisation industrielle résumée dans la figure 8.

Le CNES est le maître d'œuvre du système complet. Il assure la maîtrise d'œuvre du premier satellite tout en confiant à la société Matra Espace de nombreuses responsabilités de premier niveau (instruments HRV, plate-forme multimission, intégration) afin de permettre à celle-ci de prendre, sans difficulté, la responsabilité de maître d'œuvre du satellite pour SPOT-2. Le sous-système « Télémesure charge utile » est confié à Alcatel Thomson Espace qui intègre dans cet ensemble les enregistreurs Odetics directement acquis par le CNES auprès de cette société californienne.

On notera toutefois les réalisations importantes de la société Aérospatiale pour la plate-forme (structure et contrôle thermique, générateur solaire, compartiment batteries, plateau d'interface charge utile), de la SEP pour la propulsion et le mécanisme d'orientation du générateur solaire, et pour les instruments HRV celles de Sodern (boîtier de détection), d'Angénieux (séparateur spectral), et de la société Reosc, depuis intégrée au groupe Safran (optiques et le miroir d'entrée de l'instrument). (Figure 8).

En ce qui concerne les moyens-sol, le centre de contrôle et de mission est réalisé sous la maîtrise d'œuvre du CNES

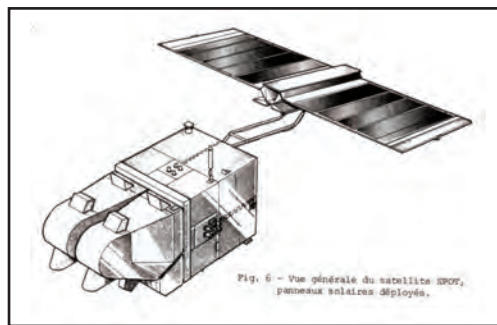


Figure 7 : Dessin schématique du satellite SPOT avec (à gauche) ses deux instruments HRV fixés sur la plateforme et le panneau solaire (à droite)

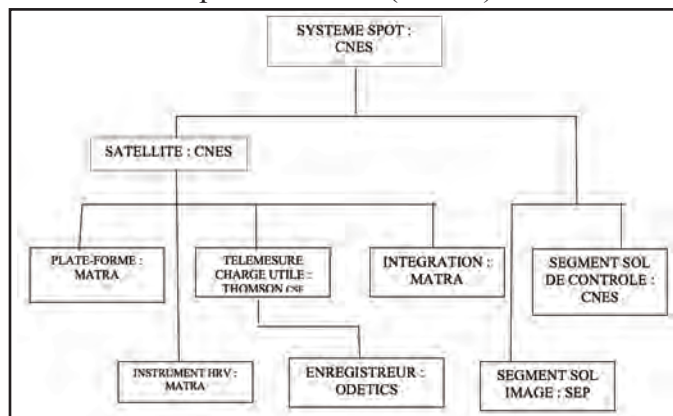


Fig. 8 : Organisation industrielle du projet SPOT-1

avec d'importantes participations de Matra Espace et des sociétés de service informatique Cap-Sogeti et Informatique Internationale. Le segment sol « images », qui comprenait la station de réception en bande X située à Aussaguel, à 30 Km de Toulouse, et le Centre de rectification des images spatiales (CRIS) au Centre Spatial de Toulouse, a été confié à la Société Européenne de Propulsion avec la société de services informatiques SESA comme

sous-traitant et une participation technique et financière importante de l'Institut Géographique National.

On notera, par ailleurs, que des participations industrielles de sociétés belges et suédoises ont résulté des contributions de ces pays au programme SPOT : ETCA (Belgique) pour l'alimentation électrique, Saab (Suède)

pour le calculateur de bord et B.T.M.C (Belgique) pour le récepteur sol de télémesure en bande X.

4. Politique relative à l'exploitation du système SPOT

Alors que la phase de définition détaillée du satellite SPOT-1 se déroulait en 1978-1979, de nombreuses études avaient été conduites afin d'évaluer plus précisément les retombées économiques de cet ambitieux programme. Celles-ci portaient, d'une part, sur le marché potentiel des images dans les différents secteurs de marché et, d'autre part, sur la structure à mettre en place pour le service aux utilisateurs.

Les études de marché réalisées au plan international, sur le secteur des applications cartographiques en particulier et, parallèlement, sur le marché potentiel aux Etats-Unis, confirmaient l'importance des retombées économiques potentielles du programme tout en rappelant la taille très modeste du marché réel des images spatiales de l'époque (données du capteur M.S.S. des satellites Landsat).

Elles concluaient sur l'importance d'une définition claire de la politique d'exploitation du système SPOT afin d'éviter les inconvénients de changements successifs de politique comme ceux que connaissait le programme Landsat américain. Elles mettaient enfin l'accent sur la nécessité de mettre en place une unité de marketing et de diffusion des images SPOT qui soit l'unique interface avec la communauté des utilisateurs et se charge de tous les aspects techniques, juridiques et économiques de la dissémination des données.

Cette dernière recommandation conduisait le CNES à en-

visager la constitution d'une société anonyme avec une participation au capital située entre 34 et 51 %, comme c'était le cas pour la société Arianespace en cours de constitution à l'époque.

Après avoir rebouclé avec les résultats des études de marché, la politique d'exploitation du système SPOT, proposée au gouvernement à l'occasion de la décision sur l'engagement du satellite SPOT-2, fut la suivante :

- * Diffusion des images sur une base commerciale non discriminatoire, c'est-à-dire avec la même politique de prix, quel que soit le client,

- * Création d'une société anonyme, la société Spot Image, chargée d'organiser la diffusion des images et de mettre en place les services d'accompagnement de cette diffusion,

- * Affirmation de la volonté du Gouvernement français de poursuivre le programme SPOT au-delà des satellites SPOT-1 et SPOT-2 par la réalisation de deux autres satellites, SPOT-3 et 4, afin d'assurer au mieux la continuité du service pendant au moins 10 ans.

Le CNES était conscient que le chiffre d'affaires de Spot Image pendant les premières années serait de toute façon très loin de permettre l'amortissement du coût des satellites, même si SPOT-1 était exclu du calcul. Dans un premier temps, chercher à atteindre le «petit équilibre», c'est-à-dire la couverture des frais d'exploitation du système paraissait un premier objectif raisonnable avant d'envisager la prise en charge du segment spatial. Il s'agissait néanmoins d'un pari ambitieux sur l'avenir de l'observation par satellite dans cette gamme de performance, c'est-à-dire ce qui était considéré à l'époque comme de l'imagerie à « haute » résolution. A noter qu'à partir de la fin des années 1990, le vocable «haute résolution» a plutôt été réservé à l'imagerie de résolution métrique et non plus décimétrique.

Cette politique, reposant sur une analyse à long terme des potentialités de l'observation de la Terre à haute résolution, était entérinée en octobre 1981 par le Conseil des Ministres, qui décidait simultanément l'engagement du programme SPOT-2 sur l'enveloppe «Recherche et Développement» du budget de l'Etat, comme pour SPOT-1. La Belgique et la Suède décidaient en 1983 de participer à SPOT-2 sur les mêmes bases que pour SPOT-1.

Les principes généraux de l'exploitation et de l'organisation du système SPOT étaient donc en place.

5. La mise en place de la société Spot Image

Suite à la décision du gouvernement, la société Spot Image, chargée par délégation du CNES de commercialiser les

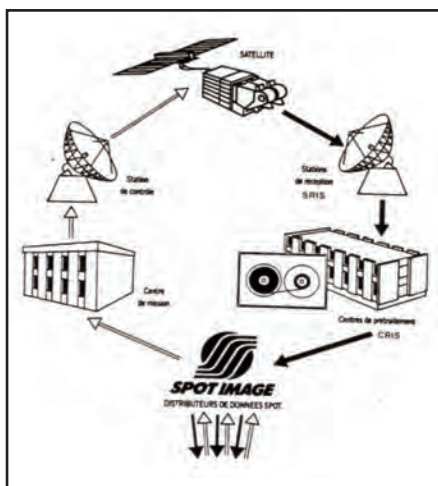


Figure 9 : Organisation générale du système SPOT-1 en phase d'exploitation : demande des utilisateurs, programmation du satellite, prise de vue et envoi au sol des données, traitement, livraison à la société Spot Image

images des satellites SPOT, a été constituée le 1^{er} juillet 1982.

Ses actionnaires étaient alors le CNES (39%), l'Institut Géographique National (10%), la Société Matra (8,8%), la Société Européenne de Propulsion (8,8%), le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (7,4%), l'Institut Français du Pétrole (7,4%), la Swedish Space Corporation (6,0%), l'Etat Belge (2,0%), la Société Internationale de Services Industriels et Scientifiques du groupe IFP (2,6%), diverses institutions financières à hauteur de 1,2% chacune (Institut Régional de Développement Industriel Midi Pyrénées (IRDI), Banque Nationale de Paris (BNP), Crédit Lyonnais, Banque de Paris et des Pays Bas, Valorind (Groupe

Société Générale), et enfin trois sociétés industrielles belges (Belfotop, BTMC et ETCA) se partageaient les 2% restant

Le capital social de la société lors de sa création était de 25 millions de Francs.

Le conseil d'administration de Spot Image, tel que mis en place par l'assemblée des actionnaires le 1er juillet 1982, comprenait le Président, Gérard Brachet, 3 représentants du CNES dont le directeur des programmes, Jean-Marie Luton, et le directeur du Centre Spatial de Toulouse, Jean-Claude Husson, ainsi que des représentants de l'IGN (Henri Hovasse), du BRGM (Christian Weber), de l'IFP (Jacques Ledésert), de Matra (André Rampillon), de la SEP (René Morin), de la SSC suédoise (Bo Johanson) et de l'Etat Belge (Jacques Laurent). Le pool bancaire se voyait attribuer deux postes de censeurs avec rotation tous les deux ans.

Les services que Spot Image mis progressivement en place, dès sa création et jusqu'au lancement du premier satellite SPOT, portèrent sur l'interface avec la communauté des utilisateurs nationaux et internationaux de l'imagerie spatiale.

Tout d'abord, la mise en place d'un catalogue informatisé et accessible à distance, 24 h sur 24, de toutes les images acquises par les satellites SPOT. Il s'agit là d'un élément essentiel du dialogue avec les utilisateurs puisqu'il leur permet de savoir si une image SPOT est disponible sur la zone géographique qui les intéresse, à quelle date elle a été prise, dans quel mode (multispectral ou panchromatique), et surtout quel est son degré de couvert nuageux. C'est la société SESA qui est sélectionnée pour le développement de ce catalogue informatisé. Directement associé à ce service, se trouve celui de la commande de prises de vue et des produits issus de l'imagerie brute reçue du satellite. Les données brutes étant reçues et archivées au Centre de rectification des images satellites

(CRIS), au départ exploité par le CNES, ce service a nécessité l'établissement d'un dialogue très interactif entre Spot Image et le CRIS, à la fois au niveau de la validation en terme de couvert nuageux des images acquises par le satellite mais aussi en terme de définition du produit à réaliser. Les produits sur support photographique à diverses échelles étaient réalisés à partir des produits numériques délivrés par le CRIS au sein du laboratoire photographique de Spot Image.

En parallèle de ces investissements et de la mise au point des procédures assez laborieuses correspondantes, l'équipe commerciale de Spot Image se concentrait sur la mise en place d'un réseau de distribution international qui comportait, à la veille du lancement de SPOT-1, 37 distributeurs ou agents dans autant de pays. Ce réseau de distribution comprenait, pour servir le marché américain, une filiale à 100% de Spot Image dénommée Spot Image Corporation, installée dans un premier temps dans le centre de Washington puis, à partir de 1984, à Reston, sur la route de l'aéroport de Dulles. En Suède, pays partenaire de la France dans le programme SPOT, la Swedish Space Corporation, disposant au titre des accords signés avec le CNES de l'exclusivité de la distribution des produits SPOT pour les pays nordiques, mettait en place une filiale de commercialisation des produits de satellites de télédétection, « Satimage », basée à Kiruna et dont le CNES et Spot Image étaient actionnaires minoritaires.

En outre, un vaste réseau de stations de réception directe se mettait en place, la plupart étant des stations qui recevaient déjà les données des satellites Landsat américains. Le CNES avait confié à Spot Image la négociation des accords de réception directe avec les opérateurs de ces stations, compte tenu de la situation d'exclusivité dans laquelle se trouvaient de facto ces opérateurs pour la distribution des données SPOT reçues dans ces stations. Le CNES restait toutefois étroitement associé à ces négociations contractuelles, l'interface opérationnelle des stations de réception avec le système SPOT ayant lieu avec le Centre de mission SPOT qui était de responsabilité CNES.



Figure 10 : Lancement de SPOT-1 par Ariane V16 le 21 février 1986 au Centre Spatial Guyanais.

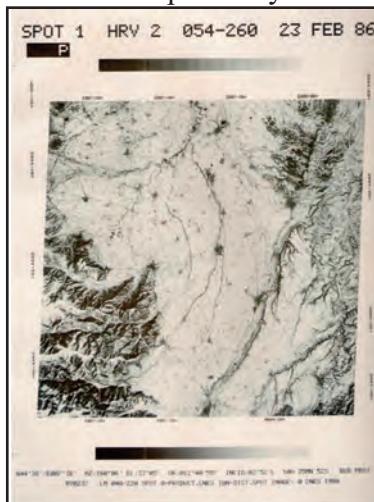


Figure 11 : Première image SPOT en mode panchromatique sur la plaine du Pô (Italie) le 23 février 1986.

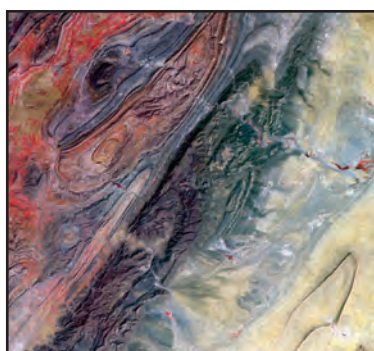


Figure 12 : Première image SPOT en mode multi bande sur le Djebel Amour (Algérie) le 23 février 1986.

La société Spot Image, partie en 1982 d'un tout petit groupe de personnes dirigées par André Fontanel, un ancien de l'IFP, a progressivement augmenté ses effectifs jusqu'à comprendre 40 personnes (sans compter les effectifs de sa filiale américaine) à la veille du lancement de SPOT-1. Spot Image s'est alors installée dans un nouveau bâtiment construit à cet effet, le bâtiment Nadar, situé près de l'entrée du Centre Spatial de Toulouse mais dont l'accès direct ne nécessitait pas de passer par le filtrage de sécurité propre au CNES.

6. Lancement de SPOT-1 et premiers résultats

Le lancement et la mise en orbite du satellite SPOT-1 le 22 février 1986 à 01h44 (temps universel) par le vol 16 du lanceur Ariane depuis le Centre Spatial Guyanais (Figure 10) s'est traduit par un succès total. Les premières images, présentées à la presse le 26 février, sont obtenues dès le 23 février, en mode panchromatique sur la plaine du Pô couverte de neige et en mode multibande sur le Djebel Amour en Algérie. Ces images d'excellente qualité (2) confirmaient les performances géométrique et radiométrique attendues de ce système d'observation, le plus performant au monde à l'époque dans le domaine civil (Figures 11 et 12).

La recette en vol se déroule jusqu'au début du mois de mai, mais la capacité de SPOT-1 à répondre rapidement à une demande de prise de vues spécifique est mise à l'épreuve dès le lendemain du 26 avril, date de la catastrophe de la centrale nucléaire de Tchernobyl en Ukraine. A Spot Image et au CNES, les équipes se mobilisent pour tenter d'obtenir le plus rapidement possible une première image de la région où se situe la centrale et c'est au jugé, sans même connaître le nom ni la localisation géographique précise de la ville de Tchernobyl, qu'une prise de vue en mode bi-HRV est programmée afin de couvrir plus de 100km de champ sur la région située à 200 km au nord de Kiev. La

première image SPOT de la centrale nucléaire est ainsi acquise par le satellite en mode panchromatique le 1er mai. Comme c'est un jour férié en France, c'est par l'intermédiaire de la station de réception de Kiruna que cette image

est reçue et ce sont nos amis suédois de la société Satimage (3), basée également à Kiruna, qui la traitent et la diffusent avec l'autorisation de Gérard Brachet (4), joint à son domicile par le directeur de Satimage. Cette image prise depuis l'espace de la centrale nucléaire de Tchernobyl marque alors les esprits car elle illustre à la perfection la capacité d'un système satellitaire d'observation non américain à recueillir des informations sur le territoire de l'Union soviétique et à les rendre publiques. Une nouvelle prise de vue de la centrale de Tchernobyl est effectuée le 6 mai, cette fois-ci simultanément en modes multibande et panchromatique afin de faciliter l'interprétation (Figure 13). Quelle belle entrée en matière pour SPOT ! Cette démonstration facilitera grandement la décision d'engager le programme Hélios à la fin de l'année 1986.

Pendant ce temps, le Centre de rectification des images spatiales (CRIS) de Toulouse chargé d'archiver et d'effectuer le prétraitement des images SPOT monte en charge afin de satisfaire les demandes d'images requises pour la recette du système et les premières demandes « utilisateurs » en provenance de Spot Image. Le CRIS est armé d'une équipe mixte CNES/IGN, mais en majorité composée de personnels IGN. C'est ainsi que du 23 février au 5 mai, plus de 24 000 scènes SPOT sont recueillies par la station de Toulouse/Aussaguel, archivées au CRIS et mises au catalogue informatisé des images SPOT géré par Spot Image.

Les débuts de l'exploitation commerciale

Alors que la recette en vol est encore en cours, et dans la perspective de la mise en service commercial de SPOT-1 le 6 mai 1986, Spot Image organise à Toulouse du 7 au 9 avril une réunion de son réseau international de distributeurs qui rassemble déjà 35 représentants en provenance de 24 pays. Ce réseau se développe rapidement au cours des mois qui suivent et atteint le chiffre de 47 distributeurs dès le mois de juillet. Parmi les relais de distribution des images et produits SPOT, les stations de réception directe des images SPOT jouent un rôle très particulier avec une dimension technique marquée. Les



Figure 13 : Interprétation de l'image SPOT de la centrale nucléaire de Tchernobyl acquise le 6 mai 1986.

à l'Amérique du Nord et leur distribution sur le marché canadien et, via Spot Image Corporation à Washington, sur le marché américain.

Spot Image Corporation, la filiale américaine de Spot Image, a été créée à Washington dès l'année 1983 et monte en puissance rapidement en 1986.

Au-delà des deux stations de réception canadiennes et de la station « virtuelle » de Wichita opérée virtuellement par Spot Image Corporation, d'autres stations de réception signent en 1986, 1987 et 1988 des accords de réception directe avec Spot Image : la station de réception indienne d'Hyderabad opérée par la National Remote Sensing Agency (NRSA), qui rentre en service en mai 1987, la station de la NASDA (National Space Development Agency) au Japon, située à Hatoyama à 80 km à l'ouest de Tokyo, qui fonctionne à partir de fin 1988, mais aussi la station de l'ESA à Maspalomas (Iles Canaries), qui couvre l'Afrique de l'Ouest et dont le financement est assuré par le budget d'aide au développement de la Communauté européenne. Suivront rapidement les stations de réception d'Alice Springs en Australie (Australian Centre for Remote Sensing - ACRES), de Cuiaba dans le Mato Grosso au Brésil (Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais - INPE), de Bangkok

en Thaïlande (National Research Center of Thailand - NRCT), d'Islamabad au Pakistan (SUPARCO), de Pretoria en Afrique du Sud (Council for Scientific and Industrial Research), et de Riyad en Arabie Saoudite (King Abdul Aziz City for Science and Technology - KACST). Plus tard, en 1989, 1990 et au-delà, vien-



Figure 14 : cercles d'acquisition de la télémessure image par les stations de réception directe SPOT à la fin de 1990

dront se joindre les stations de réception directe de Tel Aviv en Israël, de Taiwan, et de Singapour (Figure 14).

Le bon fonctionnement de ce réseau de stations de réception directe est d'autant plus important que, dès le mois d'août 1986, l'un des deux enregistreurs de bord de SPOT-1 tombe en panne et que des procédures de précaution sont mises en place afin de protéger le deuxième enregistreur, qui tombera définitivement en panne en avril 1990. Cette situation limite la capacité du système SPOT à acquérir des données en n'importe quel point du globe, ce dernier dépendant désormais du bon fonctionnement d'une station de réception directe implantée dans la région concernée.

En parallèle, les premières statistiques permettant de mesurer le degré de satisfaction des demandes de prises de vue mettent en évidence des chiffres assez décevants :

D'une part le taux d'images exploitable (avec couvert nuageux inférieur à 10% sur l'ensemble d'une scène de 60 x 60 km) est en moyenne de seulement 20%, ce qui signifie que 4 scènes sur 5 acquises par le satellite sont sinon inutilisables, en tout cas susceptibles d'être rejetées par le client ; d'autre part le taux de satisfaction des demandes de prises de vue mesuré sur l'ensemble de l'année 1987 est seulement de 60% en moyenne, allant de 34% sur l'Amérique Latine à 88% sur le Moyen Orient, mais 54 % sur l'Europe. Ces chiffres décevants, alors que la programmation à la demande avait été présentée comme l'une des innovations majeures du système SPOT, résultent de plusieurs problèmes tout au long de la chaîne, depuis l'acquisition de l'image brute jusqu'à la production du produit commandé. En amont, les contraintes imposées par l'utilisation des enregistreurs embarqués limitent fortement la rapidité des changements de modes de prise de vue, conduisant à l'enregistrement de longues séquences, même lorsqu'une seule scène est demandée ; ceci se traduit par une saturation rapide de la capacité d'enregistrement à bord, qui n'est plus disponible pour enregistrer d'autres prises de vue. Plus en aval, la très mauvaise qualité des «Quick looks» ou «images rapides» générées au CRIS et censées être utilisées pour valider une scène sur le plan du couvert nuageux conduit à des validations de programmation qui s'avèrent ensuite être incorrectes, ou inversement à ne pas valider des prises de vue qui sont en fait de qualité acceptable. En outre, la gestion des demandes de programmation clients et des commandes de produits au sein de Spot Image a été mal dimensionnée à l'origine et les outils informatiques correspondants demandent à être entièrement revus. Tous ces défauts de jeunesse sont bien identifiés au cours des années 1987 et 1988. Ils font l'objet de campagnes intensives de corrections, à la fois au centre de mission SPOT, au CRIS et à Spot Image mais ne trouveront réellement leur solution complète qu'en 1995, lors de la mise en place de la 2ème génération de ces systèmes : il s'agit du Centre d'archivage et de prétraitement

(CAP) et du Centre de Programmation (CPR), successeurs respectifs du CRIS et du Centre de mission SPOT, qui seront réalisés dans le cadre du « Segment sol » du projet SPOT-4. En attendant, le point le plus faible de la chaîne, les fameux « quick looks », est remplacé par un système beaucoup plus performant d'images numériques consultables à distance à travers le nouveau catalogue général des images SPOT. Dérivé du système de catalogue initial, il prend le nom de DALI (Dispositif d'Accès et de Lecture de l'Inventaire SPOT) et rentre en service pendant l'été 1991.

7. SPOT-2, SPOT-3, SPOT-4, SPOT-5 et la suite

Le 22 janvier 1990, le satellite SPOT-2 est mis en orbite par Ariane lors de son vol 35. Il est identique à SPOT-1, à ceci près que les instruments optiques HRV sont équipés de barrettes de CCD d'origine française (Thomson) et que le système de localisation précise DORIS est embarqué à des fins de test en orbite. Après une recette en vol sans problème, il devient alors possible de gérer le système SPOT avec deux satellites placés sur la même orbite. Le système était dimensionné pour opérer un seul satellite à la fois, mais face aux besoins de la Commission européenne pour la surveillance agricole, ce verrou a été levé moyennant un surcoût opérationnel couvert par les recettes dégagées. Cela permet donc d'augmenter la capacité de prises de vue sur l'Europe et les régions du globe où les stations de réception directe sont opérationnelles, en tout cas jusqu'au début de 1991, date du retrait (temporaire) de SPOT-1 du service opérationnel.

Quels enseignements tirer de ces premières années d'exploitation ?

Sur le plan du marché, cette première période d'exploitation des satellites SPOT est marquée par nombre de satisfactions mais aussi de déceptions. Au plan des satisfactions, il faut citer le bon développement du marché institutionnel des applications aux statistiques agricoles et au contrôle du respect des règlements de la Politique Agricole Commune (PAC) européenne. Ce succès doit beaucoup à l'excellence du travail des équipes du Centre commun de recherche de la Commission européenne qui ont mis au point la méthodologie correspondante. Il doit beaucoup aussi à la qualité du travail d'application opérationnelle de cette méthodologie par les équipes de la société de services «Scot Conseil», fondée en 1988 et présidée par Jean-Claude Cazaux.

Un deuxième élément de satisfaction est la percée inattendue sur le marché militaire américain, surtout sensible à partir de l'invasion du Koweït par l'armée de Saddam Hussein en août 1990. De même, de grands donneurs d'ordre militaires d'autres pays passent des commandes importantes de couvertures de spatocartes à l'échelle du 1/100.000ème, contribuant de manière significative à la progression du chiffre d'affaires de 1989 à 1992.

Du côté des déceptions, il faut citer la très faible pénétration du marché civil de la cartographie, probablement parce que

la résolution des images fournies par les premiers satellites SPOT est encore insuffisante et la part du marché des applications géologiques (secteurs de la prospection pétrolière et minière) beaucoup plus faible qu'espérée.

Globalement, après deux années très difficiles, 1986 et 1987, la progression du chiffre d'affaires annuel, quoique inférieure aux prévisions initiales, est assez satisfaisante puisqu'il dépasse 200 millions de Francs dès 1992.

