

# La gazette

Groupe Régional Toulouse Midi-Pyrénées



## Le mot du Président

### Bilan de l'Assemblée Générale

L'assemblée Générale du Groupe AAAF Toulouse Midi Pyrénées s'est tenue le 8 Juin 2006 dans le grand amphithéâtre de l'Institut Aéronautique et Spatial de Toulouse. Toutes les planches présentées sont à votre disposition sur demande à notre secrétariat.

### Rapport moral (A. CHEVALIER) :

A ce jour le Groupe Régional AAAF Toulouse Midi Pyrénées compte 354 membres soit une augmentation d'environ 10% par rapport à l'exercice précédent (34 nouveaux membres et 3 départs). Ces nouveaux membres sont en majorité issus de l'aéronautique, un effort de recrutement vers le secteur de l'espace devra être fait pour le nouvel exercice.

Au niveau de la communication interne la "gazette trimestrielle" est sortie régulièrement et s'est étoffée fortement. Il est rappelé que ce vecteur d'information est ouvert à tous nos adhérents. Nous privilégions les informations régionales et des articles plus généraux sont régulièrement envoyés pour une publication dans la "lettre nationale".

Un site Internet régional est actuellement à l'étude et il pourrait voir le jour prochainement.

Nous avons également fait un gros effort pour développer les relations avec les Groupes Régionaux, avec par exemple l'accueil à Toulouse d'une réunion des Présidents des Groupes Régionaux, des Groupes de Marseille-Provence et Bordeaux-Sud Ouest et nous recevons prochainement le Groupe Cannes-Côte d'Azur.

Les commissions internes ont bien fonctionné avec des résultats concrets.



Nous avons vu naître également 2 commissions techniques régionales: Aéronautique légère - Vol libre et Environnement. Les premiers résultats sont très encourageants pour le futur.

Trois "grands événements" se sont déroulés lors de l'exercice précédent tous les trois ont été des succès et il faut remercier tous ceux qui ont œuvré pour ces réussites.

Il s'agit de :

- ETTC 2005 (Test & Telemetry) du 7 au 9 Juin 2005, avec la SEE : plus de 200 participants et 42 stands d'exposants industriels,

- Aerospace Safety (Human factors - cost aspects) les 19 et 20 Septembre 2005, avec l'IAS: 120 participants,

- ERTS 2006 (Systèmes temps réel embarqués) du 25 au 27 Janvier 2006, avec la SEE et la SIA : 470 participants et 40 stands d'exposants industriels.

Les éditions ETTC 2007 et ERTS 2008 sont actuellement en préparation.

A signaler également quelques informations importantes :

- déménagement de notre bureau au 1er étage du bâtiment de Direction IAS,
- remise d'un prix AAAF/TMP lors de la remise des diplômes à l'ENSAE, l'ENSICA et l'ENAC.

- adhésion à l'association Aerospace Valley (pôle de compétitivité Aéronautique Espace et Systèmes embarqués),
- participation à la 20ème édition d'Air Expo,

- participation à la réflexion de la mairie autour du site de Montaudran,

- continuation du développement des relations avec les sociétés savantes de l'électronique et de l'électricité SEE et de l'automobile SIA.

2006-N°8

## SOMMAIRE Septembre 2006

- P1 Le mot du Président
- P2 Le mot du Président (suite)  
Pourquoi des microsattelites?
- P3 Le premier atelier  
Aérospatial France-Chine  
Ariane 5 ECA
- P4 Brèves de l'Espace

Documents :

- Doc 1 De la terre à l'espace
- Doc 2 Airbus et l'environnement
- Doc 3 Essais Aérodynamiques
- Doc 4 Brèves de la Commission  
Aéronautique légère et vols libres
- Doc 5 Le Tourisme Spatial
- Doc 6 Solar impluse/ le tour du monde en avion solaire
- Doc 7 Le Projet Fabre 2010
- Doc 8 SIRAL
- Doc 9 Protection Planétaire

