

## 50 ans de coopération France / URSS-Russie

Les 50 ans de coopération spatiale Franco/URSS-Russe ont fait l'objet d'une exposition à la Cité de l'Espace du 29 Novembre au 5 décembre 2016, qui s'est conclue, le 5 décembre, par une soirée particulièrement riche en témoignages et échanges avec le public, soirée organisée en partenariat avec le CNES, 3AF-MP et les amis de la cité de l'espace (AACE). A noter que l'AACE a profité de cette occasion pour procéder à la remise de ses prix annuels.

Quatre grands témoins sont intervenus, parfois avec émotion, dans le cadre de cette soirée qui relatait la genèse et le développement de cette fructueuse coopération. Le premier sujet qui incarne cette coopération est le domaine de la science et notamment de l'astrophysique, avec des coopérations scientifiques passionnantes, comme l'a par exemple relaté le Professeur Henri REME de l'IRAP. Le 2<sup>e</sup> sujet historique est celui des vols habités et Lionel SUCHET du CNES, a commenté avec émotion les programmes menés notamment sur la station MIR avec Jean Pierre et Claudie HAIGNERE.

Il est à souligner que le premier volet de cette coopération s'est déroulé en pleine guerre froide et dans le contexte de « l'URSS du moment ». Puis les activités se sont naturellement poursuivies et ont même pu s'amplifier après la chute du mur de Berlin. Malgré des situations parfois cocasses, tous les intervenants ont conclu que les résultats scientifiques obtenus n'auraient pu se faire sans les liens d'amitié (qui perdurent pour certains) entre nos deux nations.

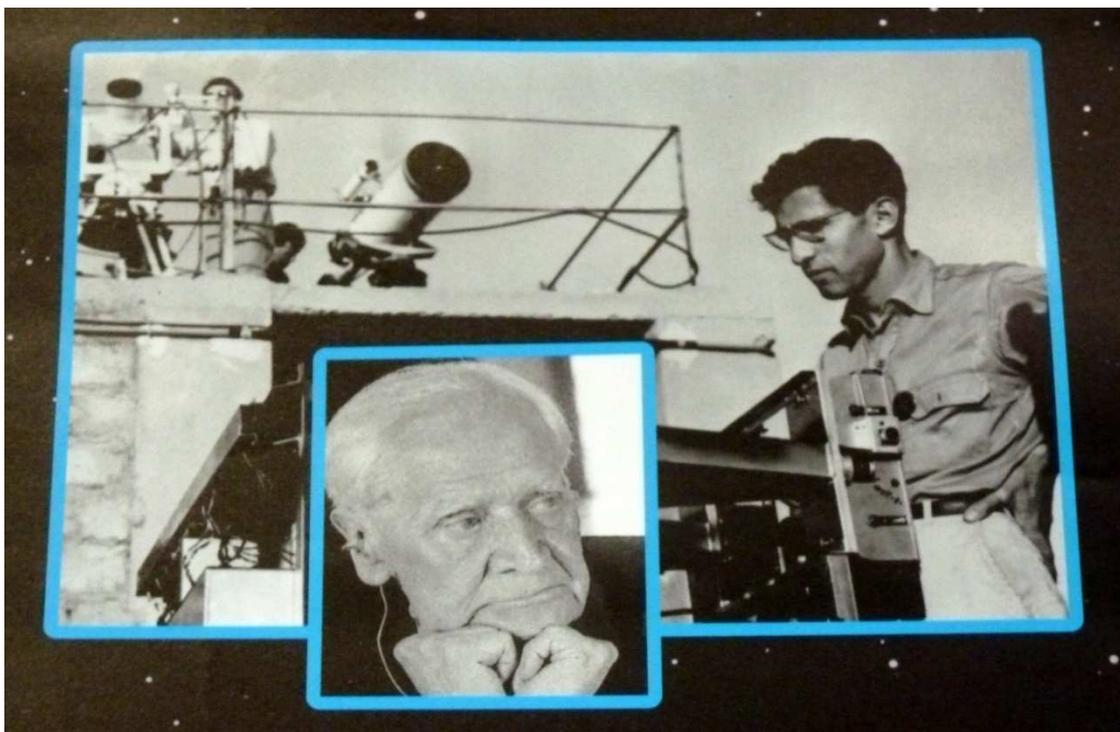


Georges ESTIBAL et Michel BOUFFARD lors de la manifestation



### Période 1960 - 1970

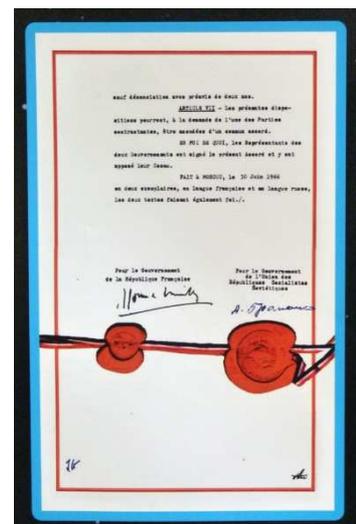
Le professeur Jacques-Emile BLAMONT, alors jeune scientifique, proposa de sa propre initiative en **janvier 1960** au général Anatoly A. BLAGONRAVOV, personnalité éminente de la recherche spatiale en URSS, une participation française au programme soviétique. Ce fut le début d'une très belle aventure humaine et scientifique.