Les résultats médiocres des deux premières années et leurs conséquences sur la situation financière de la société conduisent les actionnaires de Spot Image à recapitaliser la société en 1988. A cette occasion, le capital social est porté à 33,24 millions de Francs. Cette situation difficile, mais que tous espèrent temporaire, ne remet heureusement pas en cause la décision du gouvernement français, prise en décembre 1987, de donner son feu vert au programme SPOT-3, identique aux satellites SPOT-1 et 2. De fait, à la suite d'efforts importants d'organisation interne et d'amélioration de l'interface opérationnelle avec le CNES, grâce aussi au recrutement de nouveaux responsables commerciaux, la progression du chiffre d'affaires est significative entre 1988 et 1991 et les comptes de Spot Image s'améliorent rapidement.

Le chemin qui reste à parcourir pour autofinancer les satellites à partir des revenus commerciaux est toutefois considérable. A l'époque, le chiffre d'affaires annuel à atteindre pour y arriver était estimé à 600 à 700 millions de Francs, combiné bien évidemment avec une marge brute d'exploitation suffisante. La route s'annonçait donc d'être longue mais la bonne progression des ventes de Spot Image au cours des années ultérieures, grâce en particulier à la mise en service de SPOT-5 en 2002, permettra d'atteindre ce niveau.

En effet, pendant cette phase de montée en puissance, il est vite apparu que le marché des images de la gamme 20m de résolution était et resterait de taille modeste et que seul le segment des images à haute résolution présentait des perspectives de croissance significative. C'est pourquoi SPOT-5, avec sa résolution de 5m et même de 2,5m en mode « supermode » sera l'élément crucial du programme, permettant de basculer progressivement vers un financement entièrement privé (par Airbus D&S) à partir de SPOT-6.

Sans rentrer dans les détails de l'exploitation des satellites SPOT successifs et de leurs successeurs les satellites Pléiades jusqu'à 2021, on se contentera ici de signaler les événements importants qui jalonnent cette période :

* Août 1990 : Invasion du Koweït par les armées irakiennes : le US Department of Defense passe d'importantes commandes d'images SPOT à Spot Image Corporation, la filiale américaine de Spot Image, créée en 1983

et basée à Washington.

* 26 septembre 1993 : Lancement de SPOT-3, identique à SPOT-1 et 2.

* 4 mars 1994 : Publication par la Maison Blanche de la "Directive Clinton" (PD 23) sur la politique américaine relative à la télédétection spatiale qui ouvre la porte à des satellites d'observation commerciaux à très haute résolution, c'est à dire meilleure que 1m de résolution au sol.

* 4 octobre 1994 : Décision d'engager le programme SPOT-5, nettement plus performant en résolution (5m) que les satellites SPOT précédents, résolution qui sera encore améliorée grâce à l'introduction du mode de prise de vues dit « supermode », permettant de fournir des images au pas de 2,5m.

* 23 mars 1998 : Lancement de SPOT-4 avec à son bord l'instrument « Végétation » d'observation à grand champ du couvert végétal mondial, cofinancé par l'Union Européenne. C'est la première fois que l'Union européenne finance – à un niveau encore modeste, il est vrai – une infrastructure spatiale.

* Août 1999 : Annonce conjointe par le CNES et l'ESA de l'initiative "Charte Internationale Espace et catastrophes naturelles" lors de la conférence UNISPACE III à Vienne (Autriche). Cette charte est destinée à faciliter l'accès rapide aux images satellitaires de la zone concernée en cas de catastrophe naturelle.

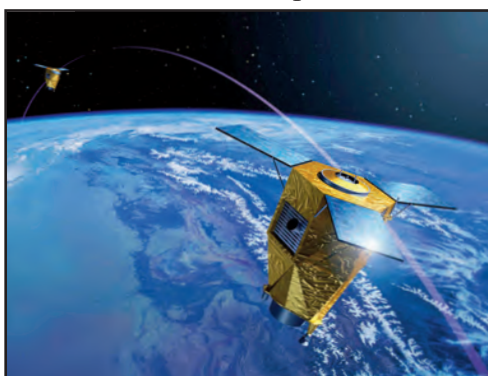
* Janvier 2001 : Sommet franco-italien de Turin, signature de l'accord entre la France et l'Italie relatif à la coopération COSMO/SkyMed – Pléiades – Hélios-2 qui consolide la décision d'engager le programme Pléiades, nouvelle génération de satellites d'observation à très haute résolution, beaucoup plus légers et compacts que la génération SPOT, avec des performances d'imagerie très améliorées (70 cm de résolution), et une mission affichée délibérément comme duale, « défense et civile ».

* 3 mai 2002 : Lancement du satellite SPOT-5 avec l'instrument Végétation n° 2 et le nouvel instrument HRS (Haute Résolution Stéréoscopique) financé en partenariat public-privé entre le CNES et Astrium via Spot Image. C'est le premier « PPP » en Europe en observation de la Terre.

* Décembre 2008 : le chiffre d'affaires de Spot Image, en croissance régulière depuis la mise en service de SPOT-5, dépasse 100 millions d'Euros en 2008.

* Avril 2009 : EADS/Astrium rachète au CNES ses parts dans le capital de Spot Image.

* Novembre 2009 : EADS/Astrium, désormais actionnaire à 96% de Spot Image, décide une importante augmentation de capital pour permettre le financement de la réalisation des satellites SPOT-6 et -7, de performances améliorées par rapport à SPOT-5.



Vue d'artiste des satellites Pléiades en orbite

- * Décembre 2011 : Lancement du premier satellite de la nouvelle génération «Pléiades» à vocation duale, conçue et financée par le CNES. Spot Image est choisie pour en être l'opérateur commercial via une délégation de service public.
- * Septembre 2012 : Lancement du satellite SPOT-6 d'Astrium par un lanceur PSLV indien.
- * Décembre 2012 : Lancement du deuxième satellite Pléiades (Pléiades-1B).
- * Mars 2014 : Lancement du satellite SPOT-7 d'Astrium par un lanceur PSLV indien.
- * Avril 2021 : Lancement du premier satellite «Pléiades-néo» par un lanceur Vega. Les satellites Pléiades-néo sont des versions plus performantes des satellites Pléiades-1 et sont intégralement autofinancés par Airbus Defence & Space.
- * Août 2021 : Lancement du deuxième satellite « Pléiades-néo » par un lanceur Vega.

Nota

- 1 Partie 2, chapitre 1, pages 82 à 97 et Partie 3, introduction et chapitre 1, pages 163 à 180.
- 2 Toutefois, des points noirs détectés sur l'image en mode panchromatique ont mis en évidence un problème avec l'algorithme de décompression au sol, qui a été réglé en quelques heures par modification des cartes électroniques impliquées.
- 3 Satimage, filiale de la Swedish Space Corporation, est établie à Kiruna et opère la station de réception de Kiruna, située à Esrange, base de lancement de fusée sondes et de ballons de la SSC, ainsi que le «CRIS de Kiruna, installé dans le bâtiment Rymdhuset («maison de l'Espace») dans la ville de Kiruna, dans le cadre d'un contrat de service avec le CNES. Satimage sera rebaptisée Satellitbild quelques années plus tard.
- 4 Président Directeur Général de Spot Image

Il y a 45 ans, Arcad 3, l'ambitieux programme franco-soviétique pour l'étude de la magnétosphère terrestre

par Philippe Varnoteaux, docteur en histoire, membre de l'IFHE

Le 21 septembre 1981, un lanceur soviétique place sur orbite le satellite scientifique Oreol-3. Il s'agit du sixième satellite issu de la coopération franco-soviétique. (1) S'inscrivant dans le programme d'étude de l'interaction entre l'ionosphère et la magnétosphère Arcad, Oreol 3 récolte pendant cinq ans de précieuses données permettant d'en savoir plus sur l'environnement de notre planète.

Tout commence avec la visite du général de Gaulle en Union soviétique effectuée du 20 juin au 1^{er} juillet 1966. A cette occasion, de Gaulle a l'honneur d'être le premier chef d'Etat étranger à se rendre le 25 juin sur la base de Baïkonour (Kazakhstan), et d'assister au lancement d'un satellite (2) et d'un missile intercontinental. A l'issue, sont signés le 30 juin deux accords : le premier sur la coopération scientifique, technique et économique (instituant une commission permanente franco-soviétique), le second sur la coopération pour l'étude et l'exploration de l'espace à des fins pacifiques.(3) Pour de Gaulle, ces accords doivent favoriser «la détente, l'entente, la sécurité, et un jour l'union de l'Europe d'un bout à l'autre. Et d'autre part, l'équilibre, le progrès et la paix de l'univers tout entier»,(4) mais aussi l'affirmation de



Dossier Arcad-3 du Cnes.



De Gaulle à Baïkonour.

l'indépendance de la France (qui ne tient pas à être dépendant de l'allié américain). Pour les Soviétiques, c'est l'occasion de contrebalancer la prééminence américaine dans des domaines comme les sciences et les technologies, où les enjeux sont déterminants dans le contexte de la Guerre froide.

De Roseau à Arcad

La coopération spatiale franco-soviétique porte sur l'étude de la Terre et de son environnement (mais aussi sur le système solaire). Elle offre aux Français l'opportunité de réaliser des expériences conjointes et de les embarquer très vite dans des ballons et des fusées-sondes, mais aussi dans des satellites.(5) Ainsi, en février 1967, un accord ouvre la voie à la réalisation d'un satellite pour étudier l'environnement terrestre en général, les zones aurorales en particulier. Scientifiques soviétiques et français sont alors particulièrement intéressés par ce domaine de recherche en raison pour les premiers de la situation géographique de

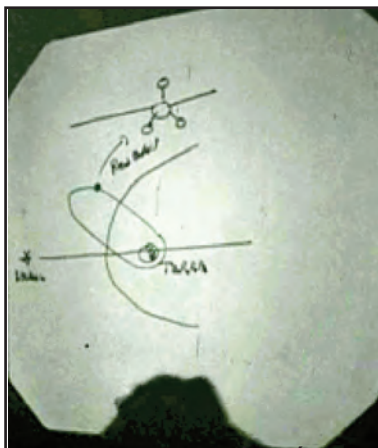
leur pays et, pour les seconds, des expériences menées aux îles Kerguelen et en Terre Adélie (notamment).(6) Emerge ainsi le projet «Radio Observation par Satellite Excentrique à Automatisation Unique» ou Roseau. L'objectif est d'étudier la magnétosphère avec des ex-

périences regroupées autour d'un calculateur chargé de gérer l'ensemble des appareils de mesure en fonction des phénomènes rencontrés – une solution encore peu appliquée (même aux États-Unis).(7)

Plusieurs laboratoires français, dont le GRI/CRPE(8) et le CESR(9) s'engagent dans la conception d'instruments scientifiques, tandis que le satellite doit être construit par le Cnes(10), et le CNET(11) se chargeant de la gestion des données. Quant à l'intégration du satellite et au lancement, il sera assuré par les Soviétiques. Les 28-29

novembre 1968, un séminaire se tient à Toulouse au cours duquel François du Castel, le directeur scientifique du projet Roseau (accompagné de Francis Cambou, directeur du CESR), présente Roseau qui est alors appelé à être « le plus gros satellite préparé en France. Le lancement d'un aussi gros satellite n'est possible que grâce à la collaboration spatiale franco-soviétique qui [permettra] aux chercheurs français de pouvoir s'éloigner de la Terre et de pouvoir envoyer un poids lourd et d'autre part un satellite lointain ».(12) Toutefois, entre temps, la situation financière du Cnes s'est dégradée. A la fin de l'année, le projet Roseau est reporté, puis annulé en mars 1969. Les scientifiques sont consternés...(13)

Voyant venir les menaces sur le projet, puis son abandon, Francis Cambou(14) et son collègue soviétique Youri Galperine ne veulent pas renoncer et cherchent à profiter de l'opportunité d'un satellite soviétique pour embarquer leurs instruments. La proposition des deux scientifiques est acceptée le 29 novembre 1969 dans le cadre du projet Arcad (ARC Auroral Densité)(15) : des détecteurs de particules sont installés dans le satellite Oreol-1/Auréole-1 (AURora EOLe). Ce dernier, construit par Youjnoïe, est lancé le 27 décembre 1971 par un Cosmos-3M. Deux ans plus tard, le satellite Oreol-2 suit le 26 décembre 1973 avec Arcad-2. Placés sur des orbites comprises entre 410 et 2 500 km, les deux satellites apportent d'intéressants résultats sur la présence d'un système dynamique composé de plasmas ionisés et d'ondes électrostatiques et électromagnétiques qui cohabitent dans une sorte de cavité appelée magnétosphère. Ce milieu reçoit le «vent solaire» (constitué de particules ionisées) interagissant avec le champ ma-



Projet Roseau présente au séminaire de Toulouse les 28-29 nov.1968.

l'ionosphère est d'autant plus important que celle-ci est un lieu privilégié où plusieurs instabilités ont lieu par l'intermédiaire d'une grande variété d'interactions entre les particules et les ondes. Ces particules réagissent alors sur l'atmosphère, formant des arcs lumineux auroraux aux structures complexes. Ainsi, le projet Arcad-3 vise à répondre à cinq questions : quelles sont les relations et les couplages entre l'ionosphère et la magnétosphère ? Quelle est la cause des aurores et des sous-orages magnétosphériques ? Quelle est la source réelle des particules : ionosphère et/ou vent solaire ? Existe-t-il des champs électriques parallèles au champ magnétique ? Quels sont les processus physiques qui produisent l'accélération, la diffusion et la précipitation des particules ?(17)

Le développement

La complexité de la mission nécessite des rencontres entre les équipes françaises et soviétiques : des discussions de travail dans les laboratoires, l'intégration des expériences sur le satellite à Kapustin Yar, etc. Le scientifique russe Rostislav Kovrazkhine de l'IKI se souvient : «il y avait beaucoup d'équipements scientifiques nouveaux, dans l'élaboration desquels prenaient part, en URSS, l'IKI(18) et l'Izmiran(19) et en France le CESR (Toulouse), le CRPE (Saint Maur) et le LPCE (Orléans)(20). Sur le satellite, poursuit-il, grâce au CNES, on mettait pour la première fois un ordinateur de bord (...). Sur ce projet, nous nous comportons non seulement comme des partenaires et des collègues, mais aussi comme des amis. Nous avons fait ensemble les expériences du satellite à Moscou, Leningrad, Frounze, Toulouse, Paris, Orléans, mais aussi sur le premier cosmodrome soviétique Kaspoutine



Emblème de la mission Arcad-3

gnétique de la Terre.

Le projet Arcad-3

Le succès des Arcad-1 et 2 incite les scientifiques à réaliser une mission plus ambitieuse pour « améliorer notre connaissance des couplages existant entre le plasma ionosphérique et le plasma magnétosphérique plus externe », mais aussi pour « apporter des réponses concluantes sur l'origine de la matière qui vient se déposer sous forme de particules dans l'atmosphère terrestre (Soleil et/ou ionosphère) ».(16) Améliorer les connaissances des phénomènes touchant

Yar».(21) Adopté lors d'une réunion à Kiev en octobre 1974, Arcad-3 est pour la première fois un projet qui réalise et intègre en commun une charge utile dans un satellite soviétique, par les scientifiques et les techniciens des deux pays, en URSS et en France.

Les expériences

Au total, Arcad-3 se compose de douze expériences scientifiques, dont cinq préparées par les laboratoires français, quatre par les laboratoires soviétiques et trois développées conjointement par les deux pays.

Placées sous la responsabilité de Guy Hameury du Cnes (qui assure la coordination avec les Soviétiques), et de Henry Reme du CESR (le directeur scientifique), les expériences françaises sont : trois spectromètres Spectro(22) pour mesurer les flux de particules chargées de faible énergie (réalisés par le CESR de Toulouse) ; Isoprobe,(23) pour la mesure de la densité et de la température électroniques (CRPE d'Orléans-la-source) ; Dyction,(24) pour l'étude des ions thermiques et suprathérmiqes (LGE de Saint-Maur).

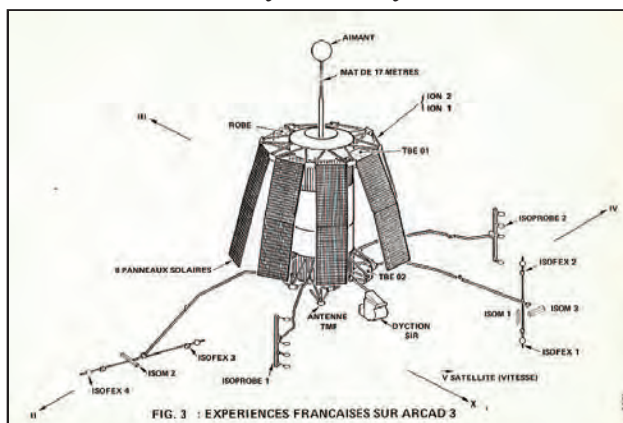
Quant aux Soviétiques, quatre expériences sont fournies par l'IKI et Izmiran sous la responsabilité de Youri Galperin (IKI) : Kukushka,(25) pour mesurer les flux de protons et d'électrons de basse énergie ; Pietstchanka (+ Corrélomètre)(26) pour étudier simultanément les électrons et les protons d'énergie intermédiaire ; FON,(27) pour étudier le gradient d'intensité des électrons et des protons près de la limite de piégeage des particules ; Altaïr,(28) pour étudier les émissions lumineuses aurorales.

Enfin, trois expériences sont élaborées conjointement par des scientifiques français et soviétiques : Trac(29) par l'IKI et LGE/CRPE, et TBF(30) (deux instruments) par les GRI/LCPE et Izmiran.(31)

Si l'ensemble des expériences est intégré dans un



Guy Hameury.

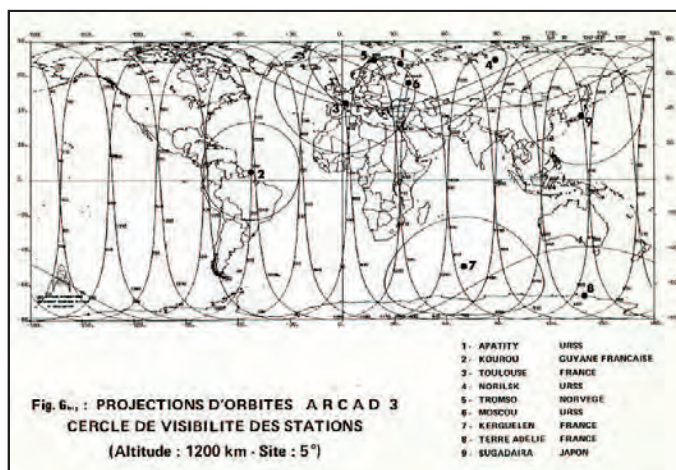


Expériences françaises sur Arcad-3/Oreol-3

Doté de huit panneaux solaires, il est stabilisé sur les trois axes par gradient de gravité (à l'aide d'un mât qui se déploie). Pour réaliser les différentes expériences, il embarque une charge utile scientifique de 170 kg, dont 100 kg pour les instruments français. Autour du corps central se trouvent les détecteurs de contrôle d'attitude, les antennes de la télémesure française, de la télémesure soviétique (et de localisation du satellite), et les antennes de télécommande. Les expériences sont installées soit sur le corps du satellite, soit au bout de bras porteurs (qui se déploient avec les panneaux solaires une fois dans l'espace).

D'un point de vue technique, le satellite présente deux originalités. La première est qu'il est équipé de l'ordinateur français CN2B pour la gestion des expériences.

D'une masse de 4,9 kg, ce calculateur numérique est fabriqué par l'entreprise Crouzet(32) qui, en décembre 1975, teste avec succès un prototype (température, vibration, vide thermique...). Disposant d'une mémoire à fils magnétiques d'une capacité d'environ 8.000



Stations de reception satellite Oreol-3.

mots de 18 bits, il reçoit les ordres de la télécommande soviétique pendant le vol. «Il permet ainsi de prévoir un nombre élevé de modes de travail. C'est la première fois, vante la propagande française, que le CNES va utiliser sur un véhicule spatial un ordinateur embarqué de fabrication française. C'est une grande première (...)».(33)

La seconde originalité est que les Soviétiques acceptent l'installation d'une antenne de télémétrie française fournissant directement les données aux scientifiques français.

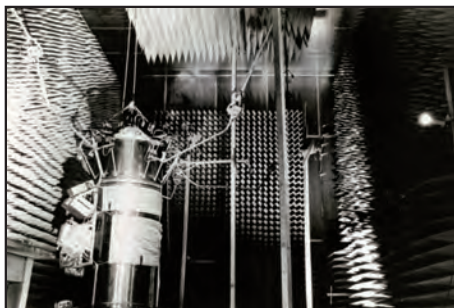
Essais, campagnes d'intégration, lancement

La mission Arcad-3 est particulièrement singulière et innovante car, pour la première fois, l'intégration du satellite est réalisée conjointement par les spécialistes soviétiques et français, en URSS et en France. Ainsi, en 1978, les équipes soviétiques viennent au Centre spatial de Toulouse (CST) pour participer à l'intégration des instruments français. En 1979 et 1980, des essais d'environnement spatial et de compatibilité électromagnétique sont effectués dans les installations de la SOPEMEA. Des tests sont notamment faits dans une chambre anéchoïque. Les essais de qualification du satellite sont également entrepris à Toulouse et à Moscou. Quant aux instruments scientifiques, ils subissent à leur tour des tests détaillés à Toulouse et à l'IKI de Moscou. Enfin, en mai 1981 l'ensemble de la charge utile subit d'ultimes essais de qualification à l'IKI avant d'être intégré dans le satellite sur la base de lancement de Kasputine-Yar.(34)

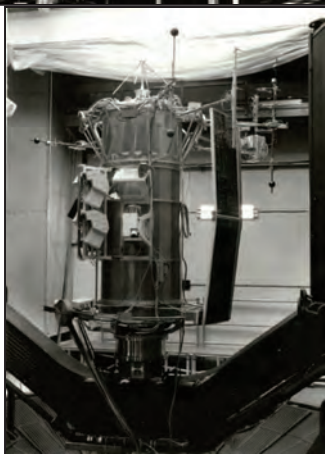
Le 21 septembre 1981, le lanceur soviétique Tsiklon-3 emporte avec succès dans l'espace Oreol-3 qui rejoint une orbite elliptique quasi polaire comprise entre 380 km (périgée) et 1 920 km (apogée), avec une inclinaison de 82,6°. Petit bémol dans le déroulement des opérations : les spécialistes français n'ont pas pu être présents lors du lancement car celui-ci a eu lieu non pas à Kasputine-Yar, mais à Plesetsk dont l'accès est interdit aux étrangers.(35) Quant au satellite, malgré quelques coupures de



Calculateur Crouzet CN 2B.



Arcad-3 dans les simulateurs à Toulouse.



l'alimentation du calculateur de bord, il fonctionne correctement pendant plusieurs années. Prévu pour une durée initiale de 6 mois, la mission Arcad 3 / Oreol 3 est prolongée à plusieurs reprises jusqu'en 1986, date à laquelle s'arrêtent de fonctionner les derniers instruments scientifiques.(36)

Bilan

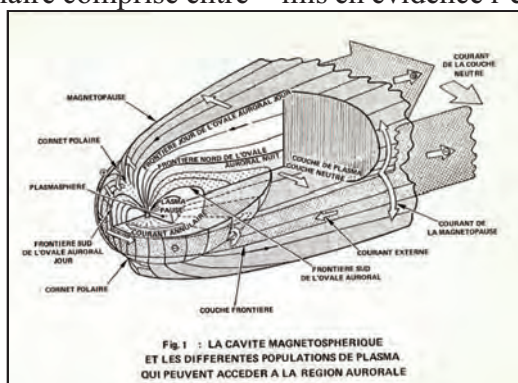
La mission Arcad-3 a été un grand succès à plusieurs niveaux. Premièrement, en termes de relations, les scientifiques français et soviétiques ont travaillé en bonne entente, nouant de véritables amitiés. Christian Beghin, chercheur principal de l'expérience Isoprobe, se souvient

de « la coopération avec nos amis russes [pour laquelle] j'ai toujours ressenti les liens culturels qui nous unissent sans comparaison avec les relations scientifiques plus traditionnelles que j'ai eues ailleurs. Avec Youri [Galperine], ce sentiment fut exceptionnel (...) nos relations étaient sincères franches et toujours empruntées de sa part d'une diplomatie à toute épreuve ».(37) Rostislav Kovrazhine, chercheur principal de Kukushka, ne dit pas autre chose : « Sur Aureol-3 il y avait beaucoup d'équipements scientifiques nouveaux (...). Les expériences

représentaient un vrai laboratoire scientifique. Sur ce projet, nous nous comportons non seulement comme des partenaires et des collègues, mais aussi comme des amis ».(38)

Deuxièmement, les données récoltées par le satellite sont considérables. Elles ont donné lieu à de nombreuses publications dans diverses revues scientifiques et des congrès internationaux. Concernant la magnétosphère, les instruments d'Arcad-3 ont notamment mis en évidence l'échappement de l'ionosphère d'ions

suprathermiques à l'intérieur de la plasmasphère, en zone aurorale et dans les calottes polaires, mis en exergue les courants alignés au champ magnétique (à très petite échelle) lors de la traversée d'aurores discrètes, a renforcé les connaissances sur la propagation des ondes TBF, le vent solaire, l'électrodynamique aurorale, etc.(39)



Champ d'étude d'Arcad-3.

Enfin, suite au succès d’Arcad-3, les Soviétiques invitent les Français à participer aux missions Interball-1 et 2 pour lesquelles s’investit une importante communauté scientifique provenant de nombreux pays. Les deux satellites seront respectivement lancés les 3 août 1995 et 29 août 1996, pour en savoir plus sur le comportement du plasma dans la magnétosphère terrestre, ainsi que le vent solaire qui la contourne.