*Bienvenue aux nouveaux membres 2006 AAAF TMP :*

*DAUPHIN François, SEGULA Technologies*  
*DAURY Jean Christophe, ESTACA*  
*GILLY Louis, MAHE Michel, Airbus France*  
*MILLER Andy, Sud Genierie*  
*PATRAKOV Andrey, ESC Toulouse*  
*PERRUCHOT Valentin*  
*REMOND Sebastien, SEGULA Technologies*  
*ROBERT Laurent, ATR*  
*ROGERO Jean-Michel, REALIX Technologies*  
*SCHUTZ Vincent, Sud Genierie*

P 1



## Le mot du Président

### Suite

#### **Approbation à l'unanimité du rapport moral**

Cinq nouveaux membres ont souhaité nous rejoindre au bureau, il s'agit de :

Mmes Marie FROMENT (G2I) et Manola ROMERO (Onera),  
MM Ludovic DAUDOIS (Segula Technologies), Jean-François IMBERT (Airbus France) et Garrett SMITH (AIRBUS CE). Aucun départ n'est à signaler.

#### **Rapport financier (F. RENARD et G. DESTARAC) :**

Le rapport financier fait apparaître une situation saine et un budget équilibré. Des provisions sont constituées pour faire face aux premiers engagements des congrès ETTC 2007 et ERTS 2008.

#### **Approbation à l'unanimité du rapport financier**

##### **Présentation des travaux des Commissions Internes**

Programmation (M. LABARRERE),  
Promotion (F. GUIMERA),  
Communication (D. HUET),  
Jeunesse (Y. GOURINAT)

##### **Présentation des travaux des Commissions Techniques**

Aéronautique légère et Vols libres (E. ROUOT),  
Environnement (M. FROMENT)

**Remarque :** une Commission "tourisme spatial" est à l'étude.

A l'issue de l'Assemblée Générale, une petite loterie a été organisée pour les participants et le tirage a été réalisé par une jeune étudiante thaïlandaise de l'IAS



#### **Résultats :**

Baptême de l'air pour 2 personnes : C. PAILHES

Visite des chaînes A 380 : M. DAUPHIN

Une bouteille de champagne "1<sup>er</sup> vol A 380" : M. JOUILLEC

Une maquette de satellite : F. RENARD

Alain Chevalier

## Pourquoi des microsattellites ? par M.A Clair ( CNES)

Avec Myriade c'est une nouvelle porte sur l'espace qui s'ouvre à la communauté scientifique. La filière de microsattellites du CNES a pour objectif de proposer aux laboratoires un accès rapide et peu coûteux à l'espace. Dans le cadre de missions internationales de grande envergure, les scientifiques souffrent des délais importants entre la sélection d'une mission et sa mise en œuvre. Myriade ne se substitue pas à ce type de mission mais donne la possibilité de réaliser, en parallèle et dans des délais réduits, des satellites légers, de masse inférieure à 150 kilos, pour des missions de qualification, de démonstration technologique mais aussi pour des missions scientifiques et des applications de premier plan. Cette filière, qui repose sur un concept de satellites légers et modulaires, permet aux scientifiques de faire plus facilement le " choix de l'espace " dans des domaines exploratoires où les résultats scientifiques ne sont pas nécessairement garantis. En outre, Myriade assume le risque que des systèmes à bord du microsattellite ne soient pas "redondés" et que certains essais ne soient effectués qu'en orbite.



#### **A vendre :**

Un casque qui appartenait à un pilote d'avion russe (Illiouchine), une combinaison de pilote d'essais et des revues aéronautiques : "Aviation Française" années 1945/46.

Contact : Sarha FOUMBA - Airbus France - 05 61 93 60 64



# De la Terre à l'Espace : Panorama des lanceurs C. BONNAL (CNES) Résumé de la présentation A. CHEVALIER

## Résumé de la conférence

Depuis les débuts de l'Astronautique, l'accès à l'espace a toujours constitué la première priorité, garant de l'autonomie de lancement.

Après un point sur les applications spatiales et les missions associées pour comprendre l'extrême diversité des orbites visées par les lanceurs du monde entier, le conférencier s'attachera à initier son public aux principes fondamentaux de mécanique orbitale et de propulsion.

Une visite guidée détaillée du lanceur Ariane 5 permettra la synthèse des techniques les plus modernes mises en œuvre aujourd'hui.