Le **25 juin 1966**, le général DE GAULLE, en compagnie de son ministre des affaires étrangères M. COUVE de MURVILLE, assiste à un lancement de satellite à Baïkonour (Kazakhstan), en compagnie de dignitaires soviétiques. C'était la première visite d'un chef d'Etat occidental.



**Signature de l'accord spatial** par les gouvernements français et soviétique le **30 juin 1966**. Cet accord de coopération pour l'exploration pacifique de l'espace qui comportait un satellite russe pour les émissions de télévision en couleur, un satellite météorologique et la création d'une « Grande Commission » scientifique pour dix ans. Commençaient alors une épopée spatiale commune que les présidents du CNES ont développée au fil des ans, de Jean COULOMB à Jean-Yves Le GALL. Une coopération que les États-Unis ne pouvaient offrir à l'époque du fait d'une concurrence trop vive et de lancements trop rares tandis que l'Europe échouait dans la mise en service d'un lanceur *Europa*.



**Lunakhod, 1970**, véhicule lunaire pour la mesure de la distance Terre – Lune et réflecteur laser français embarqué sur Lunakhod permettant de mesurer la distance entre la Terre et la Lune.

C'est à la suite du succès des missions Diadème que les soviétiques proposent au CNES en 1968 de fournir des réflecteurs lasers pour les rovers lunaires, Lunakhod 1 & 2, devant être déposés sur la Lune au début des années soixante-dix. Jean-Claude HUSSON, alors responsable de la géodésie spatiale à la Division des Programmes scientifiques du CNES, fait réaliser les réflecteurs par l'entreprise Sud Aviation (aujourd'hui Thales Alenia Space) de Cannes. Le 17 novembre 1970, la mission LUNA 17 dépose le Lunakhod 1 dans la région de Mare Imbrium. Dans le contexte de la course à la Lune avec les américains, les soviétiques n'avaient pas mentionné que la mission contenait un véhicule mobile et les coordonnées du site d'atterrissage ont été transmises au CNES dans le plus grand secret. Les premiers tirs laser ont eu lieu depuis l'Observatoire du Pic du Midi dans les nuits des 5 et 6 décembre 1970. On utilisait un puissant laser à rubis, à la limite du savoir-faire de l'époque. Les lasers à rubis ont été progressivement remplacés par des lasers néodyme (Nd-Yag), plus puissants et capables d'émettre des impulsions plus brèves (0,1 ns). La précision sur les mesures de distance a constamment augmenté passant du mètre dans les années soixante-dix, à 20 cm au début des années 80 et à quelques millimètres aujourd'hui. L'intuition des chercheurs des années soixante de pouvoir mesurer avec précision la distance Terre-Lune s'est avérée excellente. Pour preuve, un demi-siècle plus tard, des tirs lasers Lune sont encore effectués depuis plusieurs observatoires dans le monde



## Période 1970 – 1980

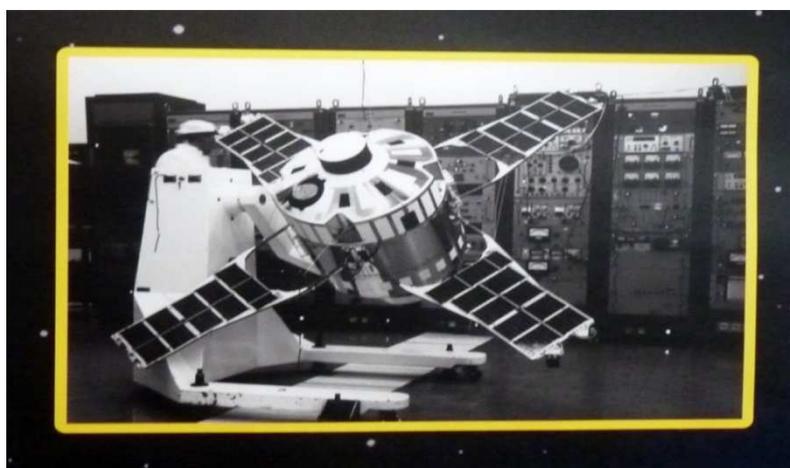
**Arcad**, à partir de 1971, programme d'étude des aurores boréales et phénomènes magnétosphériques par les sondes Aureol.

Ce programme franco soviétique était destiné à l'étude de la magnétosphère terrestre. Dans le cadre du programme ARCAD-3, le satellite AUREOL-3 a donc mesuré des champs électromagnétiques mais aussi des variations thermiques, ainsi que d'autres paramètres physiques de l'atmosphère.