Nota

1 Les précédents ont été : Oreol-1 (scientifique, 27/12/1971), SRET-1 (technologique, 04/04/1972), Oreol-2 (26/12/1973), SRET-2 (05/06/1975), Signe-3 (scientifique, 17/06/1977). Précisons que les Oreol utilisent des plateformes soviétiques, les autres sont françaises.

2 Il s’agit du Cosmos 122, cinquième satellite expérimental russe pour la météorologie, précurseur de la série Meteor 1.

3 Précisons que des démarches sont entamées dès 1965 pour établir une coopération spatiale franco-soviétique. En juin, le Conseil des ministres d’URSS accepte notamment de lancer un satellite français par un lanceur soviétique. Voir LARDIER Christian, «50 ans de coopération franco-Urss/Russie», in bulletin Espace & Temps n°16, février 2016.

4 Voyage en URSS, reportage, 1^{er} juillet 1966, ORTF, site INA, <https://fresques.ina.fr/de-gaulle/fiche-media/Gaulle00258/voyage-en-urss.html>

5 Et des sondes d’exploration comme avec l’astromobile soviétique Lunokhod 1 qui, le 17 novembre 1970, se pose sur la Lune avec un réflecteur laser français (permettant de mesurer la distance Terre-Lune), premier instrument occidental placé dans un engin soviétique. Des instruments volent également à bord des stations orbitales (ex. Piramig dans Saliout 7, juin 1982).

6 Par exemple, quatre fusées-sondes Dragon en Terre Adélie en janvier 1967, trois Dragon aux Kerguelen en mars-avril 1968.

7 «Une lettre du directeur scientifique du projet», après l’annulation du projet de satellite scientifique Roseau, in Le Monde, 14 février 1969.

8 Situé à Saint-Maur-des-Fossés et à Issy-les-Moulineaux, le GRI est un laboratoire de recherche du CNRS formé en 1961 par André Lebeau (qui le dirige jusqu’en 1964, puis passe au CNES en 1965 où il devient directeur des programmes et du plan). En 1973, le groupe de Saint-Maur devient le Laboratoire de géophysique externe (LGE) et intègre Orléans. En 1981, naît le Centre de recherches en physique de l’environnement (CRPE) qui prend la suite du LGE et qui est implanté à la fois à Orléans et dans la région parisienne. Concernant cette dernière, le groupe se trans-

forme en 1992 en Centre d’étude des environnements terrestres et planétaires (CETP), jusqu’en 2009 date à laquelle il se sépare en deux intégrant pour l’un le Laboratoire de physique des plasmas (LPP), pour l’autre le Laboratoire atmosphères, observations spatiales (LATMOS). Quant à la branche orléanaise, elle devient en 1982 le Laboratoire de physique et de chimie de l’environnement (LPCE) qui à son tour mute en 2009/11 en Laboratoire de Physique et Chimie de l’Environnement et de l’Espace (LPC2E).

9 Le Centre d’Etude Spatiale des Rayonnements est créé en 1964 à Toulouse par Francis Cambou. Il intègre le 1er janvier 2011 l’Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie (IRAP).

10 Créée le 19 décembre 1961, le Centre National d’Études Spatiales est l’agence spatiale française.

11 Créé le 4 mai 1944, le Centre National d’Études des Télécommunications est un laboratoire français de recherche en télécommunications.

12 Film franco-soviétique sur les 50 ans de la coopération spatiale franco-soviétique (1966-1976), Cnes/Roscosmos, 2016, disponible sur le site du Cnes : https://videotheque.cnes.fr/index.php?urlaction=doc&id_doc=33312&rang=1&id_cat=2899

13 «Une lettre du directeur scientifique du projet», op.cit.

14 Dans un des laboratoires de l’Université de Toulouse, Francis Cambou a travaillé sur une des expériences devant être embarquée dans Roseau.

15 Collectif d’auteurs, 50 ans de coopération spatiale France-URSS/Russie. Genèse et évolutions 1966-2016, sous la direction d’Arlène Ammar-Israël, éditions Tessier & Ashpool, IFHE, 2015, p.132.

16 Le projet franco-soviétique ARCAD 3, dossier de presse du CNES, septembre 1981, pp.3-4.

17 Idem.

18 IKI ou Institut de recherche spatiale de l’Académie des sciences de l’URSS est créé le 15 mai 1965, confié au physicien Gueorgui Petrov (jusqu’en 1973).

19 Izmiran ou Institut Pouchkov de magnétisme terrestre, d’ionosphère et de propagation des ondes radio a été fondé le 11 octobre 1939 par le géophysicien Nikolaï Pouchkov.

20 Voir note 8.

21 50 ans de coopération spatiale France-URSS/Russie. Genèse et évolutions 1966-2016, op.cit., p155.

22 Les expériences Spectro regroupent trois spectromètres : ION (pour les ions thermiques et suprathermiques), TBE (pour les électrons et les protons de Très Basse Energie), ROBE (pour les particules de faible énergie) ; chercheur principal : Jean-Michel Bosqued (CESR).

23 Isoprobe (Ionospheric Self Oscillating Probe) est une sonde interférométrique disposant de deux sondes (Probe) appelées ISO-1 et ISO-2 ; chercheur principal : Christian Beghin (LPCE).

24 Dyction pour DYnamique Composition et Température des IONs ; chercheur principal : Jean-Jacques Berthelier (CRPE).

25 Kukushka est composé de détecteurs de particules molles (deux détecteurs de protons, deux d'électrons) ; chercheur principal : Rostislav Kovrazhkin (IKI).

26 Pietstchanka est constitué de détecteurs à semi-conducteurs ; chercheur principal : Rostislav Kovrazhkin. Précisons que l'instrument Corrélomètre permet l'analyse croisée et l'autocorrélation des mesures de Pietstchanka et Kukushka ; chercheur principal : Youri Galperin.

27 FON est un détecteur d'électrons et de protons ; chercheur principal : A. Bolunova (IKI).

28 Altaïr dispose de trois photomètres pour les mesures aurorales, le quatrième sert de senseur stellaire pour la restitution d'altitude ; chercheur principal : Alexander Kuzmin (IKI).

29 Trac est un magnétomètre soviétique pour l'étude des courants alignés à partir de l'analyse des perturbations du champ magnétique ; chercheurs principaux : Jean-Jacques Berthelier et Vladimir Gladishev

(IKI).

30 TBF pour des mesures complètes des champs d'ondes électriques avec ISO-F et des ondes magnétiques avec ISO-M ; chercheurs principaux : Oleg Molchanov (Izmiran), Jean-Jacques Berthelier et François Lefeuvre (GRI/LPCE).

31 Le projet franco-soviétique ARCAD 3, dossier de presse du CNES, non daté, pp.8-9. Voir aussi le site consacré à Arcad-3 de l'IKI, <https://iki.cosmos.ru/en/research/missions/arcad-3>

32 «Un calculateur Crouzet CN2B pour l'expérience Arcade-3», in Air & Cosmos.

33 Le projet franco-soviétique ARCAD3, dossier de presse du CNES, op.cit., p17.

34 LANGEREUX Pierre, «Expériences franco-soviétiques dans la magnétosphère avec Arcad-3», in Air et Cosmos n°869, 18 juillet 1981, p.53.

35 LANGEREUX Pierre, «Expériences franco-soviétiques dans la magnétosphère avec Arcad-3», in Air et Cosmos n°869, 18 juillet 1981, p.53.

36 Par exemple, les instruments Spectro, TBF, Trac et Isoprobe ne livrent plus de données respectivement en décembre 1983, juin 1984 et mars 1986 (pour les deux derniers).

37 Témoignage de Chritian Beghin, in 50 ans de coopération spatiale France-URSS/Russie. Genèse et évo-

Hermès : le rêve inachevé de l'Europe spatiale habitée

par Patrice Lille, membre de l'IFHE

Dans les années 1980, l'Europe a failli rejoindre le cercle très restreint des puissances capables d'envoyer leurs astronautes en orbite à bord d'un véhicule conçu et développé de manière autonome. Ce véhicule portait un nom chargé de symboles : Hermès, le messager des dieux de la mythologie grecque.

Visionnaire, ambitieux, peut-être même en avance sur son temps, le programme Hermès demeure aujourd'hui l'un des projets les plus fascinants de l'histoire spatiale européenne. Alors que l'Europe réfléchit à nouveau aux moyens de garantir un accès indépendant à l'espace habité, son souvenir réapparaît comme une évidence : le continent a déjà été tout près de franchir ce cap. Bien qu'il n'ait jamais dépassé le stade des études avancées, Hermès continue d'alimenter un débat toujours actuel : l'Europe doit-elle disposer de sa propre capacité de transport d'astronautes ?

Les origines d'une ambition européenne

L'idée d'un véhicule spatial habité européen ne naît pas avec Hermès. Dès le milieu des années

1970, plusieurs réflexions émergent autour de la possibilité pour l'Europe de développer une capacité autonome de vol habité. En 1975, lors d'un séminaire organisé par la direction des lanceurs du CNES à Beaugency, plusieurs concepts de mini-navettes associées au futur lanceur Ariane sont évoqués. Deux ans plus tard, le CNES engage officiellement une étude de faisabilité sur un avion spatial réutilisable qui prendra bientôt le nom d'Hermès.

Au début des années 1980, le projet s'inscrit dans la perspective du programme Columbus de l'Agence spatiale européenne (ESA). Le véhicule est alors conçu pour desservir une station orbitale de type Man-Tended Free Flyer (MTFF), développée principalement par les industries allemande et italienne.

L'ambition prend rapidement de l'ampleur. En 1984, Hermès est devenu une véritable mini-navette spatiale capable de transporter un équipage de quatre à six astronautes ainsi qu'une charge utile d'environ 4,5 tonnes. Cette évolution entraîne cependant une conséquence majeure : ce

véhicule est désormais trop lourd pour être lancé par Ariane-4.

Cette contrainte conduit le CNES et ses partenaires à envisager un nouveau lanceur lourd pour les années 1990. Les études convergent progressivement vers ce qui deviendra Ariane-5. De fait, les exigences d'Hermès constitueront l'un des principaux moteurs de définition du futur lanceur européen.

Un système spatial complet

Face à l'augmentation des coûts et à l'ampleur du programme, il est décidé de placer Hermès sous maîtrise d'œuvre européenne. Le projet est officiellement approuvé lors de la conférence ministérielle de l'ESA de novembre 1987. Une première phase de pré-développement est alors engagée pour la période 1988-1990, avant une éventuelle décision de développement complet. Hermès ne se limitait pas à une simple navette spatiale. Le programme reposait sur un système global comprenant un segment spatial et un segment sol.

Le segment spatial associait la navette proprement dite, longue d'environ 16 mètres, baptisée Hermès Space Plane (HSP), et un Hermès Resource Module (HRM) non récupérable. Après sa mission orbitale, la navette devait revenir sur Terre en effectuant une rentrée atmosphérique suivie d'un vol plané jusqu'à son site d'atterrissage.

Le lancement devait être assuré par une version renforcée d'Ariane-5, équipée d'un étage principal cryotechnique propulsé par le moteur Vulcain et de deux puissants propulseurs d'appoint à poudre. Selon les configurations étudiées, la masse du véhicule variait entre 10 et 20 tonnes, la version finale atteignant environ 21 tonnes au décollage, soit la limite supérieure des performances envisagées pour Ariane-5. Hermès devait embarquer trois astronautes et jusqu'à trois tonnes de fret pressurisé. Le véhicule était destiné à des missions de courte durée, de quelques jours à une semaine, soit en vol autonome autour de 200 kilomètres d'altitude, soit en desserte d'une station spatiale évoluant vers 400 kilomètres.

À l'arrière de la navette, le module de ressources non récupérable contenait notamment un compartiment de fret pressurisé ainsi que le système d'amarrage. Sa configuration pouvait être adaptée selon les besoins des missions et les exigences des futures infrastructures orbitales internationales.

Avec une flotte prévue de deux véhicules et des installations de maintenance implantées en Europe et en Guyane française, le système devait permettre jusqu'à trois missions par an. Chaque navette était conçue pour une durée de vie de quinze ans et environ trente vols.

Sécurité et défis technologiques

La sécurité occupait une place centrale dans la conception du programme. Un système d'éjection du véhicule hors du lanceur en cas d'urgence devait protéger l'équipage lors des phases critiques du lancement. Le retour sur Terre reposait sur un amerrissage sous parachutes, solution retenue pour limiter les risques.

Le programme faisait appel à plusieurs technologies particulièrement ambitieuses pour l'époque : protections thermiques de rentrée atmosphérique, matériaux à haute température, systèmes énergétiques embarqués, logiciels de bord critiques et commandes de vol avancées.

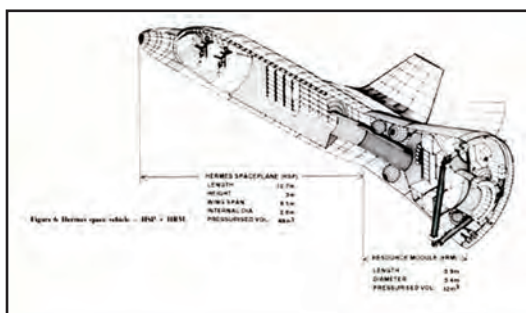
L'accident de la navette

américaine Challenger en janvier 1986 modifie profondément les exigences de sécurité. Plusieurs dispositifs supplémentaires sont étudiés, notamment une cabine d'équipage séparable du véhicule principal. Cette solution est finalement abandonnée au profit de sièges éjectables afin de limiter la masse globale du système.

Ces évolutions contribuent toutefois à accroître les coûts et la complexité du programme. Au début des années 1990, l'estimation budgétaire dépasse 14 milliards de francs, dont près de 9,5 milliards consacrés au développement du véhicule et à la construction de deux exemplaires.

L'abandon du programme

Initialement, un premier vol était envisagé à l'horizon 1998. Mais les retards techniques et les ré-



Configuration d'Hermès HSP/HRM



Ariane-5 avec Hermès 1991.

visions successives du projet repoussent progressivement l'échéance. En 1991, le calendrier prévoit désormais un vol automatique en 2002 suivi d'une mission habitée en 2003. Dans le même temps, le contexte géopolitique évolue profondément. La fin de la guerre froide, la réorientation des priorités budgétaires européennes et la montée en puissance de la coopération internationale autour de la future Station spatiale internationale remettent en question la pertinence d'un programme aussi coûteux.

En 1992, l'ESA décide finalement d'abandonner Hermès. Aucun exemplaire ne sera jamais construit.

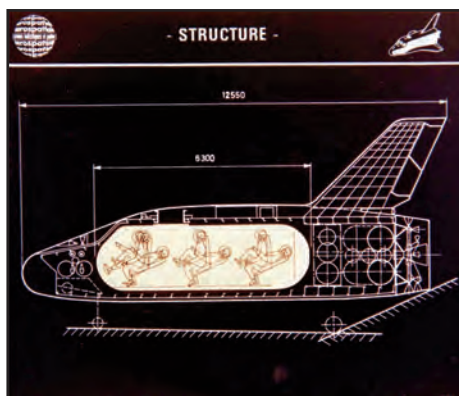
Un héritage durable

Au-delà de son échec apparent, Hermès a profondément marqué l'histoire spatiale européenne. Le programme a permis de structurer des compétences de haut niveau dans les domaines des véhicules orbitaux, de la rentrée atmosphérique, des systèmes de guidage et de la sécurité des vols habités.

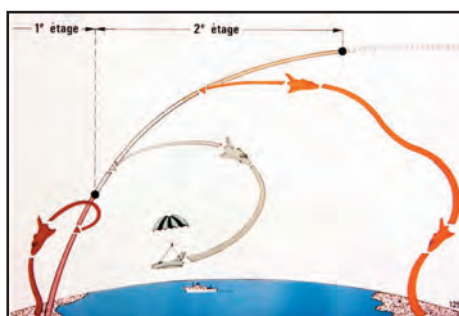
Son influence se retrouve dans plusieurs programmes ultérieurs, notamment l'Intermediate eXperimental Vehicle (IXV), démonstrateur de rentrée atmosphérique testé avec succès en 2015, puis le projet Space Rider, mini-navette automatisée destinée à des missions orbitales de longue durée.

Hermès a également laissé son empreinte sur le développement d'Ariane 5, dont certaines exigences de conception découlent directement des contraintes initialement définies pour le transport d'équipages.

Sur le plan stratégique, le programme a préparé l'Europe à jouer un rôle majeur dans les grands projets internationaux, notamment à travers sa participation à la Station spatiale internationale et au dévelop-



Structure d'hermès.



Récupération en fonction de l'altitude.



ESA Journal d'avril 1990.



Maquette de soufflerie.

pement du véhicule de ravitaillement automatique ATV.

Un débat toujours d'actualité
Hermès n'était pas seulement un véhicule spatial habité ; il représentait également l'une des premières tentatives européennes de maîtrise des technologies associées au vol hypersonique. En réunissant ingénieurs du spatial, spécialistes de l'aérodynamique, des matériaux haute température et des systèmes de pilotage avancés, le programme favorisait une convergence inédite des compétences. Au-delà de son objectif opérationnel, Hermès constituait ainsi un véritable laboratoire technologique dont les acquis auraient pu servir de socle au développement de futurs systèmes européens de transport spatial réutilisables.

Plus de trente ans après son abandon, la question qui avait donné naissance à Hermès demeure entière : l'Europe doit-elle disposer de son propre système de transport spatial habité ?

Si le vol habité européen ne constitue pas aujourd'hui une priorité officielle de l'ESA, les réflexions se poursuivent dans la perspective de l'après-Station spatiale internationale. Sous l'impulsion de son directeur général, Josef Aschbacher,

l'Agence spatiale européenne étudie différentes options permettant de préserver une capacité autonome d'accès à l'orbite pour les équipages et le fret. Dans ce contexte, plusieurs concepts émergent, dont le projet SUSIE (Smart Upper Stage for Innovative Exploration), proposé par ArianeGroup. Conçu comme un étage supérieur réutilisable et polyvalent, capable à terme d'effectuer aussi bien des missions orbitales que lunaires, SUSIE apparaît pour certains comme l'héritier lointain de l'ambition portée jadis par Hermès.

Aucun programme opérationnel n'a cependant

encore été décidé. Mais l'idée d'un accès européen autonome à l'espace habité demeure présente dans les réflexions stratégiques du continent.

Ainsi, bien qu'inachevé, Hermès continue d'exercer une influence durable sur les orientations spatiales européennes. Plus qu'un projet abandonné, il demeure le symbole d'une ambition qui n'a jamais totalement disparu : celle de permettre à l'Europe de rejoindre, par ses propres moyens, les nations capables d'envoyer des femmes et des hommes dans l'espace.

Notes

Archives historiques de l'Agence spatiale européenne (ESA), Florence, fonds PB-L (Launcher Programme Board), dossiers relatifs aux études de lanceurs habités européens, 1975-1978.

1. Centre national d'études spatiales (CNES), Direction des Lanceurs, «Séminaire de Beaugency», compte rendu interne, 1975.

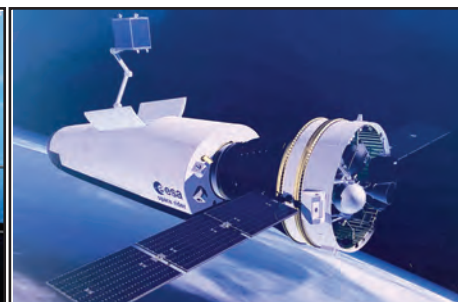
2. CNES, Étude de faisabilité d'un avion spatial européen, rapport préliminaire, Toulouse, 1977.

3. ESA, Programme Columbus, documentation préparatoire du projet Man-Tended Free Flyer (MTFF), ESTEC, Noordwijk, 1982-1985.

4. ESA, Conseil ministériel de Rome, Résolutions relatives aux programmes Ariane 5 et Hermès, novembre 1985.



Véhicule IXV.



Space Rider

5. ESA, PB-ARIANE, «Ariane 5 Definition Phase», série de rapports techniques et industriels, 1984-1987.

6. ESA, PB-MSA (Manned Spaceflight and Microgravity Programme Board), dossier Hermès, réunions des 12-13 novembre 1987.

7. ESA, Hermes Spaceplane Reference Configuration, ESA SP-1097, Paris, 1988.

8. ESA, Hermes Programme Declaration and Development Plan, Conseil de l'ESA, décembre 1987.

9. Commission européenne et ESA, European Long-Term Space Plan 1987-2000, Bruxelles-Paris, 1987.

10. Roger-Maurice Bonnet, Vittorio Cotesta et André Lebeau, Europe in Space, Harvard University Press, 1994, p. 221-235.

11. ESA, «Impact of the Challenger Accident on Hermes Safety Requirements», PB-MSA Working Paper, 1986-1988.

12. ESA, Conseil ministériel de Grenade, documents préparatoires relatifs à la révision du programme Hermès, 1991.

Il y a 60 ans, Lunar Orbiter-1 première sonde lunaire orbitale américaine

par Yves Blin, secrétaire général de l'IFHE

La décision du président américain John Fitzgerald Kennedy de relever le défi de poser un homme sur la Lune avant la fin de la décennie 1960 a conduit la NASA à développer deux programmes de sondes automatiques lunaires afin de collecter de multiples données concernant l'environnement lunaire tant au sol qu'en orbite. Le programme Lunar Orbiter est le programme de sondes orbitales. C'est la société Boeing qui est finalement retenue pour développer 5 sondes. Le contrat est formellement signé le 10 mai 1964.

La première sonde Lunar Orbiter-1 est lancée avec succès le 10 août 1966.



Fig 1 : Lancement Lunar Orbiter-1 le 10 août 1966.

1 - Les objectifs du programme Lunar Orbiter

Le programme a un double objectif :

- Une caractérisation de l'environnement lunaire dans le but d'affiner la cartographie du champ gravitationnel de notre satellite naturel mais aussi de connaître le flux de particules météoritiques et de particules chargées en orbite lunaire,

- Une cartographie de la surface lunaire tant au niveau de la face visible que de la face cachée dans un double but. Le premier est de pouvoir aider les responsables du programme Apollo de choisir les sites

d'atterrissage. Dans ce cadre Lunar Orbiter doit notamment photographier 9 sites sur la face visi-

ble de la Lune. Le second est de pouvoir recenser des éléments caractéristiques de la surface lunaire qui puissent servir de points de repères pour les astronautes alors qu'ils sont en orbite et à la NASA d'affiner les paramètres orbitaux.

2 – La sonde Lunar Orbiter-1

La technologie employée sur Lunar Orbiter est directement dérivée de celle retenue pour les sondes Mariner.

La sonde Lunar Orbiter a une masse au décollage de 383 kg. Sous la coiffe de son lanceur Atlas-Agena-D la sonde s'inscrit dans un volume cylindrique de 1,5 m de diamètre et de 1,65 m de hauteur. Après l'insertion sur sa trajectoire Terre- Lune la sonde voit son envergure passée à 5,6 mètres après le déploiement de ses 4 panneaux solaires et de ses antennes de télécommunications. Chaque panneau solaire comprend 2714 cellules photovoltaïques. Les 4 générateurs solaires fournissent une puissance électrique totale de 375 m sous 31 volts. Une partie de cette énergie sert à maintenir chargée une batterie Nickel-Cadmium constituée de deux modules identiques de 10 éléments. Cette batterie, d'une capacité de 22 ampères-heures, délivre une tension de 22 volts. Le système de télécommunication fonctionne en bande S. Pour les liaisons descendantes (sonde – station terrestre) le signal de transmission est centré sur 2 295 MHz alors que les liaisons montantes (télécommande sonde) la fréquence centrale est de 2 110 MHz. Deux émetteurs sont installés à bord de la sonde. Un émetteur de haute puissance de 10 Watts, couplé à une antenne parabolique orientable de 1 mètre de diamètre montée sur une perche de 1,32 mètre, est dédié à la transmission des données photographiques. Un émetteur, de plus faible puissance (0,5 Watt), est couplé à une antenne omnidirectionnelle installée sur une perche de 2,08 mètres. Cet émetteur est dédié à la transmission des données télémétriques et à la poursuite de la sonde pour les mesures orbitographiques. Cette antenne omnidirectionnelle est aussi couplée au récepteur du système de télécommande. Le système de contrôle d'attitude est constitué

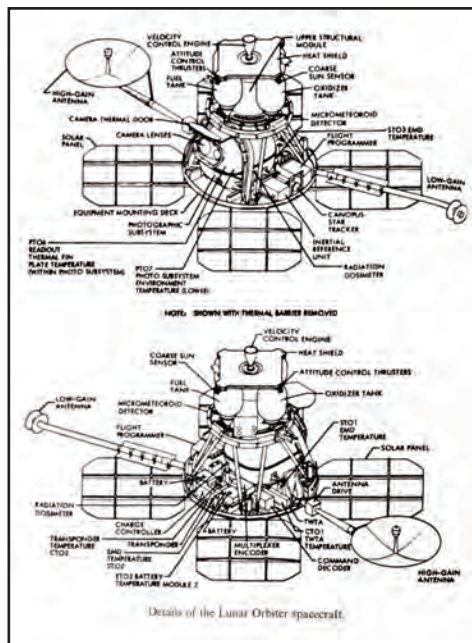


Fig2 : Vues détaillées sonde Lunar Orbiter-1.

de senseurs solaires, d'un senseur de l'étoile Canopus, d'une centrale inertielle d'une masse de 6 kg et d'un système de quatre paires de micropropulseurs d'une poussée unitaire de 2,2 N couplée au réservoir pressurisé contenant de l'azote qui sert aussi à la pressurisation du système de propulsion principal. Le système de propulsion principal est constitué d'un moteur-fusée bi-liquide délivrant une poussée de 445 Newtons qui est alimenté par 2 réservoirs d'hydrazine et 2 réservoirs de tétraoxyde d'azote. Ce système propulsif est en charge des opérations de manœuvres de

correction de trajectoire pendant le transit Terre-Lune et les manœuvres d'insertion en orbite lunaire et les manœuvres de correction ultérieures. La charge utile de Lunar Orbiter-1 comprend un détecteur de météorite, une expérience de mesure des radiations et le système de prises de vue photographique.