En guise de conclusion, on se tournera résolument vers l'avenir en découvrant les solutions les plus prometteuses, des concepts de la prochaine décennie jusqu'aux portes de la science-fiction.

### Quelques éléments biographiques sur Christophe BONNAL

Membre Senior et Président de la Commission Transport Spatial de l'Association Aéronautique et Astronautique de France (AAAF)

Membre de l'Académie Internationale d'Astronautique (IAA)

Président de la Commission Transport Spatial de la Fédération Internationale d'Astronautique (IAF)



### 1) - Pourquoi aller dans l'espace ? :

**Environnement** : Support d'aide à la décision sur des enjeux majeurs : ressources en eau, changements climatiques, traitement des pollutions, prévisions et gestion des crises et des risques naturels,

**Science** : Contribution fondamentale aux recherches relatives à l'exploration de l'univers, la connaissance de la Terre, l'origine de la vie, la physique fondamentale et l'exploration planétaire (en particulier Mars),

**Société de l'information et de la mobilité** : Préparation et utilisation des technologies du futur : diffusion multimédia point/multipoints, outils de positionnement et de navigation, applications associées, technologies des télécommunications

**L'utilisation de l'Espace est omniprésente et vitale.**

**L'accès à l'Espace est fondamental et stratégique.**

### 2)- Les missions principales :

#### Orbite géostationnaire GEO (Geostationary Earth Orbit)

Un satellite GEO semble toujours immobile à la verticale d'un lieu donné à une altitude d'environ 36 000 km. C'est le premier marché du spatial.

Applications : téléphone, télévision, radio, communication, météo,....

Exemples : Astra, Hot-Bird, Intelsat, Telecom, Meteosat,...

#### Orbite de transfert géostationnaire GTO (Geostationary Transfer Orbit)

C'est l'orbite la plus fréquemment visée par les fusées. Les satellites doivent ensuite se circulariser pour arriver en GEO.

La vitesse de la Terre apporte une vitesse initiale utile en mission GTO : 288 m/s à Baïkonour, 408 m/s à Cap Kennedy, 462 m/s à Kourou, ce qui fait gagner de la durée de vie du satellite (à iso définition).

#### Orbite héliosynchrone SSO (Sun Synchronous Orbit)

Un satellite SSO présente toujours le même angle Soleil/plan Orbital/Terre  
Altitude 600 à 1000 km circulaire.

Applications : observation de la Terre, météo, écologie, militaire

Exemples : Spot, Helios, Envisat, ERS, ...

#### Constellations Orbites Basses LEO (Low Earth Orbit)

Orbites basses (1000 à 2000 km) fortement inclinées (70° ou plus)

Réseau de satellites

Applications : communications, téléphonie mobile, localisation,...

Exemples : Iridium (78 satellites), Globalstar (56 satellites)

#### Constellations Orbites Moyennes MEO (Medium Earth Orbit)

Orbites moyennes semi-synchrones (20 000 à 25 000 km)

Marché important et stratégique mais relativement limité.

Application : navigation

Exemples : GPS 1&2 (28 satellites), Glonass (24 satellites), Galileo (30 satellites)



# De la Terre à l'Espace : Panorama des lanceurs C. BONNAL (CNES) Résumé de la présentation A. CHEVALIER

## Station Spatiale Internationale ISS

Altitude 350 à 450 km

Missions habitées ou automatiques avec utilisation de l'Automated Transfer Vehicle (ATV)

### Scientifique

Très grande gamme de missions : orbite terrestre, exploitation planétaire, missions de libération.

Exemples : XMM, Rosetta, Soho, Hubble Space Telescope, Picard,...

### 3)- Principes de propulsion

On ne sait pas aller à des vitesses orbitales dans l'atmosphère (rappel : vitesse orbitale > 7800 m/s soit > 28 000km/h). La résistance de l'air est trop importante (varie avec le carré de la vitesse) et l'échauffement dû à la friction de l'air est trop important (varie avec le cube de la vitesse).

**Il faut donc sortir au plus vite de l'atmosphère.**

L'éjection d'une masse dans un sens entraîne une réaction dans le sens opposé.