**Signe 3** (ou D2B gamma), satellite scientifique fabriqué par Matra, est placé en orbite le **17 juin 1977**, pour étudier le rayonnement ultraviolet du soleil et identifier les sources de rayonnement gamma. Les principaux résultats scientifiques de la mission sont :

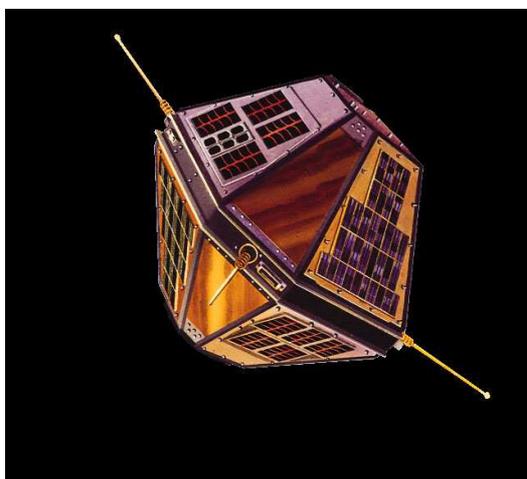
- Les données recueillies combinées avec celles du satellite Helios-2 ont permis de déterminer la position de la source de plusieurs sursauts gamma ainsi que l'observation de plusieurs sources X/gamma très brillantes,
- Sur le plan technologique la mission a fourni des éléments importants sur le bruit de fond des orbites basses à grande inclinaison, sur la taille de l'Anomalie magnétique de l'Atlantique sud et des deux cornets polaires,
- La mission a confirmé qu'une orbite équatoriale était préférable car le bruit de fond était moins important que pour une orbite polaire.



**SRET 1 et 2** (Satellite des Recherches et d'Études Technologiques) sont deux microsattellites développés par le CNES.

SRET 1 est lancé le **4 avril 1972** en tant que charge utile secondaire par une fusée soviétique Molnia-M depuis le cosmodrome de Plessetsk qui le place sur une orbite de Molnia. Le satellite a une masse de 16 kg et la forme d'un polyèdre à 8 faces de 55,9 cm de côté. C'est le premier satellite occidental placé en orbite par une fusée soviétique. Il est utilisé pour tester deux nouveaux types de cellules solaires utilisant un film de sulfure de cadmium et de tellure de cadmium pour l'autre ainsi qu'un type de batterie allégé.

SRET 2 est lancé le **5 juin 1975** en tant que charge utile secondaire par une fusée soviétique Molnia-M depuis le cosmodrome de Plessetsk qui le place sur une orbite de Molnia. Le satellite qui a une masse de 30 kg. L'expérience principale consiste à tester le système de refroidissement passif, qui sera utilisé par les satellites météorologiques géostationnaires Meteosat. Il permet également de tester des systèmes de refroidissement, des cellules solaires, les effets du rayonnement ionisant sur différents équipements ainsi que le vieillissement de revêtements thermiques et de films plastiques.



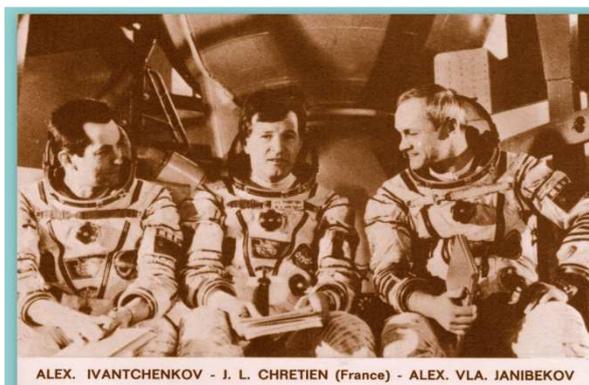
## Période 1980 – 1990

**Mission PVH** (Premier Vol Habité), 1982, les deux équipages du premier vol habité franco-soviétique à bord de la station spatiale Saliout 7 :

- Equipage n°1 : Vladimir DJANIBEKOV, Alexandre IVANTCHENKOV, Jean Loup CHRETIEN,
- Equipage n°2: Leonid KIZIM, Vladimir SOLOVIEV, Patrick BAUDRY.

À l'issue d'une sélection sévère le CNES a retenu en juin 1980 deux candidats sur 400 postulants : Patrick BAUDRY et Jean Loup CHRETIEN. En septembre, les deux cosmonautes ont commencé leur entraînement à la Cité des étoiles, près de Moscou par des cours théoriques. La deuxième année, ils se sont formés en équipage dans les simulateurs de vol et se sont familiarisés aux expériences scientifiques.