Le détecteur de météorites dispose de 20 demi-cylindres, longs de 20 cm, dont les extrémités sont fermées par des feuilles de cuivre-béryllium dont l'épaisseur n'est que 25 microns. Ils contiennent de l'hélium qui s'échappe lorsqu'une météorite perce une des feuilles. La fuite de gaz est mesurée grâce à de minuscules capsules barométriques.

L'expérience de mesure des radiations a un double objectif : protéger le film photographique et évaluer les risques liés aux particules chargées pour les futurs astronautes d'Apollo. Le système se compose principalement de deux dosimètres distincts :

- * Un dosimètre d'épaisseur équivalente au blindage du film : Équipé d'un détecteur à semi-conducteur en silicium (avec une protection de 0,17 g/cm²), il mesurait la quantité de radiations qui parvenait jusqu'à la pellicule non développée.
- * Un dosimètre d'épaisseur équivalente au blindage d'Apollo : Doté d'une protection plus lourde (0,35 g/cm²), il simulait la protection dont bénéficieraient les astronautes dans leur cabine pour mesurer les doses de radiations.

Le système photographique, d'une masse totale de 68 kg, est contenu dans une «baignoire» en

aluminium de forme ellipsoïdale de la taille d'une grande valise. Il est fixé sur la plateforme principale de la structure de la sonde par quatre barres pour minimiser la conduction thermique. L'appareil est totalement immergé dans l'azote dans une enceinte pressurisée. Les deux objectifs de la caméra observent à travers des fenêtres en quartz. Ces objectifs sont par ailleurs protégés par une porte qui s'ouvre pour une séance photographique et se referme immédiatement après. La porte a pour objectif d'éliminer toute lumière qui pourrait «voiler» le film stocké dans les boucles entre les différents sous-ensembles de la caméra. Cette porte permet aussi de maintenir maintenant les lentilles à une température uniforme afin d'éviter toute distorsion thermique des optiques. La caméra dispose donc de deux objectifs. Le premier, grand angulaire, qui permet lorsque la sonde est à 45 km au-dessus de la surface lunaire de couvrir une zone au sol de 37 x 90 km avec une résolution au sol de 8 mètres. Le second, petit angulaire, fait office de téléobjectif et couvre une zone de 16 x 64 km avec une résolution de 1 mètre. Les images pouvant être prises à 2,5 s d'intervalle (temps pendant lequel la sonde parcourt 5 km), il est donc possible d'obtenir un recouvrement des images prises par le téléobjectif et ainsi reconstruire des bandes de terrain en haute résolution. Compte tenu de la trace orbitale de la sonde il est possible d'obtenir un recouvrement d'images prises au cours de deux révolutions consécutives permettant d'obtenir des images stéréographiques.



Fig 3 : Système photographique Lunar Orbiter.

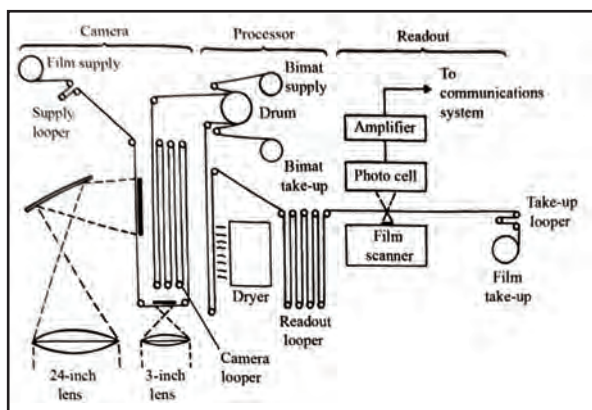


Fig 4 : Schéma de principe système photographique Lunar Orbiter.

partie du film puisse être impressionnée deux fois. Bien que le film utilisé soit d'une bonne sensibilité, les prises de vue nécessitent une pose devant durer de $1/25^e$ à $1/100^e$ de seconde. Or au périlune de sa trajectoire Lunar Orbiter a une vitesse de l'ordre de 2 m/s. Il s'ensuit que pendant un temps de pose de $1/100^e$ s l'engin se déplace de 20 m et de 80 m si le temps d'exposition est de $1/25^e$ s. On comprend que ceci n'est pas compatible avec l'objectif d'obtenir avec le téléobjectif des images d'une résolution au sol d'un mètre. Ainsi il est nécessaire que pendant la pose le film soit translaté à une vitesse permettant de compenser le défilement des paysages lunaires pour obtenir une image non flée. Ce défilement du film met en œuvre un servomoteur à vitesse réglable. La vitesse de rotation de ce moteur est pilotée par un dispositif électronique baptisé V/H (Velocity/Height). Ce dispo-

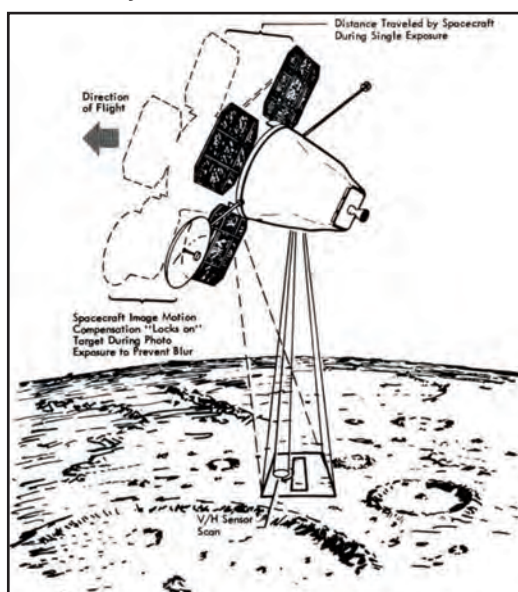


Fig 5 : Système V/H Lunar Orbiter.

A la différence des images télévisées réalisées par les sondes Ranger et Surveyor, Lunar Orbiter prend des photographies sur film argentique afin d'avoir une trame plus fine. Le système photographique embarque un rouleau de film (KODAK SO-243) de 70 mm de largeur et d'une longueur de 60 m permettant de réaliser un maximum de 212 prises de vue. Le transport du film dans la caméra est réalisé par un astucieux système de boucle dont la géométrie permet par ailleurs de projeter simultanément sur le film l'image prise par téléobjectif via un miroir et directement l'image donnée par l'objectif grand angulaire. Le dispositif d'avancement du film est conçu pour éviter qu'une

partie du film puisse être impressionnée deux fois. Bien que le film utilisé soit d'une bonne sensibilité, les prises de vue nécessitent une pose devant durer de $1/25^e$ à $1/100^e$ de seconde. Or au périlune de sa trajectoire Lunar Orbiter a une vitesse de l'ordre de 2 m/s. Il s'ensuit que pendant un temps de pose de $1/100^e$ s l'engin se déplace de 20 m et de 80 m si le temps d'exposition est de $1/25^e$ s. On comprend que ceci n'est pas compatible avec l'objectif d'obtenir avec le téléobjectif des images d'une résolution au sol d'un mètre. Ainsi il est nécessaire que pendant la pose le film soit translaté à une vitesse permettant de compenser le défilement des paysages lunaires pour obtenir une image non flée. Ce défilement du film met en œuvre un servomoteur à vitesse réglable. La vitesse de rotation de ce moteur est pilotée par un dispositif électronique baptisé V/H (Velocity/Height). Ce dispo-

Fig 6 : Système de

Quand une prise de vue est réalisée, la partie «impressionnée» du film est alors traitée via un dispositif automatique de fixation des sels d'argent puis de séchage. Dans un second temps est réalisé le balayage du négatif par transparence. La lumière pour le balayage est générée via l'impact d'un jet d'électrons sur un tambour enduit d'une substance phosphorescente. Cette lumière est focalisée sur le film pour constituer une tache dont le diamètre ne dépasse pas quelques microns permettant un balayage de 17 000 lignes des 70 mm de largeur du film. L'exploration du film a lieu par tranches successives de 2,5 mm seulement pour limiter le débit des données images à transmettre aux stations terrestres du réseau DSN (Deep Space Network) de la NASA.

La fusée Atlas-Agena-D emportant à son bord la sonde Lunar Orbiter décolle du pas de tir n°13de Cape Kennedy le 10 août 1966 à 19 h 26 mn 01 s GMT. L'étage Agena-D se place à 19 h 34 mn 44 s GMT sur une orbite de parking quasi-circulaire à 190 km d'altitude. Il est rallumé à 20 h 02 mn 35 s GMT pour une durée de 89 secondes pour placer Lunar Orbiter-1 sur sa trajectoire translunaire. La sonde se désolidarise de l'étage Agena-D à 20 h 06 mn 48 s GMT.

Cette séparation acquise la sonde déploie ses 4 panneaux solaires et ses antennes grande et petit gain avant de manœuvrer autour de son centre de gravité pour caler son senseur solaire sur notre étoile. Après six heures de vol sur la trajectoire Terre-Lune, les ingénieurs commande une mise en roulis de l'engin afin de permettre au senseur stellaire de se caler sur l'étoile Canopus qui est la deuxième référence nécessaire pour permettre

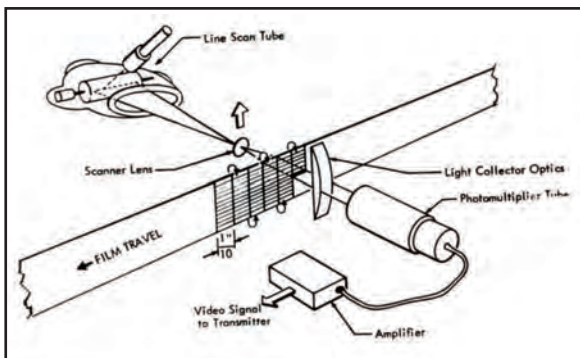


Fig 6 : Système de scan film Lunar orbiter.

une connaissance précise de l'attitude de la sonde et initialiser la centrale inertielle. Hélas des lumières parasites dues à des réflexions du rayonnement solaire sur une partie de la structure de la sonde perturbent le fonctionnement du senseur stellaire qui n'arrive pas à se caler sur

l'étoile Canopus. Dans la soirée du 11 août les ingénieurs décident de caler le senseur stellaire sur la Lune. La conséquence est une moins bonne précision de pointage de la sonde qui n'affecte finalement pas l'efficacité de la manœuvre de correction de trajectoire qui est réalisée, à partir du 12 août à 0 h 00 mn GMT, pendant une durée de 32 secondes et qui modifie de 38 m/s la vitesse de Lunar Orbiter 1. En effet la manœuvre permet de placer l'engin sur une trajectoire sur lequel le point d'insertion en orbite lunaire est à seulement 10 Km du point nominal.

Normalement pendant la phase de transit Terre-Lune il est prévu que la sonde ait son axe longitudinal est pointé vers le Soleil. Cependant il s'avère que dans cette attitude la température à l'intérieur de la sonde est au-dessus de ce qui est prévu. Il est donc décidé de désaxer cet axe longitudinal de 36° par rapport au Soleil.

Le moteur de Lunar Orbiter-1 est mis à feu le 14 août à 15 h 34 mn GMT pour une durée de 579 s afin de permettre l'insertion sur une orbite lunaire dont le périlune est à 188 km d'altitude au-dessus de la surface lunaire et un apolune à 1 868 km du sol lunaire inclinée à 12,2°. Cette orbite très proche de l'orbite nominale permet de débiter les opérations lunaires dans les meilleures conditions. Le 15 août les ingénieurs testent le système de traitement image à bord en

lançant la lecture d'une image test qui avait été «pré-enregistrée» au sol sur le film (image réalisée par une sonde Ranger).

Les problèmes de contrôle thermique dûs à une détérioration du revêtement extérieur (peinture) de la sonde qui se révèlent continuent jusqu'au 18 août date à laquelle une anoma-

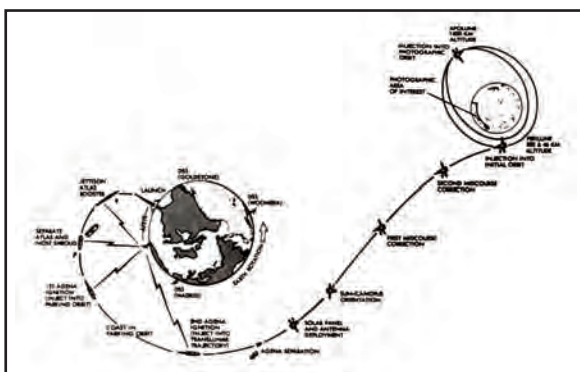


Fig 7 : Séquence nominale d'évènements mission Lunar Orbiter.

lie électrique sans conséquence majeure pour l'engin permet de résoudre le problème de surchauffe.

Ainsi le 18 août la sonde se trouve dans un état globalement satisfaisant permettant de lancer le premier test du système photographique avec comme objectif

Mare Smythii située au niveau de l'équateur sur le limbe Est de la face visible de la Terre. Si l'image prise via l'objectif grand angulaire se révèle de bonne qualité, il n'en est rien pour celle réalisée avec le téléobjectif qui se révèle floutée. Rapidement les ingénieurs incriminent le dispositif V/H et les conclusions ne tardent pas que Lunar Orbiter-1 est dans l'incapacité de réaliser des images haute résolution des sites Apollo. Il est donc décidé d'abaisser le périlune afin de permettre d'avoir une meilleure résolution avec l'objectif grand angulaire.

Une première manœuvre à 9 h 50 mn GMT le 21 août permet d'abaisser le périlune à 58 km d'altitude. Puis une seconde manœuvre intervient le 25 août à 16 h 01 GMT pour descendre le périlune à 39 km d'altitude.

Le 23 août la NASA programme la sonde pour qu'elle puisse photographier la Terre au-dessus du limbe lunaire. Cette image est sans nul doute l'image iconique de cette mission.

La dernière prise de vue est réalisée le 29 août à

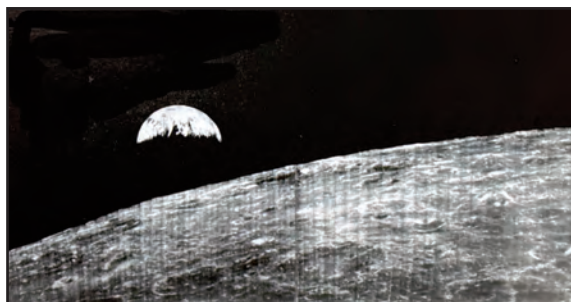


Fig 6 : Vue de la Terre prise par Lunar orbiter le 23 août 1966

13 h 23 mn GMT sur la dernière cible «Apollo». Une relecture complète des 205 photographies réalisées débute le même jour à partir de 20 h 42 mn GMT pour se finir le 16 septembre à 21 h 18 mn GMT.

La mission de Lunar Orbiter-1 va se poursuivre pour

accumuler des données d'ingénierie sur la sonde. Les anomalies s'accumulant sur l'engin et afin d'éviter toute inférence avec la mission de la sonde Lunar Orbiter 2 la NASA commande une dernière fois la mise à feu du moteur le 29 octobre 1966 qui conduit au crash de la sonde sur la face cachée de la Lune (6,7° N / 162° E).

Malgré la déception liée au dysfonctionnement du système de prise de vue haute résolution, la qualité des images moyenne résolution, la capacité des équipes de la NASA de gérer le programme de prises de vue et les manœuvres orbitales nous permettent de dire que la sonde Lunar Orbiter-1 aura bien rempli sa mission.

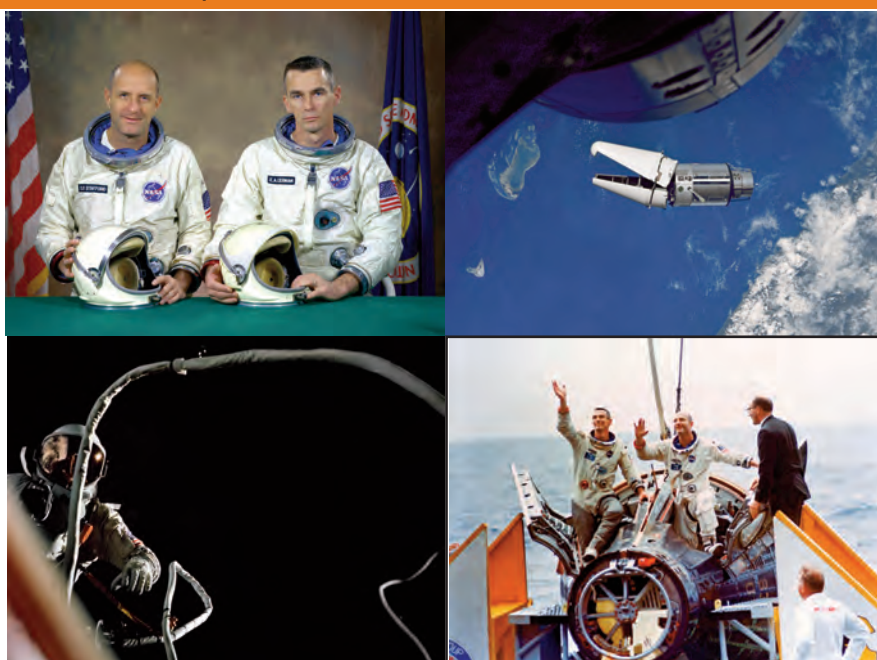
Sources :

- Revue Air & Cosmos (N° 147, 149, 162, 163, 164, 172)
- Revue Aviation Week (25/04/1966, 8/8/1966, 15/08/1966, 22/8/1966, 29/08/1966, 10/10/1966, 24/10/1966, 14/11/1966)
- Paving the way for Apollo 11 – David M. Harland – Springer/Praxis

60 ans de Gemini-9

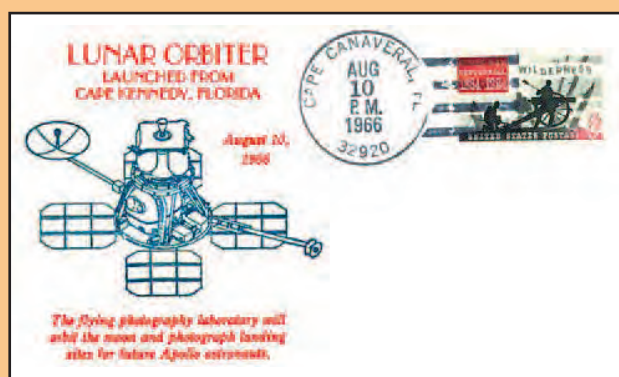
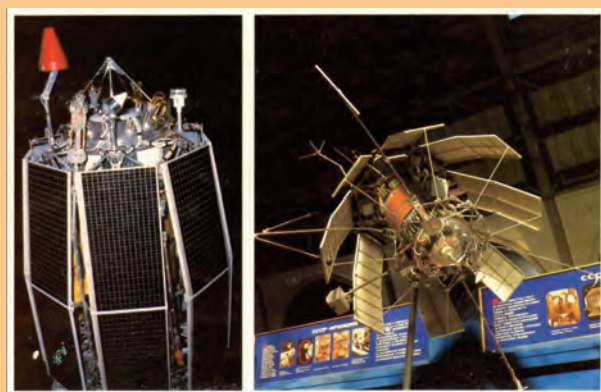
par Christian Lardier, président de l'IFHE

Le 3/6/66, il y a 60 ans, c'était le lancement de Gemini-9. Le 17/5, une Atlas-Agena-D avait lancé une cible (3175 kg) pour Gemini-9 (3750 kg), mais c'était l'échec à la 130^e sec de vol. Une cible de substitution ATDA est lancée par une Atlas-D le 1/6, mais la coiffe de protection ne s'est pas éjectée correctement et empêche tout amarrage. L'équipage comprend Thomas Stafford et Eugene Cernan (doublures : Lovell et Aldrin). Ils effectuent trois rendez-vous avec l'ATDA et une sortie extra-véhiculaire de 2 h 09. Cernan est relié au vaisseau par un cordon ombilical de 7,5 m. Il n'aura pas le temps de tester le fauteuil spatial AMU (69 kg). L'amerrissage intervient à 550 km à l'est de Cap Canaveral. La mission n'a duré que 3 j 00 h 20 min.



Les anniversaires astrophilatéliques

par Yves Monier, membre de l'IFHE



L'ASSOCIATION ASTROPHILATELIQUE DE FRANCE dite 2AF

Fondée en 2001, l'Association est dirigée par Yves Monier, ancien du C2F, depuis 2017. Elle a un bulletin (Le Cosmophil), un site internet, des outils numériques comme un CD-ROM et un catalogue spécialisé d'enveloppes Européennes (Le Guérin).
site : <https://www.astrophilatelie-de-france.fr>
Contact : 2af@astrophilatelie-de-france.fr

Les décorations du spatial français

par Christian Lardier, président de l'IFHE

Diamant-BP4 et Symphonie

En janvier 1976, 21 personnes ont été décorées pour deux succès spatiaux : le programme de lanceur Diamant-BP4 et le satellite de télécommunications franco-allemand Symphonie.

Légion d'honneur :

Officier :

Michel Bignier (8/2/1926-12/10/2006), fils de Jean Bignier, administrateur de sociétés et Suzanne née Fontaine, termine les lycées Condorcet et Saint-Louis à Paris, puis l'Ecole polytechnique en 1947, l'Ecole nationale supérieure de l'aéronautique en 1952 et l'Ecole nationale supérieure des télécommunications en 1953. Il commence sa carrière comme ingénieur au Centre d'essais en vol (CEV) en 1953/57, sous-directeur technique Air du Centre inter-armées d'essais d'engins spéciaux (CIEES) à Hammaguir en 1957/60, chargé de mission à l'Etat-major général de la Défense nationale en 1960/61, secrétaire général du Comité de recherches spatiales (CRS) en 1961/62, puis entre au Cnes comme directeur des affaires internationales et des relations extérieures en 1962/72, inspecteur général en 1969/72, directeur général en 1972/76. En juin 1976, il démissionne de ce poste suite à un sérieux conflit avec les syndicats, puis rejoint l'ESA en octobre 1976. Là, il est directeur du programme Spacelab en 1976/80, puis directeur des systèmes de transport spatial (Ariane, Station spatiale, Hermès et microgravité) jusqu'en 1986. De 1986 à 2001, il est conseiller espace chez Dassault Aviation et à La Réunion spatiale. Pendant sa retraite, il est président de l'Association Aéronautique et Astronautique de France (AAAF) en 1987/93, membre fondateur de l'Académie Nationale de l'Air et de l'Espace (ANAE) en 1983 (président en 1987/89), président fondateur de l'Institut français d'histoire de l'espace (IFHE) en 1999/2004, membre de l'Académie internationale d'astronautique (IAA) et de l'American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA), membre de l'Aéro-club de France et de l'Automobile Club de France. Il était ingénieur général de l'armement (1976), chevalier (1959), officier (1976), commandeur (2005) de la Légion d'honneur, officier de l'Ordre national du mérite, récipiendaire de la croix du mérite allemand, de la Médaille Aéronautique et du Grand prix de l'AAAF (1985). Marié le 26 juin 1957 à Brigitte Lacan, ils ont eu cinq enfants :



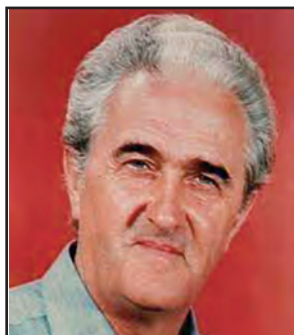
Michel Bignier



Pierre Usunier



Vladimir Altovskiy



Albert Vienne

Anne, Pascal, Christophe, Jérôme, Laurent.

Pierre Usunier (6/6/1921-29/4/2010) est diplômé de l'Ecole Polytechnique (X42), il a travaillé au LRBA de 1946 à 1959 avant d'être directeur des programmes militaires puis directeur technique de la SEREB de 1959 à 1970 (programme des pierres précieuses). Il fut ensuite le premier directeur de la Division des Systèmes Balistiques et Spatiaux d'Aérospatiale de 1970 à 1985 et, simultanément, le dernier administrateur gérant du GIE CIFAS qui a développé les satellites Symphonie en 1969-1975. Il était membre de l'ANAE en 1984, émérite de l'AAAF en 2002.

Chevalier :

Vladimir Altowsky (?), spécialiste de la propagation des ondes, travaille à LMT (Le Matériel Téléphonique), dirige le laboratoire de recherches en hyperfréquences à CFTH (Compagnie Française Thomson-Houston), directeur des activités aéronautiques et spatiales du groupe Thomson-CSF en 1962/76. En 1969, il est également administrateur du GIE Telspace (Thomson-Alcatel-Neyrpic).

Albert Vienne (28/4/1927-9/4/2014), diplômé du centre d'études supérieures de mécanique des fluides (Sorbonne), il travaille à l'ONERA en 1954/62, puis à la SEREB en 1962/66 (Diamant-A), puis à la DLA du Cnes en 1967/77 (Diamant-B, BP-4, L-III-S), directeur du CSG en 1977/80, puis inspecteur général technique du Cnes en 1980/87. Il fut un des pères d'Ariane.

Ordre National du Mérite :

Officier :

Jean-Pierre Houssin (14/5/1933-28/4/2008), ancien élève de l'Ecole Polytechnique (1953) et de l'Ecole nationale supérieure des télécommunications (1958), de 1958 à 1979, il est successivement Responsable des Etudes et Développement des Télécommunications spatiales, puis Chef du secteur "Transmissions Interurbaines et Internationales", au CNET de France Télécom (1958-1979). Pendant cette période, il est membre du Comité Technique d'INTELSAT, et Président du groupe "Satellite Européen de Télécommunications", de 1979 à 1998,

il est Directeur des Télécommunications spatiales à la Direction des Télécommunications des Réseaux Extérieurs de France Télécom (1979-1998).