**Le moteur fusée ne sert qu'à éjecter le plus de masse possible, le plus vite possible.**

Quelques exemples et ordres de grandeur :

fusée à eau :  $w = 35\text{m/s}$  pour 5 bars

fusée à air :  $w = 800\text{ m/s}$  pour 5 bars, poussée 80 N

petits moteurs à gaz froid :  $w = 800$  à  $1500\text{ m/s}$ , mais faibles poussées (<50N)

petits moteurs à gaz chaud (monoergols) :  $w = 2400\text{ m/s}$  mais poussées faibles

moteurs à ergols solides (moteurs à poudre) :  $w = 2900\text{ m/s}$  et débits massiques très élevés, très fortes

poussées propulsion hybride (lithergols) : modulation de poussée possible

bi-ergols liquides "stockables" :  $w = 3400\text{ m/s}$  et débits massiques élevés jusqu'à  $2500\text{ kg/s}$ , très fortes

poussées bi-ergols cryotechniques :  $w = 4600\text{ m/s}$  et débits élevés jusqu'à  $500\text{kg/s}$

### 4)- Les références européennes :

#### Ariane 5

Propulseur à poudre (EAP) : 2 moteurs à poudre de 540 T de poussée

Etage cryotechnique (EPC) : 1 moteur Vulcain 2 (LOX + LH2) de 135 T de poussée

Etages supérieurs EPS (ergols stockables) et ESCA (ergols cryogéniques)

MU max de 7,5 T

#### Soyouz-Starsem

Plus de 1700 tirs de Soyouz à ce jour - adaptation Kourou en cours (2008), MU max de 5,6 T

4 boosters et 2 étages, tous LOX + Kéro.

2 types d'étages supérieurs (N2O4 + UDMH)

#### Véga

Marché des petits satellites, MU max de 1,5 T - 1er vol décembre 2007  
3 étages à propulsion solide et un étage supérieur ergols stockables (UDMH + NTO)

### 5)- La concurrence actuelle :

Prédominance des Etats Unis dans le monde : 77% des budgets mondiaux " espace civil et militaire " (ESA 9%, Japon 7% et Russie 6%)

En Europe, la France représente 42% du même budget devant l'Italie 21%, l'Allemagne 18%, UK 6% et Espagne 3%.

La concurrence actuelle est représentée par :

- Boeing avec la fusée Delta IV (jusqu'à 13T de MU),

- Lockheed Martin avec la fusée Atlas V,

- See Launch (Boeing 40% - Russie 60% tir depuis une plate-forme en

mer (équateur) MU de 6T avec la fusée Zenit 3,

- Lockheed - Russie avec la fusée Proton ILS (MU de 6T),

- Japon avec la fusée H-IIA,

- Chine avec la fusée Long-March,

- Inde avec la fusée GSLV,

- Etats Unis avec la navette spatiale STS.

### 6)- Quelques avant-projets :

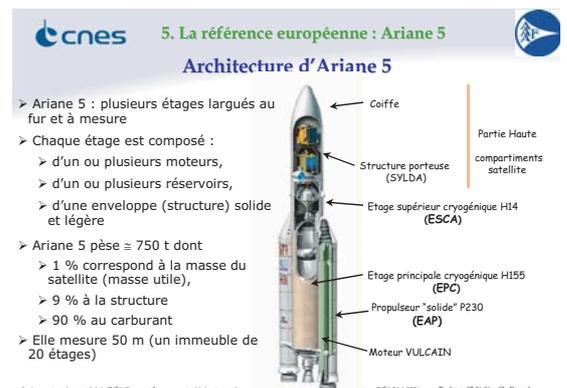
La problématique est d'avoir la capacité de réaction rapide à des évolutions de marché, de concurrence ou de politique. Il faut préparer la génération post Ariane 5 avec des exigences générales conduisant à des missions lourdes (7T en GTO et 20 T en LEO) associées à une forte réduction des coûts de développement.

Trois grandes familles de concept sont envisagées :

- lanceurs consommables tout cryotechnique, linéaire boosté ou linéaire à premier étage solide,

- lanceurs semi-réutilisables (boosters liquides réutilisables),

- lanceurs réutilisables Two Stage To Orbit (TSTO).