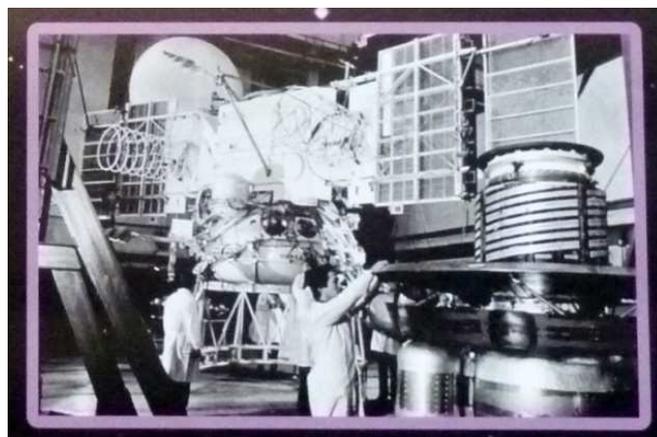
C'est la première fois qu'un français s'envole dans l'espace le **23 juin 1982** et Jean-Loup CHRETIEN devient ainsi le 108<sup>ème</sup> homme de l'espace.



**Le système Cospas-Sarsat** est un système mondial d'alerte et de localisation de radiobalise de localisation des sinistres (EPIRB activées sur un bateau, ELT activées dans un avion, ou PLB activées par des individus, comme des alpinistes). L'acronyme russe COSPAS signifie « système spatial pour la recherche des navires en détresse » ; l'acronyme anglais SARSAT veut dire « localisation par satellite pour les opérations de recherche et sauvetage » (SAR)). À cause des nombreuses difficultés avec ce mode d'exploitation, les États-Unis, le Canada et la France commencèrent à développer le système SARSAT pour créer une autre solution technique, plus sûre. Parallèlement, le système COSPAS fut développé par l'Union des républiques socialistes soviétiques. Entre 1979 et 1988, à la fin de la Guerre froide, les deux systèmes furent combinés pour former le système COSPAS-SARSAT : le premier satellite commun fut lancé en 1982, et le système fut déclaré **opérationnel en 1984**. Le 1<sup>er</sup> janvier 1988, la fusion des deux systèmes fut formellement achevée par la signature de l'International COSPAS-SARSAT Programme Agreement à Paris. Grâce à ses balises, le programme de sauvetage Cospas Sarsat a permis de sauver depuis sa création en 1984 plus de 35000 vies.



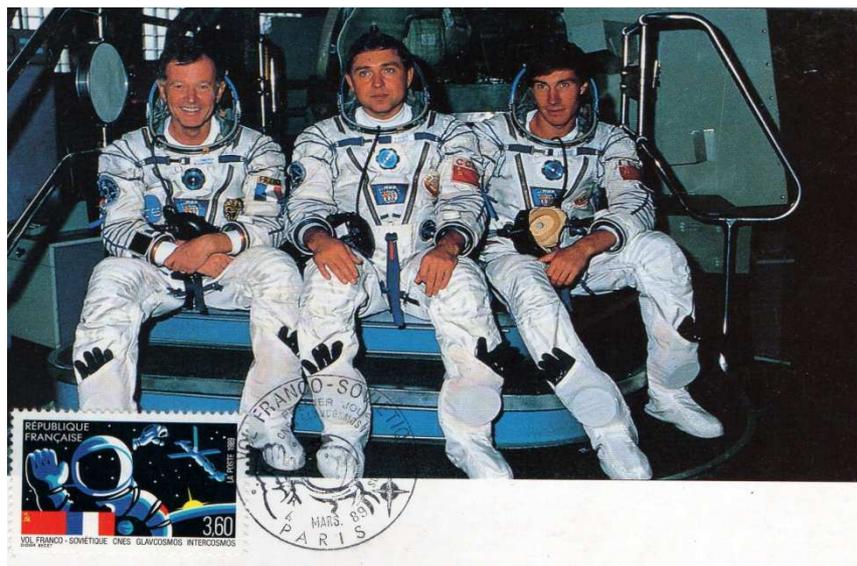
Le **programme Vega** regroupe deux sondes spatiales soviétiques lancées en 1984 avec une double mission : l'étude de Vénus depuis l'orbite et à l'aide de ballons-sondes et le survol de la comète de Halley, pour profiter de son passage en 1986 à proximité du Soleil qui ne se reproduit que tous les 76 ans. Les deux sondes Vega 1 et Vega 2, construites par l'Union Soviétique avec, pour l'instrumentation, l'aide de nombreux pays de l'Europe de l'est et de l'ouest dont la France et l'Allemagne, étaient basées sur les modèles des sondes vénusiennes du Venera. L'appellation Vega est une contraction de Венера = Venera = Venus et de Галлей = Gallej = Halley. Les sondes devaient initialement être construites dans le cadre d'un programme franco-soviétique combinant un orbiteur et un grand ballon-sonde destiné à flotter dans l'atmosphère de Vénus. À la suite de l'annulation de la participation américaine au programme de survol de Halley, les deux sondes furent modifiées pour pouvoir survoler la comète et le grand ballon fut remplacé par un ballon de taille beaucoup plus modeste<sup>1</sup>. Les deux sondes furent lancées le **15 décembre** et **21 décembre 1984**



Mission Vega, schéma de principe et extrait du dictionnaire de la mission.