Pierre Madon (1933) est diplômé de l'Ecole Polytechnique (promo 1953) et de l'Ecole supérieure d'aéronautique (1958). Il a commencé sa carrière comme ingénieur à Nord Aviation (ensuite Aerospatiale) : guidage des lanceurs en 1957/61, chef du programme Diamant en 1961/67, chef du programme Symphonie en 1967/75, architecte industriel Ariane en 1975/81, directeur de l'établissement des Mureaux en 1982/83, directeur des programmes spatiaux et d'Eurosatellite en 1983/86. Puis il est vice-président d'Intelsat en 1986/96, travaille chez Worldspace en 1996/98, consultant chez le courtier ISB (International Space Broker). Il est membre de l'Académie internationale d'astronautique (IAA), de l'Académie de l'Air et de l'Espace (AAE) en 2000 et membre émérite de l'Association Aéronautique et Astronautique de France (AAAF) en 2002. Il est Officier dans l'Ordre national du mérite en 1975 et de l'Ordre national du mérite Allemand en 1976.

Chevalier :

Jean-Jacques Dechezelles (11/2/1939), diplôme d'Ingénieur de l'ESIEA (major promotion 1963) et certificat de licence en Physique de la Faculté des Sciences d'Orsay, ingénieur spécialiste du contrôle d'attitude des satellites à Nord-Aviation, Chatillon (stabilisation D2B, projet pour satellite d'astronomie LAS, pilotage projet Nord-500) en 1963/68, avec un détachement pour service militaire à la DAM du CEA en 1965/66, responsable du groupe Ingénierie Système et des opérations en orbite pour Symphonie au CIFAS en 1969/75, responsable de projets de satellites militaires, poursuite d'études SLT (Satellite Lourd de Télécoms) chez Aerospatiale en 1975/77, chef de Département chez Aerospatiale à Cannes : avant-projets système et sous-systèmes pour plates-formes et instruments embarqués en 1977/82 (SamRO, SPOT, Intelsat-5A à partir de 1981), responsable de l'Unité Marketing et Projets futurs de satellites (tous clients institutionnels et export) avec notamment la mise en place de la filière Spacebus (marché Eutelsat-2) et de la filière Météosat MOP-MTP en 1983/89, Directeur des programmes Scientifiques et



Jean-Pierre HOUSSIN



Pierre MADON



J-J. Dechezelles



Georges Estibal

d'Observation en 1989/98 : programmes Helios, MSG, ISO, ISOTEL, ISOCAM, HUYGENS, SPOT et Végétation, ENVISAT-MERIS, PROTEUS-JASON, METOP-IASI, directeur Science – Météorologie – Environnement chez Alcatel Space à Cannes et Toulouse en 1999/2000, programmes en continuité pour les clients ESA et EUMETSAT avec addition du programme ENVISAT-ASAR, Conseiller scientifique du Pdg d'Alcatel Space en 2000, expert chez Apsat Conseil en 2001/2012, Chevalier (1976), puis Officier (1993) dans l'Ordre National du Mérite, membre-correspondant (2011), titulaire (2013) puis Membre honoraire de l'Académie de l'Air et de l'Espace, président du groupe régional 3AF en 2007, émérite 3AF en 2017.

Jean-Pierre Baudry (?), chef de l'équipe d'essai et d'intégration du **CIFAS** (Consortium industriel franco-allemand pour le satellite Symphonie).

Jean-Michel Duniau (?), diplômé de l'institut polytechnique de Grenoble, il fait son service militaire, puis sert pendant trois ans dans la Marine (radariste dans l'aéronavale). Il entre au **Cnes** pour s'occuper de la station Diane à Hammaguir lors des premiers lancements de satellites français, puis pars à Kourou. De retour en France, il est chef du groupe Utilisation (GU) du système Symphonie. Il séjourne à Bonn pendant cinq ans. Puis il passe à la Direction Générale des Télécoms (DGT) où il s'occupe de Télécom-1, puis à France Câble et Radio (FCR) où il s'occupe de TDF-1.

Michel Bernière (?), chef de projet industriel pour les sous-systèmes **SAT** (Société Anonyme de Télécommunications) dans les satellites Symphonie.

Roger Durand (?), chef de projet industriel pour les sous-systèmes **Thomson** dans les satellites Symphonie.

Georges Estibal (14/8/1934-28/10/2024),

termine l'Ecole Nationale Supérieure de l'Electronique et de ses Applications (ENSEA) de Cergy-Pontoise en 1958 et entre à la compagnie des compteurs de Montrouge avant d'être ingénieur d'essais au CIEES de Colomb-Béchar en 1959/62. Puis il entre à Matra en 1963 : ingénieur Espace en 1963/69, chef du département Espace en 1969/75, directeur commercial en 1975/80, adjoint en 1980/86, puis di-

recteur général de Matra Espace en 1986/89, directeur général de Matra Marconi Space (MMS) en 1990/96, administrateur de Satcom International en 1980/89, d'Arianespace en 1981/95, de MMS en 1989/95, président d'Intespace en 1992/96, directeur général de la Cité de l'espace en 1996/97 (Semeccel), puis Président à partir de 1997. Il a été Président-fondateur des Amis de la Cité de l'espace et était Président d'honneur. Il a été adjoint au maire de Toulouse (Douste-Blazy puis Moudenc) et délégué de la Mairie de Toulouse à la Communauté d'agglomération du Grand-Toulouse en 2001/2008. Il était membre Académie de l'air et de l'espace en 2000, membre émérite AAAF en 2002, Membre de l'Académie Internationale d'Astronautique (IAA), membre de l'IFHE depuis sa création en 1999. Il était Officier de l'ordre national du Mérite, et il a reçu la médaille de l'aéronautique, la médaille d'or de la ville de Toulouse.

Jean-Gérard Roussel (17/7/1936), étudie au Lycée Condorcet, puis à Sup Elec, il fait son service militaire au Sahara, entre au Cnes en 1962, effectue un stage au Royal Aircraft Establishment à Farnborough (UK) en avril-mai 1963, puis lance deux fusées-sondes Skylark de Salto di Quirra (Sardaigne) en juillet 1964. Arrive à l'ESTEC à l'automne 1964 et s'occupe de tirs de fusées-sondes en 1965/67. Il quitte l'ESTEC en mai-juin 1967 pour la division Lanceurs du Cnes, chef de projet Diamant-BP4 en 1971/76, puis direction des affaires internationales et industrielles pour assurer la promotion d'Ariane en juin 1976, puis directeur central de la qualité Cnes en 1983. Il passe chez Dassault comme Directeur général de la qualité en 1989, puis Directeur général de l'Espace. Il participe lors au programme Hermès jusqu'en 1992, au projet Talisman avec Youjnoe (Ukraine) en 1993/94. Il est ensuite directeur général de l'informatique, de la qualité et de l'Espace. Il est parti à la retraite



Jean-Gérard Roussel



Serge Fillatrau



Article dans Air&Cosmos n°619 du 10/4/1976.



Gilbert Rotrou

en 2001 (65 ans).

Serge Fillatrau (?), termine INSA-Lyon en 1961, chef de département de la DLA du Cnes.

Guy Riou (?), chef de bureau d'études Lanceurs au Cnes.

Armand Ouvrard (?), ingénieur en chef de département au Cnes.

Claude Legras (?), ingénieur en chef de programme Diamant à Aérospatiale.

Richard Loinard (?), ingénieur adjoint du chef de programme Diamant-BP4.

Mathias Juan (?), adjoint de Bernard Deloffre, chef des missions d'utilisation pour les deux lancements de Symphonie.

Gilbert Rotrou (1937), à Saint-Maur-des-Fossés, classe préparatoire aux grandes écoles au lycée Jean-Baptiste SAY (Paris), intègre l'École de l'Air (Promo DUCRAY) – option Télécommunications en 1957, première affectation au sein de l'Armée de l'Air en Algérie, à Constantine puis à Alger, en charge des

câbles hertziens et des télécommunications, en poste à l'École de l'Air à Salon-de-Provence, professeur et responsable des laboratoires d'électronique en 1963, aide de camp du Général directeur de l'École de l'Air pour une tournée de rencontre des écoles de l'air au Liban, au Pakistan, en Inde, en Indonésie, au Cambodge et en Australie en 1964, au CAEM à Mont-de-Marsan, en charge des contrôles-mesures du Mirage IV, des balises et des postes radio en 1969, au CNES à Brétigny-sur-Orge, responsable des essais en développement et en lancement des deux satellites de télécommunications Symphonie en 1972, au CSG à Kourou, responsable des télémesures des lanceurs Ariane en 1977, chef d'établissement d'Arianespace à Kourou en 1983, rejoint la direction des opérations d'Arianespace à Évry en 1990/2003.

Robert Issler (?), chef du groupe de projet des stations terriennes Symphonie.

Le 30 mars 1976, Michel d'Ornano, ministre de l'In-

dustrie et la Recherche en 1974/77, a remis les décorations à Pierre Usunier, Pierre Madon, Jean-Pierre Baudry, Jean-Jacques Dechezelles, Claude Legras et Richard Loinard de l'Aerospatiale (cf. article Air&Cosmos).

Ariane-1

Le 8 janvier 1980, une nouvelle décoration intervient pour récompenser les auteurs du lancement réussi d'Ariane L01 le 24 décembre 1979 à Kourou.

Légion d'honneur :

Officier :

Yves Sillard (5/1/1936-12/4/2023) termine l'école Polytechnique (X54), puis SupAéro en 1959. Il commence sa carrière au CEV (pilote militaire, 1200 h de vol) et séjourne à Colomb-Béchar de fin 1959 à juillet 1962. En 1964, il s'occupe du Concorde au SGAC. En 1965, il entre au Cnes pour s'occuper de la Guyane. Il est directeur du CSG en 1969/71, chef du programme Europa-3 à l'ELDO en 1971/72, directeur des Lanceurs en 1973/76, directeur général en 1976/82. Puis il quitte le Cnes pour l'IFREMER qu'il dirige en 1982/88. Il dirige la DGA en 1989/93, puis devient pdg de Défense Conseil International en 1994/97, puis secrétaire général de l'OTAN pour les affaires scientifiques en 1999/2002. De 2005 à 2013, il a dirigé le comité de pilotage du GEPAN. Commandeur de la Légion d'honneur, Chevalier de l'Ordre national du Mérite, membre de l'Académie de l'Air et de l'Espace.

Chevalier :

Raymond Orye (21/9/1931-20/11/2022) termine l'Ecole royale militaire/division Polytechnique de Bruxelles où il obtient le diplôme d'ingénieur civil en 1954. En 1957-1958, il suit un cours de perfectionnement post-universitaire au College of Aeronautics à Cranfield (Royaume-Uni). Officier de l'armée belge, il occupe divers postes techniques (notamment pour la mise en service du missile sol-air Hawk) et opérationnels en Belgique et en Allemagne de l'ouest (Bonn et Aix-la-Chapelle). Début 1963, il rejoint l'ELDO et y travaille sur la planification du lanceur Europa-1 puis comme contrôleur de projet Europa-3. En 1973 il rejoint l'ESRO où il est chargé de la mise en route du programme de développement Ariane-1. En 1975, il entre



Yves Sillard



Raymond Orye



Frédéric d'Allest



Jean-Louis Dardare

à l'ESA où il est d'abord en charge du développement et de la qualification d'Ariane-1 puis de la mise en œuvre de la coopération ESA/Cnes sur le Centre spatial guyanais. Parallèlement il négocie, en coopération avec le Cnes, la vente hors Europe des premiers lancements d'Ariane à l'organisation internationale de télécommunications par satellite Intelsat. Dès la création d'Arianespace en 1980, il est nommé censeur au conseil d'administration et y représente l'ESA. Jusqu'à son départ à la retraite en 1996, il dirige à l'ESA les programmes de développement Ariane-1, Ariane-2-3, Ariane-4 et Ariane-5. Il est officier de la Légion d'honneur en 2002.

Frédéric d'Allest (1/9/1940) termine l'Ecole Polytechnique (X61), puis SupAéro en 1966, il entre au CNES, où il est responsable de la propulsion, puis de la réalisation du 1^{er} étage de Diamant-B. En 1971/72, à l'ELDO, il est chef de projet du 2^{ème} étage Europa-3. En janvier 1973, il est chef de projet Ariane, puis Directeur des Lanceurs (DLA) au CNES en 1976/82. Il fonde Arianespace le 26/3/1980 dont il est le Pdg jusqu'en 1990. De 1982 à 1989, il est également Directeur Général du CNES. En Septembre 1990, il est Directeur Général de Matra puis, à la suite de la fusion de Matra et Hachette, il est Directeur Délégué et membre du Conseil de Gérance du groupe Lagardère. Il est officier de la Légion d'honneur et de l'Ordre National du Mérite.

Jean-Louis Dardare (26/12/1931) termine SupAéro en 1956, entre à la SEPR où il s'occupe de la propulsion cryogénique. A la SEP, il est responsable des moteurs HM-4, HM-7 pour le 3^{ème} étage d'Ariane, puis du moteur Vulcain d'Ariane-5.

Catherine Vinson-Estoueix (7/4/1940-8/6/2023) termine SupAéro en 1963, travaille au Cnes, responsable de l'effet POGO.

Roger Vignelles (1/5/1936) termine l'Ecole Centrale de Paris (1960), ancien pilote militaire, il a volé sur T6, T28 et Broussard. Entre à Air Liquide en 1962 où il s'occupe du démarrage des usines d'oxygène à l'étranger. En 1966 il entre à Nord Aviation pour s'occuper des essais du CT 41. Après l'abandon du projet, il s'occupe du moteur du 1^{er} étage de la fusée Diamant, de Coralie, du

2^e étage de la fusée Europa-2. En 1970, il devient adjoint au chef de projet Europa-3 à l'ELDO jusqu'au moment de l'abandon du projet en 1973. Il entre alors au Cnes, où il prend en charge la réalisation des 1^e et 2^e étage de la fusée Ariane (projet L3S). En 1976, il est nommé chef de projet Ariane à la DLA Cnes, avant de devenir sous-directeur technique en 1980, puis directeur en 1982/89. Nommé directeur général adjoint du Cnes, responsable du transport spatial il travaille sur Ariane 5 et Hermes. Après l'abandon d'Hermès, il quitte le Cnes et entre à la SEP en septembre 1991 au poste de directeur général adjoint Défense-Espace. En février 1993 il est nommé directeur général adjoint Opérations de la SEP, puis président en 1994/97.

Jean Henri Lacaze (28/1/1935) : Né à Paris, il termine Polytechnique (X54), Sup-Aéro (promo 1959), commence sa carrière au Service Technique Aéronautique (STAE), puis à la Direction des Engins (DTEN). Il est détaché à la SEREB, puis à l'ELDO (responsable 2^e étage EUROPA-2). Puis entre à l'Aérospatiale en 1975 : remplace Pierre Lacau devenu chef de projet Etagiste et dirige, initialement en double commande avec Pierre Madon, le groupe de projet Architecte Industriel. Sous-Directeur des Etudes puis travaille sur divers projets avancés dont Hermes, puis CTO d'Aérospatiale.

Ordre National du Mérite :

Officier :

-Pierre Lacau (?) : Né à Paris, X-54, Ecole Nationale supérieure de l'Armement et Executive MBA HEC, chef du service des essais et ingénieur de marque lanceur ELDO au LRBA en 1959/70, Coordination industrielle à l'ELDO en 1970/73, chef du programme développement et industrialisation Ariane en 1974/83, Directeur des lanceurs et stations orbitales à la Direction des programmes Espace en 1983, Directeur Qualité de la Branche Balistique et Spatiale en 1989/98.

-Alexandre Merdrignac (?) : ingénieur à la SEREB, participe aux lancements de Coralie à Hammaguir en 1966, chef des opérations de lancement (COEL) pour les tirs L01 à L04 d'Ariane.

Chevalier :

-André Jaeger (?) : ingénieur au Cnes.



Catherine Estoueig



Roger Vignelles



Jean Henri Lacaze



Pierre Lacau



A. Merdrignac

-William Bonnet (1939-20/2/2021) : Il participe aux lancements des fusées-sondes jusqu'à Ariane-5 en passant par Hermès, ainsi qu'à la construction des ELA-1 à ELA-3, responsable de la mise en oeuvre du site de lancement à la Comsip-Entreprise.

-Jacques Borromée (?) : responsable du 3^e étage d'Ariane au Cnes.

-Robert Claveyrolas (?) : Il a étudié à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne, travaille à Air Liquide, directeur du centre d'études cryogéniques.

-Pierre Cochery (?) : responsable des moteurs des 1^e et 2^e étages d'Ariane au Cnes.

-Maurice Desloire (1940) : Diplômé des Arts & Métiers (1957/61), il fait une thèse de 3^e cycle au Laboratoire de métallurgie d'Euratome à Ispra (Italie) jusqu'en septembre 1963, puis fait son service militaire dans la Marine dont 15 mois au département de propulsion nucléaire du CEA/Saclay jusqu'en 1965. Puis il entre au Cnes à la section Structure de la division Satellites en juin 1965. Il passe à la division Lanceurs de Brétigny en 1969 (devenu la DLA à Evry). En 1972, il fait partie de l'équipe de conception d'Ariane, notamment de son 3^e étage, puis il est responsable du département Structure en 1973/79. En 1980, il est chef de la division Etudes et Développement, chef de la division "planeur Hermès" en 1990, puis adjoint Système du chef de programme Ariane-5 de 1989/97 avant de finir sa carrière comme sous-directeur technique de la DLA en 1997/2001. Il a reçu l'Ordre National du Mérite et il est Chevalier de la Légion d'honneur en 2001. Il est membre Senior de la 3AF en 2006.

-Jean Faure (?) : chef de projet pour l'ensemble du programme Ariane chez SEP

-Rodolphe Horth (?) : chef de service à la Socaltra, responsable du service Transport du CSG.

-Bernard Laudière (?) : chef de département, chef du programme Ariane chez Aérospatiale.

-René Laurent (?) : chef du département inspection-qualité à la DLA du Cnes.

-Michel Le Gallie (?) : chef de projet, responsable de la case à équipements d'Ariane chez Matra.

-Pierre Perez (?) : adjoint au responsable du lanceur et des opérations de tir au Cnes.

-Jean-Pierre Rouzeval (1940) passe par le CEV de Brétigny-sur-Orge avant d'entrer au Cnes. Il s'occupe de Fusées-sondes et devient DDO des opérations Diamant BP4 au CSG. Il eu l'honneur de donner le départ d'Ariane L01 en 1979 et L02 en 1980. Dans les années 1980, il travaille au CST de Toulouse sur les satellites avant de retrouver le CSG. En 1987, il travaille sur la navette Hermès, puis sur la station orbitale ISS et enfin en 1997 sur l'ATV.

-Dominique Thévenot (1941-2013) : LRBA, puis SEP-Vernon en 1969, chef de projet du moteur du 3^e étage (HM-7), puis directeur de la qualité chez Snecma. Décédé à Annecy le 14/9/2013.

-André van Gaver (19/9/1943) : Etudes primaires chez les Maristes et secondaires chez les Jésuites à Marseille, Ecole préparatoire des grandes écoles à Versailles (Ginette), Polytechnicien (X63), SupAéro 1968, Service militaire comme pilote de transport bimoteur IFR à Dax puis Colomb-Béchar (Algérie), Responsable des études et développements au LRBA de Vernon, Responsable du département Etudes et Développement au CSG de Kourou en 1972/74, Responsable des systèmes électriques sur Ariane-1 au Cnes à Evry, Responsable du département Lanceurs de l'ESA (Ariane-3, 4 et 5), Chef de la division Lanceurs Ariane et Vega à Avio à Rome, 1996 : PDG de Regulux, 1997 : chef du département Ariane-5 à l'ESA, 2001 : commission d'enquête Ariane-5 ESA, Inspecteur Général Adjoint, Chargé des Lanceurs. Décoration du 13 juillet 2000 :

La Légion d'honneur a été attribuée à trois personnes. Au grade d'Officier :

-André Motet (1934-2023) : directeur adjoint technique à l'Aérospatiale (Chevalier



William Bonnet



R. Claveyrolas



J-P Rouzeval



M. Desloire



A. van Gaver

Le Président de la République, reçoit les artisans du lancement réussi d'Ariane.

Au cours d'une cérémonie à l'Elysée, le Chef de l'Etat a décoré les ingénieurs responsables du projet Ariane au Centre National d'Etudes Spatiales, à la Société Européenne de Propulsion, à la Société Nationale Industrielle Aérospatiale... pour le succès du premier tir du lanceur européen le 24 décembre à Kourou.

A cette occasion, le Chef de l'Etat a félicité le Président Jacques Mitterrand pour la participation de la Société Aérospatiale, architecte industriel et étagiste du lanceur. Le Président Jacques Mitterrand était accompagné de M. Pierre Usuard, directeur de la Division des Systèmes

Balistiques et Spatiaux de la Société Nationale.

M. Giscard d'Estaing a aussi remis les insignes de Chevalier de la Légion d'Honneur à M. Jean Lacaze, chef de programme Ariane « équipe architecte industriel ». L'intéressé avait été nommé dans l'Ordre de la Légion d'Honneur par le décret paru au Journal Officiel du 8 janvier.

Ce décret a également nommé dans l'Ordre National du Mérite MM. Pierre Lacaze, chef des programmes spatiaux aux Mureaux et Bernard Laudière, chef de programme Ariane « équipe étagiste », de la Société Aérospatiale.



M. Valéry Giscard d'Estaing, Président de la République félicite le Président Jacques Mitterrand lors d'une réception à l'Elysée en l'honneur des artisans du succès d'Ariane.

du 12 juillet 1983). X-SupAéro, STAE en 1961/65, SEREB en 1965/70, Aérospatiale : directeur M-2/M-20, M-4, directeur des programmes militaires en 1983/99.

Au grade de Chevalier :

-Guy Laslandes (8/7/1948) : sous-directeur au Centre national d'études spatiales. X-ENST, Cnes 1973/88, Aérospatiale en 1988/92, directeur Ariane-5 au Cnes en 1992/98, délégué, puis Expert senior en 1998/2008.

-Daniel Mugnier (1936-2008) : directeur général adjoint technique et industriel à Arianespace. ENSIEG, Air Liquide en 1964/82, DLA du Cnes en 1982 (directeur en 1989/1997), Arianespace en 1997/2008.

45 ans du vol Soviéto-Mongole de Soyouz-39

par Christian Lardier, président de l'IFHE

Après le Tchecoslovaque Vladimir Remek, le Polonais Miroslav Germachevsky, l'Allemand de l'Est Sigmund Jähn, le Bulgare Georgui Ivanov, le Hongrois Bertalan Farkas, le Vietnamien Pham Tuan, le Cubain Arnaldo Tamayo-Mendez, c'est au tour du mongole Jougderdemidin Gourratcha de rejoindre la station orbitale Saliout-6. Le 22 mars 1981, le Soyouz-38 (11F615A8 n°55) est lancé avec l'équipage Vladimir Djanibekov (commandant, 2^e vol) et Jougderdemidin Gourratcha. Leur

nom de code est Pamir. L'équipage doublure comprend Vladimir Liakhov (commandant, 2^e vol) et Maidarjavyn Ganzorig.

En 1977, la sélection des cosmonautes est réalisée auprès de pilotes militaires, d'ingénieurs civils et de médecins. En fin d'année, il reste 13 candidats, puis quatre finalistes : Darzaagijn Syrenhorloo, Jougderdemidin Gourratcha, Maidarjavyn Ganzorig et Sanzaadambyn Sajncog. Le 13/1/78, ils partent à l'hôpital central militaire (TsNIAG) de Moscou. Le

14/3/178, deux sont retenus : Gourratcha et Ganzorig qui commencent l'entraînement à la Cité des Etoiles.

Au lancement, la délégation mongole comprend le membre du Politburo, président du conseil des ministres Jambyn Batmönkh (1926-1997), le secrétaire à l'idéologie du Comité central, président de la commission pour l'organisation du vol habité Gelegiin Adya (1934-2025), le président de l'Académie des sciences Bazaryn Shirendyb (1912-2001) et le ministre de la Défense Jarantyn Avkhia (1923-1992). Côté soviétique, il y a le président de la Commission d'Etat le général K.A.Kerimov, le président d'Interkosmos B.N.Petrov, le directeur du cosmodrome le général You.N.Sergounine, le chef de la Cité des Etoiles G.T.Beregovoï, l'adjoint de l'Armée de l'air pour le cosmos V.A.Chatalov, etc.

Jougderdemidin Gourratcha (5/12/47): Après ses études secondaires en 1966, il entre comme radio dans l'armée. Il étudie à l'école aéronautique militaire en Kirgizie en 1968/72. Puis il termine l'Académie des ingénieurs de l'air Joukovsky (VVIA) de Moscou en 1977. En janvier 1978, il fait partie des quatre finalistes, et en mars, il est retenu comme candidat-cosmonaute. En 1981, il vole sur Soyouz-39. En 1981/83, il est adjoint d'un secteur du Comité central. Il devient chef d'Etat-major de la Défense anti-aérienne, puis ministre de la Défense en 2003/2004. En 2005/2008, il est député.

Maidarjavyn Ganhuyag, dit Ganzorig (5/2/49-4/7/2021): Après ses études secondaires, il entre à l'Institut polytechnique de Kiev qu'il termine en 1975 comme ingénieur en thermodynamique. Il travaille sur la centrale électrique d'Oulan-Bator, puis devient



Ganzorig-Liakhov et Djanibekov-Gourratcha



Djanibekov-Gourratcha



Jambyn Batmönkh, Gelegiin Adya, Bazaryn Shirendyb, Jarantyn Avkhia, Djanibekov et Gourratcha à Baïkonour.



Lancement de Soyouz-39.

chercheur de l'Institut physico-technique de Mongolie (MFTI) en 1977/78. Sélectionné avec Gourratcha, il s'entraîne d'avril à octobre 1978 et devient la doublure de Soyouz-39. En 1981/84, il devient candidat es sciences à l'Institut de recherches cosmiques (IKI) de Moscou. En 1984/91, il dirige un labora-

toire de télédétection au MFTI. En 1991, il est directeur de l'Institut d'informatique et de télédétection de l'Académie des sciences de Mongolie. Il est décédé le 4/7/2021. Le 24 mars, le vaisseau s'amarre à la station orbitale occupée par Kovalevok et Savinykh. Le programme comprend les expériences scientifiques :
-Altaï : étude de la diffusion et du transfert de masse lors de la fusion d'un alliage Plomb-Etain et étude de la croissance de cristaux semi-conducteurs de pentoxyde de vanadium.

-Erdenet : étude de la diffusion et de la redistribution des impuretés lors de la dissolution dans l'eau et de la cristallisation de sel de cuivre.

-Erdem : étude des ressources terrestres à l'aide de la caméra est-allemande MKF-6M.

-Biosphere-Mon (Mongolie) : étude des ressources terrestres à

l'aide de l'appareil photographique est-allemand Pentacon-6M (14 objectifs scientifiques).

-Solongo : étude des particularités spectrales d'objectifs naturels et agricoles de Mongolie à l'aide du spectromètre bulgare "Spectra-15".

-Spectre-Mon : le spectromètre a été utilisé pour les expériences Atmosphère, Aube, Contraste, Horizon, Terminateur et Hublot.

-Hologramme (URSS-Cuba-Mongolie): un laser soviétique Fulo est utilisé pour la transmission d'hologrammes par télévision. L'expérience a été réalisée avec un hublot ayant une trace de mi-

crométéorite sur la surface extérieure et avec un processus de dissolution de cristaux de sel de cuisine.

-Emissions : étude des rayons cosmiques primaires à l'aide de détecteurs diélectriques placés dans le compartiment de travail et dans un des sas à déchets. Les détecteurs sont ramenés sur Terre.

-Polarisation : poursuite de l'expérience commencée avec les Soyouz-31, 36 et 37.

-Biorythme : étude des rythmes quotidiens de l'organisme par la mesure de la température du corps, du pouls et de la pression artérielle toutes les deux heures.

-Neptune : étude de la variation de l'acuité et de la profondeur visuelle en apesanteur.

-Enquête : étude des troubles vestibulaires en apesanteur à l'aide d'une liste de questions.

-Les expériences OPROS, Loisir, Temps, Capacité de travail et Perception ont été poursuivies.

Le 30 mars, les cosmonautes sont revenus à bord de Soyouz-



1^{er} rang, Kovalenok et Gourratcha, 2^e rang, Djanibekov, Savinykh.



Récupération le 30/3/1981.



Le 17/4/81 au Kremlin : Beregovoi, V.V.Kouznetsov, Djanibekov, Brejnev, Gourratcha, You.Tsedenbal, secrétaire général du Comité central de Mongolie (1916-1991), Ganzorig, I.F.Dmitriev, A.I.Blatov (assistant de Brejnev).

45 ans du vol Soviéto-Roumain de Soyouz-40

par Christian Lardier, président de l'IFHE

Après la Tchécoslovaquie, la Pologne, l'Allemagne de l'Est, la Bulgarie, la Hongrie, le Vietnam, Cuba, la Mongolie, c'est au tour du Roumain de rejoindre la station orbitale Saliout-6. Le 14 mai 1981, le Soyouz-40 (11F615A8 n°56) est lancé avec l'équipage Leonid Popov (commandant, 2^e vol) et Dmitri Prunariu. Les doublures sont Youri Romanenko (4^e vol) et Dmitri Dediu.

Prunariu (27/9/52): Après ses études secondaires, il entre à l'Institut polytechnique de Bucarest qu'il termine en 1976. Il devient ingénieur constructeur à l'usine aéronautique de Brachov. En août 1977, il termine l'école militaire des officiers de l'armée de l'air. Il devient pilote-ingénieur. Il a volé à bord de Soyouz-40. Il est actuellement secrétaire d'état adjoint et directeur de



Prunariu, Popov, Dediu, Romanenko



Prunariu et Popov.

39. Ils ont atterri à 170 km au Sud-Est de Djezkazgan (Kazakhstan). Le vol dure 7 jours 20 h 42 min. Pour ce vol, le 17 avril au Kremlin, Djanibekov reçoit sa seconde médaille de Héros de l'Union Soviétique, tandis que Gourratcha est fait Héros de l'Union soviétique. Puis, du 15 au 22 mai, la station reçoit l'équipage Soviéto-Roumain de Soyouz-40. Puis l'équipage Kovalenok-Savinykh rentre sur Terre à bord de Soyouz-T4 après un vol de 74 jours 17 h 37 min. Puis le 19 juin, le module TKS, baptisé Cosmos-1267, s'arrime à la station Saliout-6. Ils vont rester arrimés pendant 13 mois.

l'aviation civile.

Dediu (12/5/42-juillet 2013): Après ses études secondaires, il entre à l'école militaire d'officiers qu'il termine en 1965. Puis, il termine l'Académie militaire de Bucarest en 1970 comme ingénieur en radioélectrotechnique. Il sert ensuite dans l'armée de l'air.

Les expériences scientifiques :

-Capillar : étude de cristaux d'une forme donnée en utilisant l'effet de capillarité. Les échantillons sont des alliages germanium-Molybdène et Germanium dopé au Gallium.

Nanoves : étude de l'influence du milieu spatial sur des matériaux de construction par mesure des variations de masse d'un film de dioxyde de silicium destiné à la protection de différents éléments optiques d'appareils

spatiaux. Il a été placé dans un sas à déchets.

Astro : étude des particules chargées lourdes des rayons cosmiques à l'aide de détecteurs diélectriques. La partie externe mesure la radiation intégrale (il se trouve dans un sas à déchets) et la partie interne mesure le flux de particules et la position de la station afin de déterminer l'influence du champ magnétique terrestre sur le flux de particules.

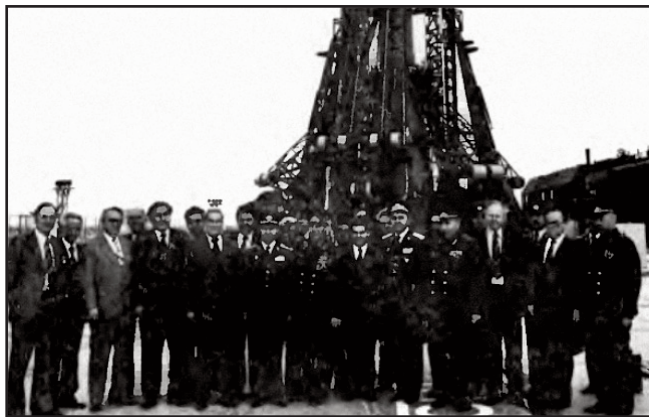
Biodose : étude des doses de radiations en coopération avec l'URSS, Bulgarie, Hongrie et RDA (suite d'Integral de Soyouz-36).

-Information : étude permettant d'évaluer les différents aspects de l'activité psychique de l'homme dans l'espace (influence spécifique à l'apesanteur, espace sans appui, responsabilité du travail, processus de perception et de traitement de l'information).

-Vorotnik : amortisseur du cou permettant de limiter les mouvements de la tête. Ce moyen prophylactique permet de limiter les effets de l'apesanteur dans les premières phases du vol).

-Ballisto : étude du tonus et de la diminution de capacité du muscle cardiaque en apesanteur.

-Réo : étude du processus de circulation sanguine,



Délégation roumaine à Baïkonour : Constantin Olteanu (1928–2018), général, ministre de la Défense, Constantin Oancea (1928), adjoint des Affaires Etrangères, Eugen Florescu (1935-2009), adjoint de la presse et radiotélévision du CC du PC Roumain, Gheorghe Zănescu (1926-2009), général, commandant de l'Armée de l'air, Traian Dudaş (1927-2004?) - Ambassadeur de Roumanie à Moscou, Constantin Teodorescu-Ţintea (1929 - ?), président de la Commission des activités spatiales en Roumanie.

en particulier dans le cerveau.

-Immunité : étude de l'influence du milieu spatial sur un sérum anti-virus.

-Lightflash : étude des effets lumineux (Flash) se produisant dans les yeux des cosmonautes à cause des particules chargées qui les traversent.

Les expériences Opros, Loisir, Capacité de travail, Interferon, Opérateur, Enquête et Neptune ont été poursuivies.

La mission dure 7 j 20 h 42 min. Ils reviennent sur Terre le 22 mai à 225 km au Sud-Est de Djezkazgan.



Lancement de Soyouz-40.



En vol dans Saliout-6.



Atterrissage de Soyouz-40 au Sud-Est de Djezkazgan.



Le 27/81 au Kremlin : Leonov, V.V.Kouznetsov, Popov, Brejnev, Prunariu, M.P.Geogradze, Traian Dudaş, Gheorghe Zănescu, I.F.Dmitriev, ?, A.I.Blatov (assistant de Brejnev).



60 ans de la création du conseil Intercosmos : 30 mai 1966 (Partie 1)

par Christian Lardier, président de l'IFHE

La première réunion spatiale des pays socialistes intervient entre le 15 et le 20 novembre 1965 à Moscou (8 pays : RDA, Tchécoslovaquie, Pologne, Bulgarie, Hongrie, Roumanie, Mongolie et Cuba).

Le 30 mai 1966, le décret n°421-130 "Sur l'organisation des travaux sur la coopération avec les pays socialistes dans le domaine de la recherche et de l'utilisation de l'espace extra-atmosphérique" crée le Conseil Intercosmos au sein de l'Académie des sciences (AN). L'Académie prend alors la décision n°0112 du 10 août 1966. Le décret du 24/10/1966 et l'ordre n°70-2493 du 4/11/1966 forment l'organisation du conseil Intercosmos : l'académicien Boris N. Petrov (1913-1980)¹ est nommé directeur. Les adjoints sont Boris V. Lipatov (1911-1980), contre-amiral venant de la VPK, et Valentin I. Kozyrev (1935), représentant de la direction spatiale du MOM. Le secrétaire est Vladimir Vassilievitch Orechine (1925). Les membres sont : M.Ya.Marov (1933-2023), MNTS-KI, L.A.Alexandrov, service météo, M.V.Kouchinov, ministère des télécoms, N.N.Gourovsky (1917-1994), ministère de la santé, V.B.Toulinov, ministère des affaires étrangères, G.G.Tchakhmakhtchov (1906-2003), administration AN, M.V.Gribov, 1^{er} secteur AN, sécurité, R.S.Oraevsky, secteur des liaisons scientifiques (ONSS) de l'AN qui travaille avec les délégations étrangères.

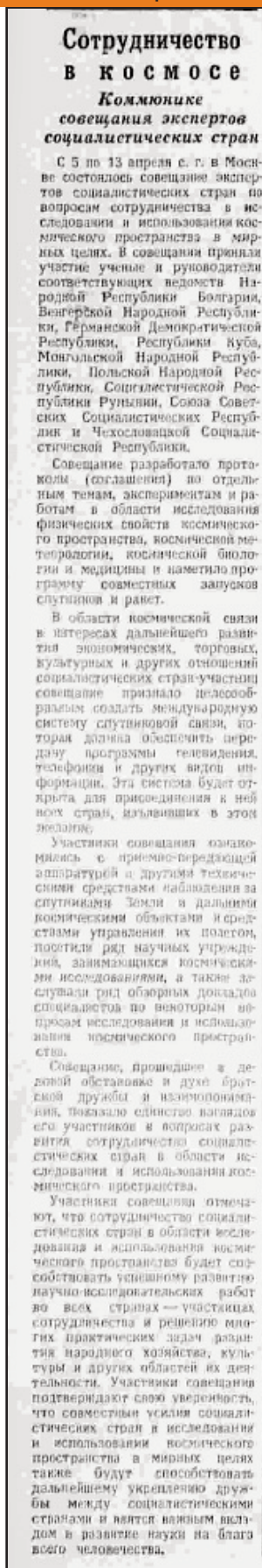
En 1967, trois personnes rejoignent le conseil :

-Alexandre Ivanovitch Tsarev (1923) venant de la VPK.

-Nikolai Stepanovitch Novikov (1917-1984) venant des affaires étrangères.

-Vladlen Sergueievitch Verechetine (1932-2024)², juriste, spécialiste de droit international.

Les premiers référents étaient Kirill Evguenievitch Speransky du groupe physique, Evgueny Vassilievitch Tchekanov du groupe télécoms, Evgueny Fedorovitch Tchougounov, Nikolai Ivanovitch Fatkine. La seconde réunion se tient entre le 5 et le 13 avril 1967. Du 5 au 10 avril, ils se ren-



Article de la Pravda du 16 avril 1967 : 1^{er} communiqué sur Intercosmos.

dent à en Crimée (Simferopol, Evaporatoria, KrAO à Bakhtchisaraï), puis du 11 au 13, ils sont à Moscou : un programme commun est signé le 13 avril.

En 1976, le conseil est composé de :

-RDA : Claus Grote (1927), secrétaire général de l'Académie des Sciences.

-Tchécoslovaquie : Yaroslav Kojechnik (1907-1985), président de l'Académie des Sciences.

-Pologne : Stefan Piotrowski (1910-1985), chef du département d'astronomie de l'Académie des Sciences, président du comité pour la recherche spatiale.

-Bulgarie : Lyubomir Krastanov (1908-1977), président adjoint de l'Académie des Sciences.

-Hongrie : R.Kerpel

-Roumanie : A.Spataru

-Mongolie : Kh.Tserev

-Cuba : José Altshuler Gutwert (1929) : président de la Commission Intercosmos et vice-président de l'Académie des sciences de Cuba. Le décret n° 240-73 du 4 mars 1981 «Sur la composition du Conseil pour la coopération internationale dans le domaine de l'exploration et de l'utilisation de l'espace extra-atmosphérique auprès de l'Académie des sciences de l'URSS» nomme Vladimir Alexandrovitch Kotelnikov (1908-2005)³ pour succéder à Boris Petrov en 1981/91.

Personnel du conseil :

-Genrikh Sarkisovitch Balayan (1932-2006) : termine le MAI en 1956, TsIAM, commission de Blagonravov en 1959/74, Cospar, Intercosmos en 1974, vice-président en 1982/88

-Guennady Ivanovitch Kharitonov (?) : en 1988

-Vladimir Alexandrovitch Denissenko (décédé en 2006) : Expériences sur fusées géophysiques, puis Intercosmos (satellites, chef pour Intercosmos-10), puis IZ-MIRAN après 1991.

-Leonid Alexandrovitch Vedechine (1940) : termine le MAI en 1963, entre au MOM en 1965, travaille à Intercosmos en 1967, puis à l'IKI en 1992, secrétaire scientifique

section du Conseil pour le Cosmos. ainsi que Stanislav Alexandrovitch Nikitine, Mikhail Anatolievitch Rimcha, Stanislav Vladimirovitch Petrounine, Serguei Vassilievitch Pakhomov, Victor Alexeievitch Egorov, Valentin Vassilievitch Voronine, Viatcheslav Alexandrovitch Olchevsky, Serguei Alexandrovitch Khlemanov, etc.

Le programme comprend la physique cosmique, la météorologie spatiale, les télécommunications spatiales, la médecine et la biologie spatiales. Le premier comprend huit groupes : physique de la haute atmosphère, interaction vent solaire avec la magnétosphère, astrophysique solaire, étude des rayons cosmiques, composants solides sur la Lune, les planètes et dans l'espace interplanétaire, géodésie, électronique spatiale et traitement des données.

La première participation des pays socialistes était sur Cosmos-261 (DS-U2-GK n°1) lancé le 20/12/68. Lancé par une 11K63/Cosmos de Plessetsk, le satellite (335 kg) est destiné à l'étude de l'atmosphère sur les régions polaires (durée de vie 40 jours). Il est suivi par Cosmos-348 (DS-U2-GK n°2) lancé le 13/6/70. Le premier satellite Intercosmos-1 (DS-U3-IK à orientation solaire) est lancé le 14/10/69 par une 11K63/Cosmos de Kapustin Yar. Le satellite IK-1 (303 kg) est destiné à l'étude des émissions en ondes courtes du Soleil. Il était porteur d'héliospectrographe, polarimètre, photomètre X et UV provenant d'URSS (S.L.Mandelchtam, FIAN), Tchécoslovaquie (B.Vanitchek, institut astronomique d'Ondrejov) et RDA (K-H.Chmelovsky, institut de physique Soleil-Terre de Berlin). Les signaux sont reçus par les stations de Sofia (Bulgarie), Neutrelitz (RDA), Pansa Ves



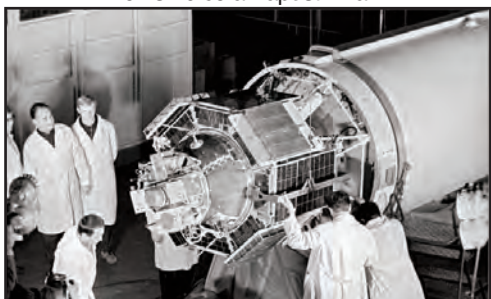
B.N.Petrov - V.A.Kotelnikov



Communiqué sur Cosmos-261 du 21/12/68.



Commission d'Etat pour Intercosmos-1 le 13/10/69 à Kapustin Yar.



Le satellite Intercosmos-1 est lancé le le 14/10/69 de Kapustin Yar.

et Ondrejov (Tchécoslovaquie), IZMIRAN à Krasnoï Pakhre (URSS). Il sera suivi par IK-4 le 14/10/70, IK-7 30/6/72, IK-11 le 17/5/74, IK-16A le 3/6/75 (échec) et IK-16B le 27/7/76.

Dans la seconde partie de l'article, nous traiterons de l'ensemble des réalisations d'Intercosmos jusqu'à sa disparition en 1991 (cf.tableau).

Outre les pays socialistes, Intercosmos a entretenu d'autres coopérations notamment avec :

-France : accord signé par le général de Gaulle le 30 juin 1966 (cf article dans la revue Sabix .

-Etats-Unis : accord signé avec la Nasa le 26-28/10/1970. Il est suivi de l'accord intergouvernemental pour le vol Apollo-Soyouz le 24/5/1972 (cf E&T n°44).

-Inde : accord signé par l'ISRO le 10 mai 1972. Trois ans plus tard, l'URSS lance le premier satellite indien Aryabhata.

L'accord du 30 mai 1966 est renouvelé le 13/7/1976 pour 10 ans. Le 14/9/1976, il est décidé de faire des vols habités dans la période 1978/1983 (cf E&T n°36). Le 17/5/1979, un accord est signé avec le Vietnam.

Lorsque l'URSS devient Russie en 1991, le conseil Intercosmos est transformé en bureau exécutif pour le Cosmos (IBK) qui est dirigé par A.V.Alferov (1941-2018)⁴ qui est également secrétaire scientifique du Conseil pour le Cosmos.

Nota

1-biographie dans E&T n°38.

2-Termine la faculté de droit international de l'Institut d'Etat des relations internationales du ministère des Affaires étrangères de Moscou en 1954. Il y poursuit des études et devient candidat en sciences juridiques en 1957. Il entre alors au présidium de l'Académie des sciences. En 1967, il devient vice-président et conseiller en droit du conseil Intercosmos. En



Décorations à Intercosmos en 1981.

1981, il devient directeur adjoint et chef du secteur de droit étranger et international de l'Institut de l'Etat et du droit de l'Académie des sciences. De 1979 à 1990, il participe aux travaux du sous-comité de droit du COPUOS. En 1992, il est élu membre de la Commission de droit international dont il prend la présidence en 1994. Le 26 janvier 1995, il est élu au tribunal international des Nations-Unies à La Haye. Le 6 février 1997, il est élu pour un second mandat qui se termine le 5 février 2006. Parallèlement, il passe un doctorat et enseigne dans de nombreuses universités et instituts.

3-Termine l'institut d'énergétique de Moscou (MEI) en 1931, puis travaille à l'institut des liaisons de l'armée. Là il élabore le théorème d'échantillonnage temporel d'un signal qui porte son nom. En 1933/41, il travaille au TsNII des liaisons du ministère des liaisons. En 1938, il est candidat es sciences techniques. L'année suivante, il réalise un appareil de liaison reliant Moscou à Khabarovsk. Puis il réalise un système de cryptographie qui sera utilisé pendant la seconde guerre mondiale. Il est évacué à Oufa en 1941/43. Par ailleurs, il met au point des appareils de télémessure pour avions en 1944/47. Il reçoit deux prix d'Etat en 1943 et 1946. Il est chef de chaire à la faculté radiotechnique du MEI en 1944/80. En 1946, il passe sa thèse de doctorat sur la résistance aux interférences potentielles. En avril 1947, il prend la direction du secteur des travaux spéciaux du MEI qui réalise le système de télémessure Indikator testé à bord du missile R-2E en 1949. En 1953, il est directement élu membre de l'Académie des sciences et devient directeur adjoint de l'Institut de radiotechnique et d'électronique (IRE). Puis il en prend la direction en 1954/87. Il est président du conseil scientifique pour la radioastronomie en 1961/89. Il réalise l'étude radar de Vénus en 1961, Mercure en 1962, Mars en 1963, etc) et reçoit pour cela le prix Lénine en 1964. Plus tard, l'IRE fera le radar des sondes Venera-15 et 16 en 1983. Il dirige la chaire «Ondes électromagnétiques» du MFTI en 1968/99. Il reçoit la médaille de Héros du travail socialiste en 1969. En 1970, il est vice-président de l'Académie des sciences. En 1975, il est président intérimaire de l'Académie (départ de Keldysh), puis premier vice-président en 1975/88. Il reçoit sa seconde médaille de Héros du travail socialiste

satellite	constructeur	nom	lanceur	mission
DS-U1-IK	Youjnoe	IK-2, 8	11K63	ionosphère
DS-U2-IK	Youjnoe	IK-3, 5, 13	11K63	magnétosphère
DS-U2-IK	Youjnoe	IK-10, 12, 14	11K65M	Relations ionosphère-magnétosphère
DS-U2-IK	Youjnoe	IK-9 Copernic-500	11K63	Etude du Soleil
DS-U3-IK	Youjnoe	IK-1, 4, 7, 11*, 16A*, 16B*	11K63 11K65M*	Etude du Soleil
13KS/Energiya	TsKB Progress	IK-6	11A57	Etude des rayons cosmiques.
AUOS-Z-T-IK	Youjnoe	IK-15	11K65M	prototype
AUOS-Z-R-E-IK	Youjnoe	IK-17 Ellipse	11K65M	Etude des rayons cosmiques + réflecteurs-laser
AUOS-Z-M-IK	Youjnoe	IK-18 + Magion	11K65M	magnétosphère
AUOS-Z-I-IK	Youjnoe	IK-19 Ionozond	11K65M	ionosphère
AUOS-Z-R-P-IK	Youjnoe	IK-20, 21 Priroda	11K65M	Etude des ressources terrestres
11F651	VNIIE	IK-22 Bulgarie-1300	8A92M	météorologie
SO-M n°510	Lavotchkine	IK-23 Prognoz-10/Intershock	8K78M	Etude l'onde de choc entre la magnétosphère et le vent solaire
AUOS-Z-AV-IK	Youjnoe	IK-24 Aktivny + Magion-2	11K68	magnétosphère
AUOS-Z-AP-IK	Youjnoe	IK-25 Apex + Magion-3	11K68	magnétosphère
AUOS-SM-KI-IK	Youjnoe	IK-26 Koronas-I	11K68	Etude du Soleil
SO-M2 n°2512	Lavotchkine	Prognoz-11/Interbol-1 + Magion-4	8K78M	Etude de la relation Soleil-Terre
SO-M2 n°2513	Lavotchkine	Prognoz-12/Interbol-2 + Magion-5	8K78M	Etude de la relation Soleil-Terre
Expériences embarquées				
11F614ME	VNIIE	Meteor-1-25, 1-28, 1-29	8A92M	Spectromètre IR
Biosatellites Bion	TsKB Progress	Cosmos-690, 782, 936, 1129, 1514, 1667, 1887, 2044	11A511U	Etudes médico-biologiques
Prognoz	Lavotchkine	Prognoz-5, 6, 7, 8 et 9	8K78M	Expériences
Venera	Lavotchkine	V-15/16, Vega-1/2	8K82	Expériences
Mars	Lavotchkine	Phobos-1/2	8K82	Expériences
Fusées géophysiques				
B3A 500 km	RKK Energiya	Vertikal-1, 2	R-5V	Rayonnement solaire UV et X, paramètres ionosphériques et particules de météores.
B3AΦ-C 500 km	RKK Energiya	Vertikal-3, 5, 8, 9, 11	K65UP	Etude de l'atmosphère et de l'ionosphère, ainsi que de l'interaction du vent solaire avec l'atmosphère.
B3AΦ-H 1500 km	RKK Energiya	Vertikal-4, 6, 7, 10	K65UP	idem
Vols habités				
11F615A12	RKK Energiya	Apollo-Soyouz	Soyouz-19	
11F615A12	RKK Energiya	Caméra MKF-6 Radouga	Soyouz-22	Imagerie optique-Expériences
11F615A9	RKK Energiya	Soyouz-28 (Tchécoslovaquie), Soyouz-30 (Pologne), Soyouz-31 (RDA), Soyouz-33 (Bulgarie), Soyouz-36 (Hongrie), Soyouz-37 (Vietnam), Soyouz-38 (Cuba), Soyouz-39 (Mongolie), Soyouz-40 (Roumanie).		
11F732	RKK Energiya	Soyouz-T6 (France, PVH), Soyouz-T11 (Inde)		Expériences
11F732A51	RKK Energiya	Soyouz-TM-3 (Syrie), Soyouz-TM-5 (Bulgarie), Soyouz-TM-6 (Afghanistan), TM-7 (France, Aragatz), TM-13 (Autriche).		Expériences

Tableau des réalisations d'Intercosmos.

en 1978. Il est président du conseil Intercosmos et adjoint du conseil pour le Cosmos de 1980 à 1991. Il est vice-président de l'Académie internationale d'astronautique en 1983/95. Il a reçu les médailles d'or A. S. Popov en 1974, Lomonossov en 1981, Keldysh en 1987, six ordres de Lénine (1956, 1957, 1967, 1969, 1975, 1978), deux ordres du travail du drapeau rouge (1961, 1988), l'ordre de la révolution d'octobre (1983). Il meurt le 11 février 2005.