**Mission Aragatz :** Jean-Loup CHRETIEN effectue un second vol spatial à bord de Soyouz TM-7 (26 novembre au 21 décembre 1988), au terme d'un nouvel entraînement de deux ans à la Cité des étoiles. Il participe au programme des expériences de la mission scientifique et technique franco-soviétique Aragatz à bord de la station Mir. Le 9 décembre 1988, il effectue, en compagnie d'Alexander VOLKOV, une EVA (sortie extravéhiculaire) de près de six heures (5h57, alors record de durée d'une sortie dans l'espace).



Le **programme Phobos** était une mission spatiale inhabitée soviétique constituée de deux sondes, lancées en **1988**, dédiées principalement à l'étude de la planète Mars et de ses deux lunes, Phobos et Déimos. Souffrant d'anomalies critiques, les deux sondes finirent par perdre contact avec la Terre. Seule Phobos 2 réussit à se mettre en orbite autour de Mars et à collecter des données, dont 38 photographies d'une résolution supérieure à 40 mètres.

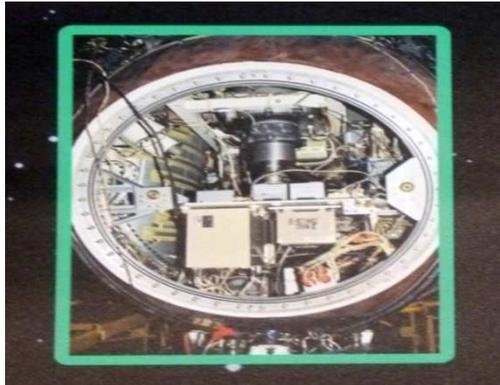


**Granat**, initialement **Astron 2**, est un observatoire spatial russe développé avec une participation importante de la France et destiné à l'étude des rayons X durs et gamma mous émis par les objets célestes. Cet observatoire lourd embarquant 7 instruments a été lancé le **1<sup>er</sup> décembre 1989** par une fusée Proton-K/D-1 depuis Baïkonour et placé initialement sur une orbite haute très elliptique. Le principal instrument, SIGMA, développé par les laboratoires français, a testé pour la première fois la technique du masque à ouverture codée dans cette gamme d'énergie. SIGMA (Système d'Imagerie Gamma à Masque Aléatoire) est l'instrument principal de l'observatoire spatial. Il s'agit d'un télescope conçu pour observer les sources de rayonnement X dur et de rayonnement gamma à faible énergie d'origine galactique et extra galactique. SIGMA a été développé par deux laboratoires français : le CESR à Toulouse et le Service d'Astrophysique du CEA à Saclay



## 1990 – 2000

A partir de **1991**, des expériences de biologie seront menées à bord des **capsules Photon**. Depuis le début du XIXème siècle, les scientifiques se demandent si la gravité peut influencer les mécanismes biologiques jusqu'au niveau de la cellule elle-même. Grâce aux vols spatiaux, de nouvelles conditions environnementales (micropesanteur, radiations) permettent d'étudier, sous un angle nouveau, différents thèmes tels que la biologie cellulaire, la biologie végétale, la biologie du développement ou encore l'exobiologie.



**Mission Antares, 1992**, Anatoli SOLOVIEV, Sergueï AVDEÏEV et Michel TOGNINI à bord de la station spatiale MIR. Le français y séjournera 12 jours à partir du **27 juillet 1992** ce qui lui permettra de réaliser les 10 expériences de la mission Antares.



**Mission Altaïr, 1993**, préparation de Jean-Pierre HAIGNERE, Vassili TSIBLIEV et Alexandre SERBOV avant leur départ pour MIR. Le français y séjournera 19 jours à partir du **3 juillet 1993**.



**Mission Cassiopée** (Station MIR), mission du **17 août** au **2 septembre 1996**. La mission Cassiopée se plaçait dans la continuité des vols précédents, en privilégiant la poursuite d'objectifs scientifiques et technologiques, tout en impliquant plus étroitement les équipes françaises dans la préparation et l'exécution des missions. Essentiellement consacrée aux sciences de la vie, aux sciences physiques et à la technologie spatiale, la mission Cassiopée a utilisé de nouveaux instruments de recherche, développés par la France et implantés à bord de la station MIR. On citera :

Cognilab, un laboratoire modulaire dédié aux neurosciences et à la robotique,

Fertile, une expérience de biologie animale, consacrée à l'étude du développement d'embryons de vertébrés (amphibiens), dans les conditions de micropesanteur,

Castor, une expérience technologique qui permet de mesurer les vibrations de la station spatiale, d'analyser ses modes de déformation et d'étudier le comportement dynamique, en l'absence de pesanteur, d'un treillis équipé de systèmes amortisseurs,

Physiolab, un laboratoire destiné à l'étude du système cardio-vasculaire,

ALICE, Analyse des Liquides Critiques dans l'Espace, programme de recherche en sciences de la matière condensée réalisé en micropesanteur depuis 1989.

L'équipage titulaire se composait de :

Guennadi Mikhaïlovitch MANAKOV, commandant de bord,

Pavel Vladimirovitch VINOGRADOV, ingénieur de bord,

Claudie ANDRE-DEHAIS, spationaute expérimentateur, première femme française dans l'espace.

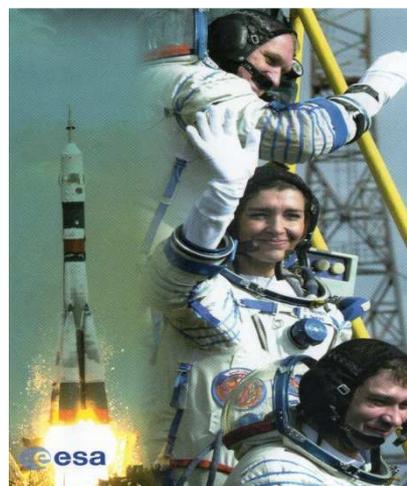
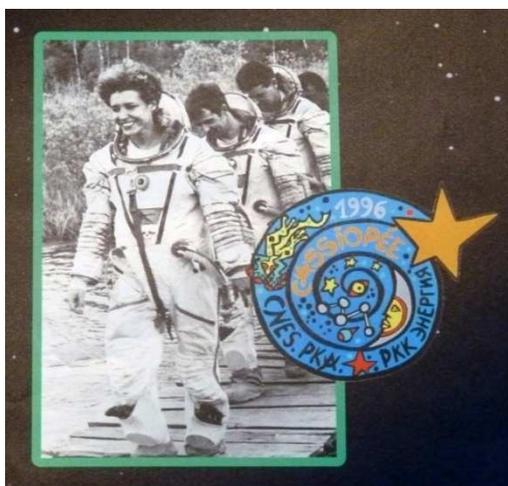
L'équipage suppléant se composait de :

Valeri Grigorevitch KORZOUN, commandant de bord,

Alexandre Yourevitch KALERI, ingénieur de bord,

Léopold EYHARTS, spationaute expérimentateur.

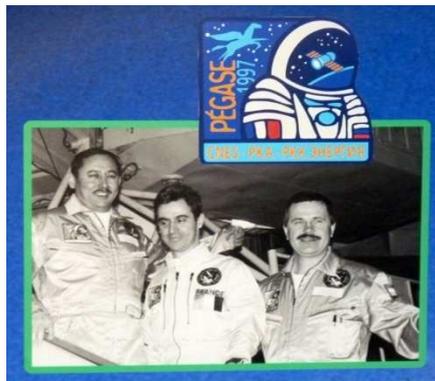
Le vendredi 7 Août 1997, lors de la dernière visite médicale avant le départ, Guennadi MANAKOV, qui faisait partie de l'équipage titulaire de la mission Cassiopée, avec Claudie André-DESHAYS, souffre de petits problèmes cardiaques. Normalement, dans une telle situation, tout l'équipage doit être remplacé par l'équipage remplaçant, ce qui ne permet plus à Claudie André-DESHAIS de partir à bord de la station spatiale Mir. Un accord sera finalement trouvé, et elle pourra enfin réaliser son rêve. Elle partira avec les deux autres membres de l'équipage remplaçant. Ouf !...



**Mission Pégase** (Station MIR), la mission scientifique et technique Pégase, du **29 janvier** au **19 février 1998**, s'est inscrite dans la continuité du programme Cassiopée et a permis à Léopold EYHARTS de compléter les mesures effectuées en 1996. PÉGASE est le 10<sup>ème</sup> vol d'un Français dans l'espace, dont 2 au titre de l'Agence Spatiale Européenne (ESA) ; c'est la 6<sup>ème</sup> mission spatiale habitée à laquelle a participé le CNES dans le cadre de la coopération avec l'URSS, puis avec la Russie, et des accords conclus entre le CNES, l'agence spatiale russe RKA et la société RKK-Energia.

L'équipage principal se composait de Léopold EYHARTS, astronaute expérimentateur, T.A. MOUSSABAÏEV, Commandant de bord et N.M. BOUDARINE, Ingénieur de bord

L'équipage de secours se composait de Jean-Pierre HAIGNERÉ, astronaute expérimentateur V.M. AFFANASI EV, Commandant de bord S.E. TRECHTCHEV, Ingénieur de bord



**Mission Perseus**, 1999, équipage de la mission avant le décollage à Baïkonour : Victor AFANASIEV, Jean-Pierre HAIGNERE et Ivan BELLA. Ce septième vol habité franco-russe se distingua des missions précédentes sur plusieurs points. Pour la première fois, un spationaute français fut nommé ingénieur de bord de l'équipage Mir.