4-travaille à l'OKB-52 de Reoutov en 1967/70, secrétaire scientifique du MNTS-KI en 1970/89, secrétaire scientifique du Conseil pour le Cosmos en 1989/2018, chef du Bureau pour le Cosmos (IBK).

AGO d'Aritage le 28 mai 2026

Le 28 mai 2026, l'association Airitage (patrimoine d'Aérospatiale, Matra et Airbus), créée il y a 25 ans, a tenu son assemblée générale ordinaire au centre d'Affaires La Boursidière à Plessis-Robinson.

A l'ordre du jour :

- 1) Approbation du C.R. de l'A.G.O. précédente,
- 2) Rapport Moral du Président,
- 3) Rapport Financier du Trésorier,
- 4) Approbation des comptes 2025 et Quitus au Bureau,
- 5) Budget 2026 et montant des cotisations 2027,
- 6) Notre Association dans 3 ans (Appel à soutien actif)
- 7) Election du nouveau C.A. (renouvellement par tiers),
- 8) Mécénat vers les Asso membres,
- 9) Avancement F.D.D.,
- 10) Tour de table.
- 11) Questions diverses

Dans le cadre de l'élection du nouveau CA, Christian Lardier, président de l'IFHE, a été élu lors de l'AGO. L'IFHE fait partie des associations membre d'Airitage depuis sa création. Par ailleurs, il a fait don à Airitage d'une collection "presque" complète du magazine le Fana de l'aviation (photo ci-jointe), collection qui venait de chez Herbert Leonard, décédé le 2 mars 2025.



photos : C. Lardier,

7. Election du nouveau C.A. (renouvellement par tiers),

Ci-après le Conseil d'Administration AIRitage 2026 : P. Tramier, P. Mercillon et Ch. Lardier ont fait acte de candidature en remplacement de messieurs Lentignac, Rocca et Kraenbuehl.



C.A. 2026 – Soumis au vote

C. Boileau, (FO)	F. Rimbart - Chercheur
C. Chassery (VZ)	Ph. Prost (TO)
C. Cotillard, (PR)	J. Rosse, (CN)
D. Eward, (PR-TO)	N. Saldenberg, (PR)
B. Fourcade, (VZ)	J.P. Salsenach, (TD)
D. Gardette (BO)	F. Sarrazin, (DGA)
R. Guigü, (MY)	J.P. Sauré, (CH)
F. Jams, (MU)	G. Sciocco, (TO)
Ph. Jung, (CA)	J.P. Schmitt, (PR)
Ch. Lardier, (IFHE)	P. Tramier (PR)
P. Mercillon (PR)	Ph. Van Lierde, (CH)
M. Pelletier, (CH)	

Tiers à renouveler en 2026

UNANIMITE

3^{ème} résolution :

Après vote, l'Assemblée Générale approuve à l'unanimité la composition du nouveau Conseil d'Administration dont le mandat s'exercera jusqu'à la prochaine Assemblée Générale.

Nota important : Le bureau de l'association sera élu lors du Conseil d'Administration qui se tiendra dès la fin de la présente A.G.O.

Soutenez notre action.....Rejoignez-nous

Bulletin d'adhésion à l'IFHE

Nom : _____ Prénom : _____

Adresse : _____

Code postal : _____ Ville : _____

Tél : _____ mail : _____

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

Mode de paiement : _____ Montant : _____

Signature : _____

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

Le 61^e congrès “Tsiolkovsky” à Kalouga les 15-17/9/2026

Le congrès est organisé par le Musée d'Etat de Cosmonautique (GMIK) de Kalouga et l'Institut d'histoire des sciences et techniques de l'Académie des sciences (IIET RAN).

La session n°1 d'histoire comprenait les exposés suivants :

-«L'exploration de l'espace extratmosphérique à l'aide d'engins à réaction» dans l'histoire de la cosmonautique : à l'occasion du 100^e anniversaire de sa publication (1926-2026) par T.N.Jelnina.

-L'académicien A.F. Bogomolov : contribution scientifique à l'industrie spatiale par L.N.Kanunova (GMIK).

-Concepteur de technologies aéronautiques et spatiales P.V. Tsybin par S.A.Guerassioutine.

-K.P. Feoktistov – un constructeur qui a conquis l'espace (à l'occasion du 100^e anniversaire de sa naissance) par P.A.Kolpakov (RUDN).

-Documents pour la biographie de You.V.Kondratiouk au Musée de cosmonautique You.V.Kondratiouk de Novossibirsk par A.I.Mironenko.

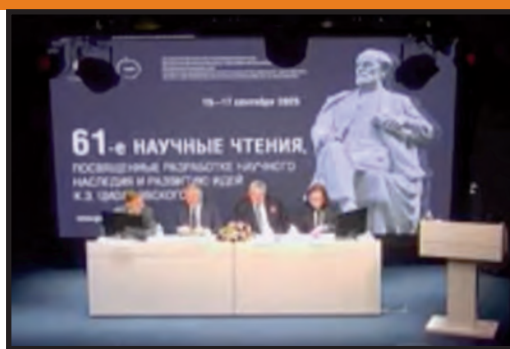
-Extrait de l'histoire du développement du moteur ORM-65 (à l'occasion du 90^e anniversaire de sa création) — V.S. Soudakov, S.A. Kolinova (EnergoMach).

-Intersputnik : ordre organisationnel et principes de fonctionnement par V.S. Batchenko (IRI RAN).

-Le programme Energiya-Burane : un regard de l'intérieur (basé sur les mémoires du constructeur en chef A.M. Makhnovskiy) par M.V.Makhnovskaya, P.A.Kolpakov.

-Développement des idées de K.E.Tsiolkovski dans les œuvres de F.Yu.Siegel par M.V.Sitnikov.

-You.P.Pokhitonov - gardien de la mémoire du studio de cinéma "Tsentrnauchfilm" par T.P. Moussatova.



Session plénière du 15 septembre.

Mishina.

La session n°3 “Tsiolkovsky et la mécanique du vol spatial” comprenait l'exposé suivant :

-Sur le rôle d'OKB-1 dans le développement de la cosmonautique en Russie et dans le monde par L.V.Dokoutchaiev, V.V.Ivachkine, V.G.Petoukhov (TsNII Mach-IPM).

La session n°4 “Tsiolkovsky et les problèmes médico-biologiques spatiaux” comprenait l'exposé suivant :

-"Union stellaire : la contribution du programme Interkosmos à la médecine spatiale. A l'occasion du 60^e anniversaire de sa création" par A.R.Kussmaul, O.V.Volochine, M.S.Belakovskiy (IMBP).

La session n°6 “Cosmonautique et Société. Philosophie de Tsiolkovsky” comprenait les exposés suivants :

-Exploration spatiale durable : un nouveau concept (à l'occasion du 100^e anniversaire de la publication du plan de K.E.Tsiolkovski (1926) et du 90^e anniversaire d'A.D.Oursoul) par S.V. Kritchevskiy (IIET).

-A.D.Oursoul (1936-2020) : contribution à la création et au développement de la section «philosophique» des lectures K.E.Tsiolkovski par S.V. Kritchevskiy (IIET).

-You.A.Gagarine et le Kouzbass spatial (à l'occasion du 65^e anniversaire du premier vol spatial habité) par D.You.Kouvchinov, V.V.Shiller.

-Lithographie de R.K.Joukovski «Le retour de la machine aéronautique de Bombay, via Kalouga, à Londres» (1843) comme source historique et d'histoire locale par N.A.Maksimovskaya.

-Reflète des idées de K.E. Tsiolkovski dans l'œuvre de l'artiste Alexandre Golubev par E.A.

Le 7^e congrès “G.S.Titov” à Moscou les 9-10/9/2026

Le premier congrès socio-scientifique “G.S.Titov” s'est tenu en 2020 à l'occasion des 85 ans de sa naissance, puis il y a eu le 2^e en 2021, le 3^e en 2022, le 4^e en 2023. En 2024, il devient le MNPK (Conférence Internationale Scientifique et Pratique). En 2025, il devient le 1^e VNPK (conférence nationale Scientifique et Pratique). Et en 2026, c'est le second VNPK. Le congrès est organisé par l'IIET Vavilov, la Fédération de Cosmonautique de Russie



(FKR), et l'Université Bauman avec le soutien de Roscosmos et de l'Armée Spatiale (KV). Il a été ouvert par le président de la FKR, l'ancien cosmonaute Alexandre P. Alexandrov (1) en présence de Tamara Vassilievna, veuve de Titov. Il y avait neuf sessions dont la n°1 sur l'histoire de la cosmonautique.

L'année 2026 est le 65^e anniversaire du vol de Vostok-2, second vol habité de l'histoire après celui de Gagarine, qui s'était déroulé les 6-7 août 1961.

A cette occasion, Titov effectue, à l'âge de seulement 25 ans, un vol d'une journée (25 h 18 min). Guerman Stepanovitch Titov (11/9/1935-20/9/2000) est né à Moscou, mais il a grandi, pendant la seconde guerre mondiale, dans l'Altaï en Sibérie. A 17 ans, il entre dans une école de pilotes militaires à Koustanaï, puis à celle de Novossibirsk qu'il termine le 9/7/1957. Le 5/11/1957, il est affecté à la base de Sivers près de Gatchina dans la région de Léninegrad. Il est



Ouverture du congrès.

sollicité pour devenir cosmonaute à l'automne 1959. Il est finalement retenu dans le groupe des 20, dit de "Gagarine", début mars 1960. Le 11/10/1960, il fait partie du groupe des six pour le premier vol (Gagarine, Titov, Nelioubov, Nikolaïev, Popovitch, Bykovsky). Un examen final a lieu les 17 et 18 janvier 1961. Le groupe est alors divisé en deux : Gagarine, Titov, Nelioubov (lieutenants) pour le premier vol et Nikolaïev, Popovitch, Bykovsky (capitaines) pour les vols ultérieurs. Au final, le 12/4/1961, Gagarine est le premier, Titov la doublure et Nelioubov la triplure.

Le président de la Commission d'Etat pour Vostok-2 était le ministre L.V.Smirnov (depuis le 6/7/1961). Le 3 août, elle désigne Titov avec Nikolaïev comme doublure et Bykovsky comme triplure. Le décollage a lieu à 9 h (heure de Moscou) et le retour intervient le 7 août à 10 h 18 (heure de Moscou) à Krasny

Kut près de Saratov. Titov est alors amené à Kouybychev où il fait son rapport à la Commission d'Etat le 8 août (il a alors été rejoint par Gagarine qui revenait du Canada). Le 9 août, ils arrivent à Vnoukovo et sont reçus au Kremlin où il reçoit la médaille de Héros de l'Union Soviétique. Le 10 août, il est de retour à la Cité des Etoiles. Le 11 août, il est à la conférence de presse de l'Académie des sciences. Le 12 août, il est reçu par Korolev à l'OKB-1. La suite de sa carrière

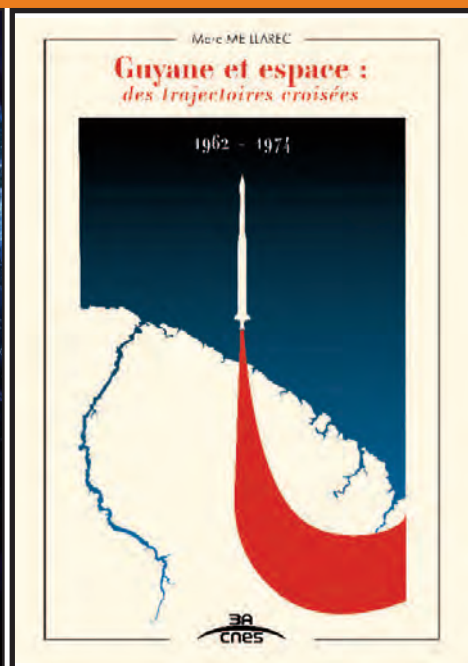
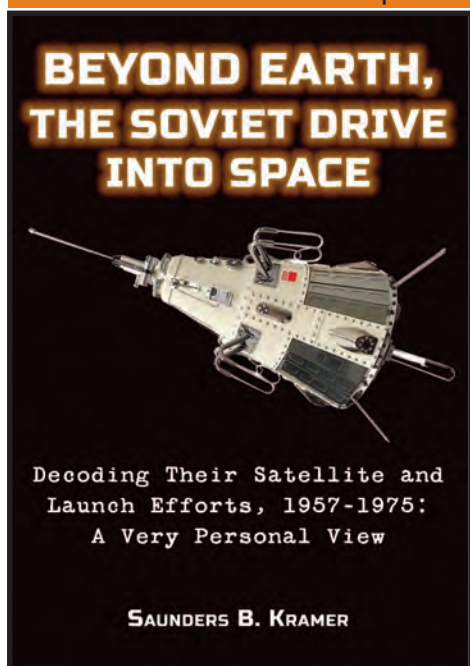
commence comme instructeur à la Cité des Etoiles, puis il est affecté sur la navette Spirale en 1966/70. Après avoir terminé l'Académie de l'Etat-major en 1972, il devient chef adjoint du réseau de poursuite (KIK), puis adjoint pour la R&D, puis 1^{er} adjoint de Forces spatiales en 1979/91. Il est alors président de commissions d'Etat pour la fusée Zenit-2, le satellite Tselina-2, la station orbitale militaire Almaz, etc. Il était général-colonel d'aviation en 1988, prix Lénine en 1990 (pour la Zenit-2). En 1991, il est élu député à la Douma, mais ne se représente pas en 1995. Il est décédé à 65 ans d'une crise cardiaque.

Nota

1-les présidents de la FKR étaient A.V.Filipchenko en 1978/80, N.N.Roukavichnikov en 1981/1999, G.S.Titov en 1999/2000, V.V.Kovalev en 2001/2020, puis A.P.Alexandrov en 2021.

Nouveaux livres

par Christian Lardier, administrateur de l'IFHE



Conférence de l'Aéroclub de France du 27 mars 2026 par Christian Lardier, administrateur de l'IFHE

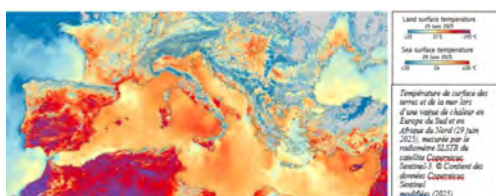


La Commission Astronautique de l'Aéro-Club de France
et l'Agence Spatiale Européenne

Conférence – Table ronde
Le vendredi 27 mars 2026 à 18h30 à l'Aéro-Club de France

« Océans & climat – L'apport du programme européen
d'observation de la Terre Copernicus »

Avec la participation de : **Pierre Potin**, Chef du Bureau Spatial Copernicus, ESA, **Jérôme Bouffard**, Responsable des missions Sentinel-3 et Cristal, de l'ESA et **Patrick Vincent**, ex-Directeur Général Délégué de l'Ifremer.



À l'heure où l'Europe doit renforcer sa capacité d'anticipation face aux crises environnementales et maritimes, le programme européen **Copernicus** s'impose comme un atout stratégique : une capacité d'observation spatiale de la Terre (satellites Sentinel, services Copernicus et données *in situ*) conçue pour garantir à l'Europe un accès fiable et durable à des informations environnementales de référence. Copernicus repose sur un système de données ouvertes, accessible aux décideurs publics comme privés, pour éclairer des choix opérationnels, environnementaux, économiques et de politique publique.

Cette table-ronde proposera une soirée faite d'échanges et de présentations illustrées montrant comment ces données diverses contribuent à l'étude des effets du changement climatique et se transforment en outil d'aide à la décision (du suivi des tendances de fond à la gestion opérationnelle des risques).

Avec un **focus sur l'océan**, les intervenants exploreront ce que Copernicus permet de mesurer et de comprendre : niveau de la mer, état de la houle, courants, température, vagues de chaleur marines, "couleur" de l'eau, glace de mer et indicateurs associés. Autour de l'ESA et d'experts dans le domaine, les échanges mettront en perspective des applications concrètes et les évolutions à venir des capacités européennes d'observation du milieu marin.



De g à dr, Jérôme Bouffard, Pierre Potin, Patrick Vincent.



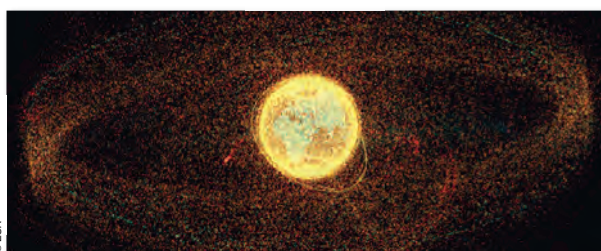
photos : C.Lardier,

Conférences de l'Aéroclub de France du 27 mars 2026 par Christian Lardier, administrateur de l'IFHE



Commission Astronautique de l'Aéro-Club de France,

Conférence – Table ronde
Lundi 1^{er} juin 2026 à 18h30
**L'Espace proche en mutation :
enjeux et gouvernance du trafic spatial**
Table ronde animée par **Xavier Pasco**, directeur de la FRS
(Fondation pour la Recherche Stratégique)



© ESA

L'augmentation du trafic spatial autour de la Terre et la multiplication des intérêts publics et privés vont de pair. Jusqu'à une situation dangereuse d'encombrement. Quelle est la situation au-dessus de nos têtes ? Comment agissent et réagissent les acteurs : industriels, opérateurs ? Quelles gouvernances envisager ? Telles sont les questions posées lors de cette table ronde animée par Xavier Pasco et auxquelles tenteront de répondre :

- **Mme Chehineze Bouafia**, directrice des Affaires internationales et réglementaires, Espace et Télécommunications, Eutelsat,
- **Dr. Pascal Faucher**, Défense et Sécurité, CNES. Président du programme européen de surveillance de l'espace (EU SST)
- **Le général Michel Friedling**, cofondateur et Chief Executive Officer, Look Up, ancien Commandant de l'Espace, ministère des Armées.

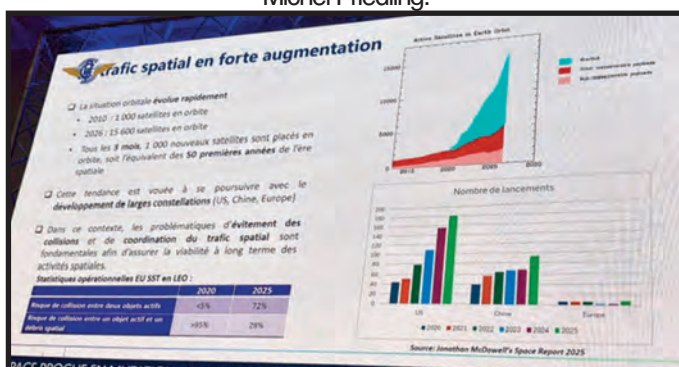


INSCRIPTIONS

La conférence se tiendra à l'Aéro-Club de France, Salon Dorand, 6 rue Gallée, 75116 Paris
Merci de nous confirmer votre inscription en envoyant un mail précisant vos nom et prénom à :
communication@aeroclub.com



De g à dr, Xavier Pasco, Pascal Faucher, Chehineze Bouafia, Michel Friedling.



Le risque de collision entre 2 objets actifs est passé
de < 5 % à 72 % en cinq ans

photos : C.Lardier,

Hommage à Roger-Maurice Bonnet le 3/6/2026

par Christian Lardier, président de l'IFHE



Carole Mundell, Directrice de la science à l'ESA



Willy Benz, directeur de l'ISSI de Bern



Pascale Ehrenfreund, présidente du Cospar



Frederic Auchère, directeur de l'IAS



Jean-Michel Contant, secrétaire général de l'IAA



Olivier Witasse, ESA



Christian Lardier, président de l'IFHE



Pierre-François Mouriaux, président d'Histoires d'Espace



Guy Duchossois, ex ESA



Maria Piera Padula, ESA



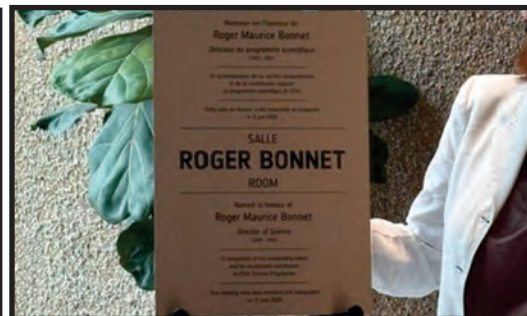
Assistance de l'hommage



Géraldine Naja et Carole Mundell



Ariane Bonnet-Dubosc



Inauguration de la salle R-M Bonnet à l'ESA.

Carnet gris

Christophe Rothmund (28/5/1961-?/9/2026)

Né le 28 mai 1961 à Offenbourg (Allemagne), il est diplômé de l'École nationale d'ingénieurs de Belfort en 1985 et de l'École supérieure des techniques aérospatiales en 1986. Il travaille au LRBA (Laboratoire de recherches balistiques et aérodynamiques) de Vernon en novembre 1986/octobre 1987, puis entre chez Snecma à Vernon en novembre 1987. Il a travaillé sur les systèmes de propulsion d'Ariane-4 et d'Ariane-5 de 1987 à 1992. Il a ensuite été chargé de la communication interne du site de Vernon. En 1996, il a repris des activités techniques au sein du département des projets avancés. Durant cette période, il a travaillé sur des systèmes de propulsion hypersonique, sur un concept de tuyère «aerospike» linéaire pour l'ESA, ainsi que sur divers concepts de lanceurs de future génération. En 2001, il travaille au sein du département Prospective. Christophe était connu comme L'Historien du site de Vernon depuis 1989. Il a publié plus nombreux articles consacrés à l'histoire de la propulsion en France et il a notamment participé aux symposiums d'histoire de l'IAF (History Committee de l'IAA) de 1991 à 2015. Il a été élu membre correspondant de l'IAA en 2009.

Messages des amis :

-C'est une terrible nouvelle, même si l'on savait qu'il avait de graves problèmes de santé depuis longtemps. Il avait une spécificité rarissime dans le monde, celle de s'intéresser de près à la fois à l'histoire de l'astronautique, et aussi à celle de l'aéronautique! Il fut ainsi naturellement le secrétaire de la Commission Histoire de la 3AF. Et un grand spécialiste de l'histoire des fusées et moteurs-fusées des LRBA & SEP, notamment lors des colloques et Samedis de l'Histoire de la 3AF, et des Symposia IAC History of astronautics. Il laisse donc un riche héritage. Il avait d'abondantes archives, qui doivent contenir de précieux et uniques documents. Espérons que, comme trop souvent, elles ne vont pas disparaître. **Philippe Jung**



Sandra Häuplik-Meusburger, Otfrid Liepack, Vera Gomez, Christophe Rothmund au Spring Meeting en mars 2019.

-This is incredibly sad news. Christophe Rothmund was a very active and important figure in the History Committee, and it is very sad to lose him. He was a wonderful colleague and friend to many of us. Let's honour him and his many contributions and activities! I would be very grateful if some of you could write a few lines about him and his work that we could share through our channels. My sincere condolences to all, and especially to his family and friends. Warm regards, **Sandra Häuplik-Meusburger.**

-I am shocked. Thank you for your information. I have good memories working together with Christophe during my early space history days... Yes, rest in peace our friend! **Niklas Reinke**

-That is very sad news. I will have him in my thoughts and prayers...If someone (Christian?) can prepare a little writeup on the life and achievements of Christophe, then perhaps Brian

Odom can place the writeup (with image) in the NASA HQ History Office newsletter ... and we can approach Chris Gainor and Scott Sacknoff about a similar item in Quest. **Mike Ciancone**

-This is such sad news. It is many years since I last met Christophe but he is a man and space authority I will never forget. Thank you for letting us know, Christian. **Doug Millard**, Deputy keeper Science Museum London

-Indeed, this is very sad news. I am grateful to have known him and to have benefited from his knowledge and companionship. He will be greatly missed.