A ce titre, il a suivi une formation spécifique pour participer à la mise en œuvre des expériences et à la maintenance des systèmes de bord de la station. En outre, Jean-Pierre Haignéré dut effectuer une sortie extravéhiculaire, destinée à récupérer les boîtiers des expériences Comet et Spica et à installer l'expérience Exobiologie, qui fut récupérée lors d'une nouvelle sortie, un mois plus tard. Enfin, la durée exceptionnellement longue de ce vol préfigura les expérimentations de la station spatiale internationale et permit d'adapter les opérations au CADMOS à la configuration "longue durée" des futures missions. Essentiellement consacrée aux sciences de la vie, aux sciences physiques et à la technologie spatiale, la mission Perseus offrit une opportunité de travail exceptionnelle à la communauté scientifique.

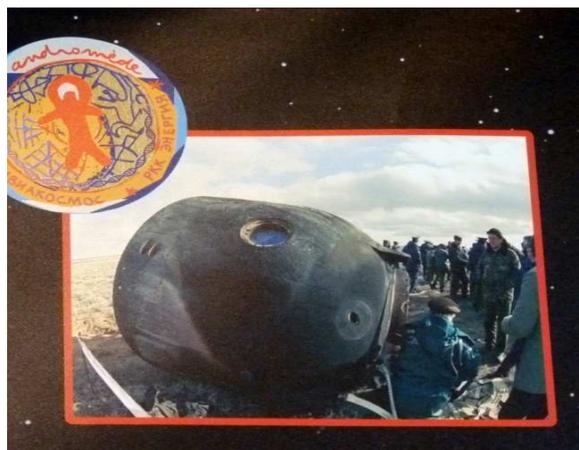


## 2000 – 2010

**La mission Andromède** (du 21 au 31 octobre 2001) ouvrait des champs d'études dans les domaines de l'observation de la Terre, des sciences de la vie et des sciences de la matière. Scientifique et technologique, cette mission apportait également des enseignements sur le fonctionnement opérationnel de la nouvelle station internationale, l'ISS.

Dédiées à l'observation de la Terre et à l'étude de l'ionosphère, aux sciences de la vie et aux sciences de la matière, des expériences de la mission Andromède ont été mises en œuvre dans le module russe de l'ISS par Claudie HAIGNERE. Certaines, appelées à être pérennisées, sont restées dans la station spatiale internationale, d'autres se déroulèrent simultanément au sol et dans l'espace. En parallèle, au sein de plusieurs établissements scolaires, Andromède remplissait une autre mission : sensibiliser de jeunes Européens à l'espace.

Ci-dessous, Claudie HAIGNERE et l'expérience Portapress à bord de la station spatiale internationale ISS et atterrissage de Soyouz dans la plaine du Kazakhstan ramenant sur Terre Victor AFANASSIEV, Claudie HAIGNERE et Constantin KOZÉÏEV.



**Novembre 2003**, signature de l'**accord intergouvernemental** entre la France et la Russie sur l'implantation du lanceur Soyouz en Guyane.



Novembre 2005, signature **du lancement du premier Soyouz en Guyane.**



A l'occasion de l'inauguration du pas de tir Soyouz en Guyane le 27 février 2007, une  **Pierre du pas de tir de Baïkonour** d'où s'est envolé le cosmonaute Youri GAGARINE en 1961 a été déposée sur le site. C'est un symbole fort qui traduit la continuité de la coopération.



Vue aérienne du **pas de tir de Soyouz** au centre spatial guyanais.



## 2010 – 2016

Premier lancement de Soyouz en Guyane le 21 octobre 2011.



**Mission Bion-M1** - En 1973, les soviétiques placèrent la première capsule Bion en orbite autour de la Terre. Dédiée aux expériences de biologie, elle emportait à son bord des organismes et tissus vivants. Jusqu'en 1996, 10 autres capsules Bion prirent ainsi la route de l'espace. En 2013, une version modernisée reprit le flambeau dans le cadre de la mission Bion-M1 (avec "M" pour modernisé). Le CNES y participa au travers une expérience baptisée MTB (« Mouse Telemetry on Bion ») sur le système cardio-vasculaire (5 souris impliquées) et une étude sur les muscles et les os (10 souris impliquées). L'expérience MTB suivit en continu la pression artérielle et la fréquence cardiaque de souris équipées de capteurs, et ce avant, pendant et après le vol. Les données furent enregistrées grâce à un système adapté par le CNES pour être fonctionnel dans l'espace. Ce suivi "nomade" du système cardio-vasculaire par télémétrie constitua une première mondiale. Quant aux expériences sur les os et les muscles, elles reprirent les études physiologiques animales interrompues depuis quelques décennies par la communauté internationale. Ces expériences se réalisèrent dans le cadre d'une convention entre le CNES et l'Institut des Problèmes Biomédicaux (IMBP) de Moscou. Des équipes de recherche françaises à Angers, Strasbourg et Saint-Etienne ont apporté un support scientifique et sont aujourd'hui utilisatrices des données résultant de cette mission.



**20 février 2015**, déclaration d'intention pour le **développement à long terme de la coopération spatiale franco-russe** autour de sujets scientifiques, signée par Jean-Yves LE GALL, président du CNES et Igor KOMAROV, directeur de Roscosmos.

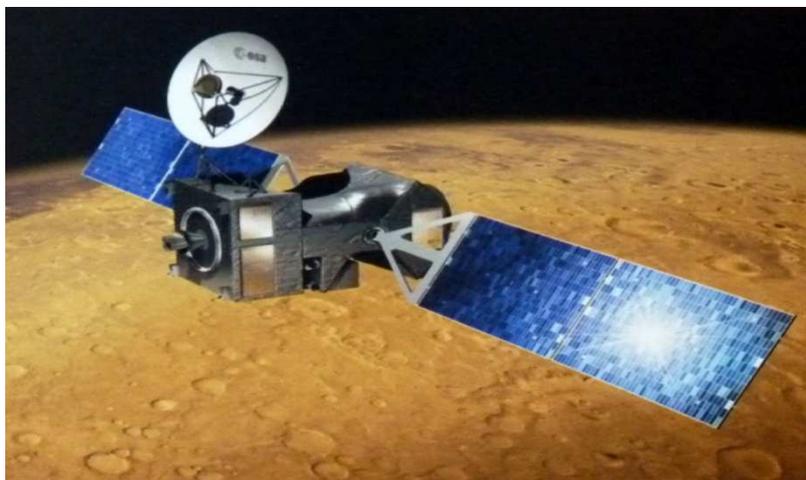


14

**25 avril 2016**, vol **Soyouz VS14** emportant depuis le CSG les satellites Microscope du CNES, Sentinel-1B pour l'UE et l'ESA ainsi que Fly Your Satellite de l'ESA.



**Exomars 2016** : mission d'étude de l'atmosphère de Mars (méthane) et de recherche d'indices d'une vie passée ou présente. Lancement réussi le **14 mars 2016**.



**Mission Proxima**, avec Thomas PESQUET, Peggy WHITSON et Oleg NOVITSKY.

L'astronaute de l'ESA Thomas PESQUET s'est envolé dans l'espace le **19 novembre 2016** pour une mission de longue durée, lors de laquelle il mènera à bien de multiples activités scientifiques et pédagogiques. Pendant six mois, son domicile et son lieu de travail se trouveront à quelque 400 kilomètres au-dessus de la Terre. Thomas PESQUET sera ingénieur de bord de la Station spatiale internationale (ISS). La science sera au cœur de la mission Proxima. Il réalisera des expériences très variées à bord de la Station spatiale internationale, cet avant-poste de recherche exceptionnel. Parmi l'ensemble des expériences réalisées par Thomas PESQUET, 7 ont été entièrement préparées et suivies par le CNES. Le Cadmos apporte aujourd'hui un soutien permanent aux utilisateurs européens de l'ISS. La sélection en 2009 d'un astronaute français par l'ESA et l'annonce de sa mission en 2014 ont été l'occasion pour le CNES de proposer ses propres expérimentations en vue de la mission Proxima. Son choix s'est porté sur 6 démonstrateurs, à travers lesquels il vise à améliorer ce laboratoire de pointe qu'est l'ISS, afin que les scientifiques puissent continuer à œuvrer pour le progrès depuis l'espace.



## Conclusions – Mots de la fin

**Jean-Yves LE GALL, Président du CNES :**

« Les destins de la France et de la Russie se sont croisés le 30 juin 1966, lorsque notre coopération spatiale a commencé. Depuis, de Baïkonour à la Guyane, nous avons su tisser des liens uniques, à la fois scientifiques, technologiques, industriels, mais surtout humains. Aujourd’hui, avec Roscosmos et tous nos partenaires russes, nous nous engageons ensemble vers de nouvelles coopérations ambitieuses pour pérenniser ces 50 années de succès. »

**Igor KOMAROV, Directeur de Roscosmos :**

« La coopération entre la Russie, Roscosmos et le CNES dans la conquête de l’espace est un excellent indice de notre compréhension mutuelle. Travailler de manière aussi productive durant 50 ans n’est possible qu’avec un partenaire très proche. Nous partageons les mêmes valeurs et les mêmes objectifs. Aujourd’hui, nous poursuivons les projets en cours, nous en initions de nouveaux et je suis persuadé qu’il en sera ainsi durant les 50 années à venir.»



**Alain CHEVALIER**

**Sources :**

Document CNES, Wikipedia, Documents philatéliques A. CHEVALIER