Auf Wiedersehen, mein Freund!!!! **Otfrid Liepack**

-Sad news indeed. Christophe was one of the first members of the History group that I met many decades ago. I remember his wide range of interest. Christian, thank you for informing us. **Randy Lieberman**

-Dear History Colleges, It is indeed sad to know that Christoph is gone. It was my privilege, as ours, to share his way for thought a long time and I am very thankful that we have met in Paris this spring. Another

great friend and cornerstone of French spaceflight history legacy is gone; you will be missed as the others too. **Karl-heinz Rohrwild**

-I too, share with you all my sadness of the passing of Christoph. I remember him from the earliest days of our history group and he will surely be missed. **Frank Winter**

-I only had the chance to interact with Christoph on a few occasions, but he was incredibly generous with his knowledge. When I was trying to find additional sources regarding the French solid-propellant engines used by Argentina in the 1960s, he pointed me in the right direction and shared his vast expertise with grace and enthusiasm. He will be missed. **Pablo De Leon**

-Oh no! Christophe was so kind and generous with me since we met 20 years ago. He believed in me even when I didn't and motivate me to pursue a space career. I will always remember him as a knowledgeable wise person. He shall be missed! **Vera Gomez**

-This is a sad news for all of us. First of all the family has lost a dear member. My sincere condolences. And the space history community has lost an excellent researcher and author of many, many important reports. Christophe was always a reliable support to the work of publishing our history symposia proceedings from the early 1990's for as long as his health permitted. We will all miss you Christophe! In deep respect, **Inge-mar Skoog**

-I was very sad to hear of the death of Christophe. His work on the Soviet and Russian space programs was particularly invaluable, particularly now when there are so many efforts to break up the human space effort into a new "rivalry" and with the loss of the sense that space exploration is for the benefit of ALL mankind, and not to aggrandize of national pride or national power. His voice will be missed among those of us who are attempting to set the record straight on this matter. **William Jones**

-I'm sorry to hear your sad news. I didn't know Christophe personally, only by reputation. My condolences to you, and his friends and family. Best regards **Rob Godwin**

-Please let me add to the profound appreciation and memory of Christophe! He was unfailingly welcoming and supportive and greatly helped me in my early ef-

Paper IAA de Ch. Rothmund 1991-2015

- IAA-91-678 de 1991 : "Coralie : the forgotten rocket".
- IAA 92-195 de 1992 : "The early days of LOX/LH2 engines at SEP and MBB" par Hopmann Helmut & Rothmund Christophe.
- IAA 93- 675 de 1993 : "The history of the Vikong engine".
- IAA 2.1.612 de 1994 : "From SEPR to SEP 1944-1994".
- IAA 2.2.03 de 1995 : "Etude 4212 : the first french large liquid rocket project"
- IAA 2.3.07 de 1997 : "50 years of rocket propulsion in Vernon".
- IAA 2.2.04 de 1998 : "An overview of french astronautical activities in the 1930's".
- IAA 2.3.06 de 1999 : "History of the French sounding rockets - Part-1: Veronique & Vesta - their development and their operation" par Rothmund Christophe & Lafon Jean-Louis.
- IAA 2.3.04 de 2000 : "Rugged efficiency - A history of French liquid rocket engine developments from Veronique to MS-100 (1950-2000) par Rothmund Christophe & Girault Jean-Philippe.
- IAA 2-3-08 de 2001 : "Simplicity, Reliability and Affordability : 40 years of Upper stage engines at Snecma Moteurs".
- IAA 2-4-07 de 2002 : "Non-conventional propellants & propulsion system research & development at Snecma Moteurs 1946-1975".
- IAA 2-2-04 de 2003 : "40 years of the French-German cooperation in space propulsion".
- IAA 6.15.3.04 de 2004 : "Reusable man-rated rocket engines : the French experience 1944-1996".
- IAA E4.3.05 de 2005 : "60 years of rocket engine test facilities at Snecma Moteurs".
- IAA E4.3.04 de 2006 : "Fluorine rocket engine demonstrators".
- IAA E4.2.07 de 2007 : "The first European cryogenic engine was tested 40 years ago : the HM-4 cryogenic engine history".
- IAA E4.3.06 de 2008 : "The propulsion system of the Ludion one-man hopper : an Anglo-French engine cooperation 40 years ago".
- IAA E4.2.02 de 2009 : "The Diamant-A launch vehicle first stage propulsion system : a liquid propellant engine fitted with a solid propellant gas generator".
- IAA E4.3.06 de 2010/IAA E4.3.03 de 2011/IAA E4.2.07 de 2012 : "The Valois engine and the Diamant-B launch vehicle first stage propulsion system".
- IAA E4.1.05 de 2013/IAA E4.2.05 de 2015 : "BMW rocket engine 1939-1945".

forts to participate in the IACs. It was fascinating and informative to attend panels with him and hear his insights. Best to all, **Andrew Erickson**

-I was shocked and deeply saddened to hear of Christophe Rothmund's passing. For many years, he and I were very close friends, sharing a love of various science fiction franchises alongside our mutual passion for space history - he even got me hooked on bande dessinée! Unfortunately, as some of you will be aware, the mental health impact of his brain tumour and its removal led him to withdraw from many friendships, and I'd had no contact from him since our last meeting in Paris at the IAC in 2022. It has been lovely to read all the good memories of Christophe that are being shared: he was an excellent space historian and a great asset to our Committee when he was in active participation, his papers and discussions always worth reading/listening to, and as has already been mentioned, always willing to share his knowledge and help new members of the Committee. He even very kindly spent a few days showing one of my sisters and her husband around Paris on their visit there about ten years ago, and she has also been sad to hear of his passing. Thank you Christian for letting us know about his passing. Vale Christophe Rothmund: you will be greatly missed my friend! Regards to all, **Kerrie Dougherty**

-I am very sorry to hear that. May he rest in peace! **Hannes Mayer**

Jean-Jacques Susse (19/5/1942-3/7/2026)

Diplômé de Polytechnique (X62), de l'Ecole Nationale supérieure du Génie maritime en 1965 et de SupAéro, il entre au Cnes en 1967 comme responsable du 2^e étage de Diamant-B, puis part au ministère de l'Industrie en 1971. En 1975/76, il est attaché spatial à l'Ambassade de France à Washington. En 1976/78, il est conseiller technique au cabinet du ministre de l'Industrie (Michel d'Ornano, puis René Monory).

En 1979/84, il est sous-directeur des programmes industriels au Cnes, puis directeur des affaires internationales et indus-



trielles en 1984/86. En 1986/89, il dirige le centre spatial de Toulouse (CST). En 1989/93, il est directeur général adjoint chargé de la Recherche et des Applications. En 1991, pdg de Locstar. En 1993/95, il est directeur général adjoint du Cnes. En 1995/97, il est conseiller du président du Cnes. En 1997/2002, il est Haut fonctionnaire de défense et de sécurité au ministère de l'Education Nationale et de la Recherche.

Chevalier de la Légion d'honneur, Commandeur de l'Ordre National du Mérite en 2001.

Abdoul Ahad Mohmand (1/1/1959-21/6/2026)

Né dans la province de Ghazni, près ses études secondaires, il entre à l'Institut polytechnique de Kaboul qu'il termine en 1978. Il est envoyé dans l'école de pilote militaire de Krasnodar (URSS), puis à l'école militaire supérieure d'ingénieurs aéronautiques de Kiev (Ukraine). En 1981, il devient pilote de chasse. En 1987, il termine la filiale de Kiev de l'Académie militaire de l'air "Gagarine" et devient commandant adjoint d'un régiment à Bagram. En juillet 1987, un accord Soviéto-Afghan est signé pour faire voler un cosmonaute sur la station Mir. Une sélection est organisée : 457 candidats répondent et deux finalistes sont retenus Abdul Mohmand (Patchoune) et Mohammad Dauran (Tadjik). Leur entraînement, commencé en février 1988, ne dure alors que 6 mois. Au début, Dauran est principal et Mohmand doublure, mais



à la suite d'une crise d'appendicite de Dauran en juillet, les rôles sont inversés. Deux équipages sont formés : Liakhov, Poliakov, Mohmand et Berezovoï, Arzamazov, Dauran. Le vol a lieu du 29 août au 7 septembre (décollage avec Soyouz-TM6 et retour avec Soyouz-TM5). Il est devenu la première personne à emporter le Coran dans l'espace. Il termine l'académie de l'état-major général puis retourne à Kaboul. Lorsque le régime taliban arrive au pouvoir en 1992, il se trouvait en Inde pour un voyage d'affaires et a été contraint de rester à l'étranger. Il a demandé l'asile politique à l'Allemagne. Il s'installe à Ostfildern, dans le Land de Bade-Wurtemberg, où il travaille comme ouvrier dans une imprimerie, puis comme comptable dans une petite entreprise. Il devient citoyen allemand en 2003. Il est décédé d'un cancer Stuttgart.

Alexandre Panaïotov Alexandrov (1/12/1951-10/7/2026)

Né à Omurtag, région de Targovichti, près de la ville d'Antonovo (Bulgarie). Après ses études secondaires, il entre à l'école supérieure d'aviation "Georgui Benkovsky" qu'il termine en 1974. Puis, il sert comme pilote-ingénieur. En 1977, il est sélectionné avec Georgui Ivanov pour un vol Soviéto-Bulgare. Il arrive à la Cité des Etoiles en mars 1978. Puis il est doublure d'Ivanov pour le vol de Soyouz-33 en avril 1979. Mais le vaisseau a un problème de moteur principal à une distance de 1 km de la Saliout-6. Il est décidé de rentrer sur Terre avec le moteur de réserve. En 1983, il est candidat es sciences techniques à l'IKI de Moscou, puis devient directeur adjoint de l'institut d'études spatiales de l'Académie des sciences de Bulgarie. En 1986, un second vol Soviéto-Bulgare est décidé (mission Chipka). En janvier 1987, il retourne à la Cité des étoiles



avec sa doublure Krasimir Stoianov. Les équipages sont Anatoli Soloviev (1^e vol), Victor Savinykh (3^e vol) et Alexandre Alexandrov avec Liakhov (3^e vol), Serebrov (3^e vol) et Stoianov comme doublures. Il décolle à bord de Soyouz-TM5 et revient à bord de Soyouz-TM4 (9 j 20 h 10 min) en juin 1988. Il est fait Héros de l'Union Soviétique. De retour en Bulgarie, il s'engage dans un doctorat. Puis il est co-proprétaire d'une petite compagnie aérienne et, pendant un temps, est ministre adjoint des Transports. En 2013, il est représentant de la Korporation MiG en Bulgarie. Il s'est présenté aux élections de député, mais n'a pas été élu. En 2014, il est président du comité d'organisation pour la nomination de la Bulgarie comme pays hôte des Jeux Olympiques d'hiver. Il est décédé à l'âge de 74 ans.

Alexandre Mikhailovitch Samokoutiaev (13/3/1970-17/6/2026)

Né le 13/3/70 à Penza, il termine l'école des pilotes militaires de Tchernygov en 1992. Il sert dans l'armée de l'air en 1992/98 (Extrême-Orient). Puis il étudie à l'académie de l'air Gagarine en 1998/2000. Il devient chef de la planification de la 2^e direction du TsPK en 2000. Il est pilote de 3^e classe et a effectué 25 sauts en parachute. En 2003, il est sélectionné dans la



groupe des cosmonautes. Le 28/6/2005, il termine la préparation générale. Il est doublure de Soyouz-TMA-18 en 2010 et effectue son premier vol sur Soyouz-TMA-21 en 2011. Puis il est doublure de Soyouz-TMA-12M en 2014 et effectue son second vol sur Soyouz-TMA-14M en 2014. Il quitte le groupe en avril 2017 (331 jours dans l'espace). Le 19/5/2015, il devient adjoint du groupe des cosmonautes. En 2017, il est écarté pour raison médicale. En 2019, il termine l'Académie présidentielle russe de l'économie nationale et de l'administration publique (gestion des ressources humaines et politique du personnel). Député du parti "Une Russie juste" à la Douma en septembre 2020. Il quitte le TsPK le 8/1/2021. Il est décédé à 56 ans d'une longue maladie. Il était Héros de Russie en juin 2022. Il était marié avec Oksana (1972) et avait une fille Anastasia (1995).

Serguei Borissovitch Ivanov (31/1/1953-26/6/2026)

Né à Léninegrad, il termine l'Université de Léninegrad en 1975 (interprétariat en anglais), effectue un stage à Londres, entre au KGB en 1976 (travaille avec Putine), suit des cours de perfectionnement du KGB à Minsk en 1977, termine l'institut du KGB (devenu l'Académie du renseignement étranger) en 1982, envoyé en Finlande, puis au Kenya. De retour en Russie en 1991, il travaille au SVR, puis adjoint du FSB en 1998, secrétaire du Conseil de sécurité en novembre 1999/2001, mi-



nistre de la Défense en 2001/2007, président de la VPK de mars 2006 à décembre 2011, 1^{er} adjoint du gouvernement en 2007/2008, adjoint du gouvernement en 2008/2011 (pour l'industrie de défense), directeur de l'administration du président Putine en 2011/2016, membre du Conseil de sécurité en 2012/2026, représentant du président pour les questions environnementales, d'écologie et de transport en 2016/2026. Il était général-colonel de réserve.

Alexandre Georgievitch Leonov (26/2/1952-5/4/2026)

Né à Morchansk dans la région de Tambov, il termine l'Institut d'aviation de Moscou en 1975, puis entre dans l'OKB-52/TsKBM/NPO Mach de V.N.Tchelomei à Reoutov. Là, il travaille dans le KB-1 qui s'occupe des fusées ailées navales : Meteorit en 1977, puis Onix/Yakhont/Brahmos/Bastion. Il devient constructeur général adjoint, puis 1^{er} adjoint en 1998, puis directeur général-constructeur général de novem-



bre 2007 à avril 2026. Il s'est occupé des programmes du missile navl hypersonique Zirkon, du planeur hypersonique Avangard, des satellites d'imagerie radar Kondor, etc. Il était docteur es sciences techniques en 2009, professeur, puis chef de chaire au MVTU en 2011. Il a reçu le prix du gouvernement en 2001, la médaille de Héros de Russie en 2019. Son successeur est A.A.Dergatchev.

Wally Funk (1/9/1939-8/7/2026)

Née à Las Vegas, elle reçoit sa première leçon de pilotage à 9 ans. Elle termine le lycée à 16 ans et termine l'Université de l'Oklahoma en 1959. Elle devient aviatrice professionnelle. Elle est instructrice de vol dans une base militaire. En février 1961, elle postule pour un vol spatial : elle est retenue dans le groupe Mercury 13 à 21 ans. Elle est la première femme à terminer l'Académie des inspecteurs de l'aviation générale de la FAA en 1971. Elle devient enquêtrice de la sécurité



aérienne pour le National Transportation Safety Board en 1974, première femme à recevoir ce titre. En 2012, elle a acheté le ticket pour être l'une des premières personnes à voler dans l'espace grâce aux vols suborbitaux de Virgin Galactic. Finalement, elle effectue un vol suborbital lors de la mission Blue Origin NS-16 en juillet 2021 à l'âge de 82 ans, ce qui a fait d'elle, à ce moment, la personne la plus âgée à être allée dans l'espace.

Wang Xiji (26/7/1921-12/8/2026)

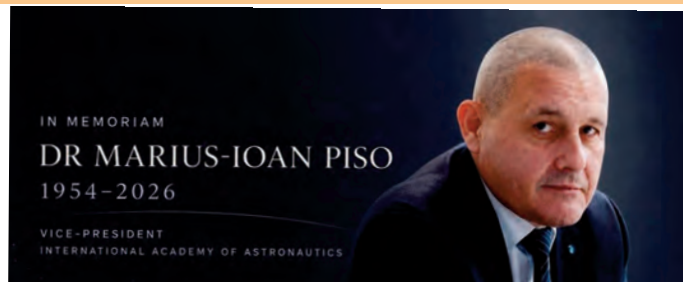
Diplômé de l'Université du Sud-Ouest en 1942, puis de l'Institut polytechnique de Virginie (USA) en 1948, retourné en Chine en 1950 où il enseigne. En 1958, il est nommé ingénieur en chef de l'Institut de génie mécanique et électrique de Shanghai. Il développe alors les fusées-sondes chi-



noises, le 1^{er} lanceur LM-1 qui lance le 1^{er} satellite chinois DFH en 1970, puis le 1^{er} satellite récupérable chinois JB-1 en 1974. Il propose ensuite le projet Shuguang de véhicule spatial avec équipage. Il était membre de l'Académie des sciences en 1993, membre de l'IAA, prix d'Etat en 1985/1990.

Marius-Ioan PISO (1954-16/8/2026)

Il fut l'un des fondateurs en 1990, 1^{er} directeur en 1995, président de l'Agence spatiale roumaine (ROSA) en 2004/2022, l'un des principaux architectes de l'adhésion de la Roumanie à l'ESA, ancien président du COPUOS de l'ONU et vice-président de l'Académie internationale d'astronautique (correspondant en 2004, académicien en 2007, chair des sciences sociales en 2015, vice-président en 2019).



Viktor Grigorievitch Tolmatchev (8/6/1951-29/6/2026)

Né à Buguruslan, région d'Orenbourg, il termine l'institut aéronautique de Kouybychev en 1974, travaille à l'usine n°235 de Votkinsk où il devient ingénieur principal, puis directeur en 1995/2020. Il produit en série les missiles Topol, Topol-M, Yars (ICBM), Boulava (SLBM), Is-



kander (tactique), Orechnik (IRBM), etc. Il a reçu le prix du gouvernement en 2004, puis le prix d'Etat Joukov en 2016. Son successeur est I.You.Tchourbanov depuis octobre 2020. Le 21/2/2026, un missile ukrainien Flamingo a frappé l'usine, faisant 11 blessés.

Stanislav Ivanovitch Ous (23/10/1936-5/5/2026)

Né à Chirokoe dans la région de Dniepropetrovsk (Ukraine), il termine l'Université de Dniepropetrovsk en 1959, entre chez OKB-586 Youjnoe, travaille sur le missile 15A14/R-36M, puis constructeur principal de la 15A18M/R-36M en 1985, puis directeur général adjoint de



MKK Kosmotras qui commercialise le lanceur Dniepr en 1997/2017, puis chef du secteur n°10 de Youjnoe. Il a reçu la médaille de Héros du travail socialiste en 1990, le prix Lénine en 1982, l'ordre de Lénine en 1976 et 1990, le prix du gouvernement de Russie en 2004.

Alexandre Nikolaievitch Vinidiktov (10/6/1950-17/6/2026)

Né dans la région de Perm, il termine l'école supérieure des ingénieurs des RVSN à Perm en 1972, puis l'Académie Dzerjinsky en 1980, sert dans la 36^e division de fusées, puis termine l'Académie de l'Etat-major général en 1990, commande la 27^e division de fusées à Svobodny en



1990, Chef du 17^e centre de Svobodny en 1994/1997, puis du 2^e cosmodrome de Svobodny en 1997/2001 (lancement de fusées Start). Elu député en 2001/2004, puis travaille au Secrétariat du Traité de sécurité collective en 2005/2020. Général-major en 1993.

Alexandre Dmitrievitch Kourlanov (1/8/1924-8/3/2026)

Il suit l'école spéciale d'artillerie de Moscou en 1943 et part sur le front. Après la guerre, il termine l'école d'artillerie d'Odessa en 1949, puis l'académie d'artillerie Dzerjinsky en 1955. Il travaille au polygone de Kapustin Yar en 1955/64 (essais en vol des missiles sol-air), à l'Institut NII-45 de la Défense anti-aérienne où il participe à la création du SKKP (surveil-



lance de l'espace) en 1964/80, puis au TsNII-50 à Korolev en 1980/82, président du Comité scientifique-technique des Forces spatiales (VKS) en 1982/89. Il est 1^{er} vice-président de la Fédération de Cosmonautique de Russie en 1998/2002. Il était général-major en 1989, docteur es sciences techniques en 1971, professeur en 1974, prix d'Etat en 1974.

Vladimir Evgrafonvitch Bougrov (18/1/1933-11/9/2026)

Né à Moscou, il termine l'Institut d'aviation de Moscou en 1956, puis entre dans l'OKB-301 de S.A.Lavotchkine à Khimki. Là, il participe aux programmes de missile de croisière La-350/Bouria (équivalent au Navaho américain), puis au missile sol-air V-400/Dal. Il participe aux essais en vol de ce dernier au polygone de Sary-Chagan jusqu'au 4/11/1961. Puis il passe dans l'OKB-1 de Korolev à Podlipki. Là, il est dans le secteur n°9 de M.K.Tikhonravov qui conçoit les premiers engins spatiaux (Spoutnik, Vostok, Luna, Venera, Mars, etc). Pour sa part, il travaille sur le projet de vaisseau interplanétaire lourd (TMK) destiné à survoler Vénus et Mars. Le 1/9/1964, il passe dans le secteur n°93 où il s'occupe de la conception du vaisseau lunaire 11F93/LOK du programme d'homme sur la Lune. Le 12/6/1968, il est devenu un des constructeurs en chef. En juillet 1965, il passe l'examen médical pour devenir cosmonaute de l'OKB-1 et il fait partie des 11 ingénieurs retenus : S.N.Anokhine (1910), chef du groupe, A.S.Eliseiev (1934), V.N. Koubassov (1935-2014), V.N. Volkov (1935-1971), G.M. Gretchko (1931-2017), O.G. Makarov (1933-2003), G.A. Dolgoplov (1935), V.E. Bougrov (1933), V.A. Timchenko (1931), V.P. Varchavsky (1937), A.A. Lobnev (1933-2004). Le 23/5/1966, il passe la commission des mandats et, par l'ordre n°43 de V.P.Michine, il est inclut dans le premier groupe de candidats-cosmonautes du TsKBEM. Au printemps 1966, par l'Ordre n°25 du TsKBEM, il passe dans le nouveau secteur des essais en vol n°90. Il commence une formation au dispensaire, participe à des sauts en



Le projet de vaisseau interplanétaire TMK-1 de 1963



Le projet TMK de 1963.



Le groupe de cosmonautes de 1966 : d à dr, Makarov, Dolgoplov, Koubassov, Gretchko, Eliseiev, Bougrov, Volkov, Anokhine.

parachute et à des vols en apesanteur sur le Tu-104 du LII Gromov de Joukovski, passe dans une chambre barométrique et étudie le vaisseau Soyouz. En août 1966, il participe à un entraînement à l'amerrissage d'une capsule Soyouz en Mer Noire. Le 18/8/67, il est inclut dans le groupe de candidats pour le programme lunaire N1-L3. Il teste le scaphandre Kretchet-94 à l'usine Zvezda. Mais il arrête l'entraînement en mai 1968 et devient constructeur en chef du LOK (secteur n°34). Il est ensuite constructeur en chef dans les secteurs n°154 (1975), n°167 (1977), n°203 (1979), n°167 (1982), puis chef du laboratoire n°262 (1987) et

chercheur du secteur n°761 (1992). Il est constructeur en chef d'Energia-Bourane (11F36) en 1982/87. Il a quitté Energia en janvier 1995 pour devenir consultant de Gazkom pour le programme de satellite de télécommunications Yamal jusqu'en septembre 1997. Depuis 1978, il était vice-président, puis président de la branche moscovite de la Fédération de deltaplane de l'URSS. Il participait de nombreux sports : saut à la perche, gymnastique, athlétisme, chasse sous-marine, etc. Il était doué pour la peinture et souhaitait même s'inscrire à l'école d'art Stroganov. Il a été marié avec Skella Kholmakova (1932), ingénieure à l'OKB-1 avec qui il a eu une fille, Elena (1958) qui est également ingénieure à l'OKB-1 et fut candidate cosmonaute en 1988. Il a ensuite été marié une seconde fois à Elena Marjetskaya (1948), médecin. Il est l'auteur du livre "Les

projets martiens de S.P.Korolev" publié en 2007 (1^e édition) et 2009 (2^e édition).

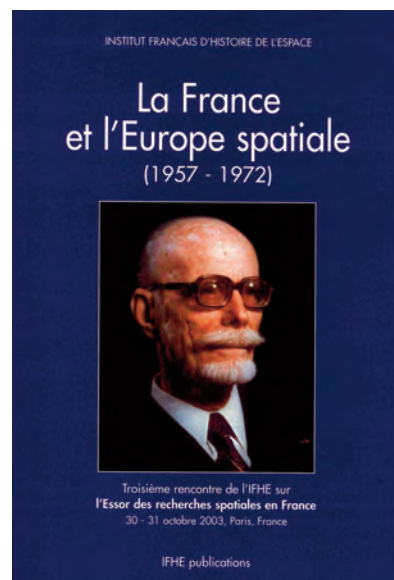
Les publications de l'IFHE de 2000 à 2013
(avertissement = certains ouvrages sont épuisés)



Les 1^{re} rencontres de l'IFHE
24-25 octobre 2000



Les 2^e rencontres de l'IFHE
23-24 octobre 2001



Les 3^e rencontres de l'IFHE
30-31 octobre 2003



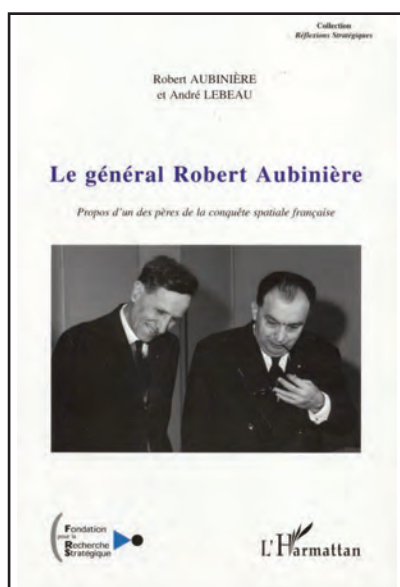
Relations Franco-Américaines publié en 2005



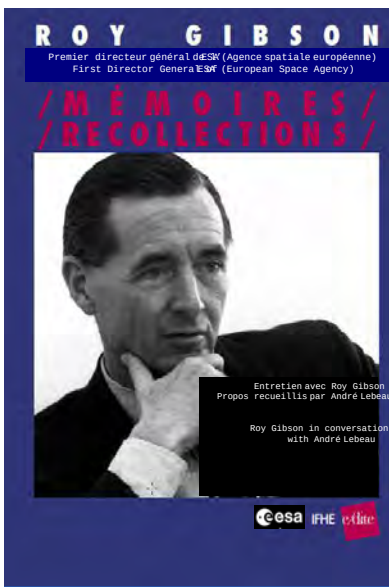
Au temps des Fusées-sondes
publié en 2007



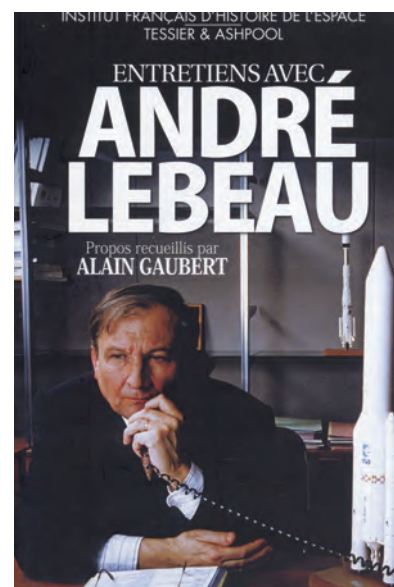
Les ballons au service de la
Recherche publié en 2011



Le général Robert Aubinière
publié en 2008



Mémoires de Roy Gibson
publié en 2011



Entretiens avec André
Lebeau publié en 2013