# De la Terre à l'Espace : Panorama des lanceurs C. BONNAL (CNES)

## Résumé de la présentation A. CHEVALIER

### 7)- La propulsion du futur :

Ont été présentés les concepts de propulsion suivants :

- nucléo-thermique ( $w=9000\text{m/s}$ , poussée max de 350 kN),
- électrique (poussées actuellement très limitées par la puissance électrique à bord) :
  - électrothermique : Résistojets et Arcjets ( $w$  de 5 à 10 km/s),
  - électromagnétique : Magnétoplasma dynamique et à effet Hall ( $w$  de 10 à 70 km/s),
  - électrostatiques : Ionique et à macro particules ( $w$  de 20 à 1000 km/s),
- nucléo-électrique (moteur Cea-Cnes ERATO),
- nucléaire bi-modale (Nasa),
- plasmique : VASIMIR de la Nasa ( $w = 10$  à 300 km/s et poussée max de 40 N),
- héliothermique, qui se sert du soleil comme source d'énergie et qui pourrait être utilisé pour un transfert entre orbites basses et hautes,
- hélio-dynamique (voile solaire utilisant la "pression" des photons), poussée  $9\text{N/km}^2$  !,
- par câbles passifs à transfert de moment cinétique (démontré en vol) : accroissement de l'apogée du "chasseur" et décroissance du périégée du "chassé",
- par câbles électrodynamiques (testé en vol depuis la navette avec un câble de 20 km) : génération d'une force propulsive fonction du courant induit (Foucault) et de son sens, le câble coupant les lignes de champs magnétique terrestre,
- par effet catapulte pour transfert orbital,
- et également quelques autres systèmes étudiés :
  - canon hyper véloce,
  - moteur à détonation pulsée,
  - hydrogène métallique,
  - ascenseur spatial,
  - propulsion par faisceaux d'énergie dirigée (micro-ondes),
  - réaction matière-antimatière,
  - antigravitation (effet Podkletov),
  - énergie du vide (effet Casimir),
  - magnéto-hydro-dynamique,
  - téléportation quantique,
  - ...

### CONCLUSION :

il faudra bien trouver autre chose ... Avec la meilleure propulsion connue à ce jour, l'envoi d'1 tonne vers Proxima Centauri, en 40 ans, requiert une masse d'ergols supérieure à celle de l'univers...  
Donc un travail de longue haleine, passionnant pour tous !

Remarque : les 132 planches de cette formidable présentation (70 Mo) de C. Bonnal sont visibles et à votre disposition au bureau AAAF TMP.

## Airbus et l'environnement, *un engagement permanent pour une amélioration continue* M. FROMENT et P. FONTA

L'activité du transport aérien, comme toute activité humaine, a un impact sur l'environnement. Pour un acteur global comme Airbus, il est important de bien identifier les sources potentielles pouvant affecter l'environnement, de connaître au mieux l'impact qu'elles peuvent générer sur celui-ci, afin de mettre en place des mesures d'amélioration continue. Bien entendu, cette problématique doit couvrir des aspects locaux (bruit, qualité de l'air) tout autant que des aspects globaux (effet de serre, couche d'ozone...).

Pour cela une bonne connaissance scientifique est essentielle, notamment pour lever les incertitudes restantes dans des domaines complexes tels que la chimie atmosphérique.

Au cours des dernières années, Airbus, et l'industrie aéronautique en général, a réussi à améliorer sa performance environnementale dans des proportions sans précédent. En comparaison avec un avion des années 70, la gêne sonore d'un avion moderne a été réduite d'environ 75 % (réduction de 20 décibels) et la consommation de carburant, directement proportionnelle aux émissions de CO<sub>2</sub>, a été réduite de 70 %: un résultat bien meilleur que beaucoup d'autres secteurs.

En ce qui concerne la partie industrielle, qui correspond au cœur du métier d'Airbus, notre compagnie s'est engagée sur la voie de l'amélioration continue avec la mise en place d'un système de management environnemental de type ISO 14001. Airbus s'est maintenant lancé vers l'élargissement de ce système de management en y incluant aussi le produit, dans une approche cycle de vie, faisant d'un système de management traditionnel un système tout à fait innovant et devant conduire l'entreprise à une certification de groupe dite "corporate" à la fin de l'année 2006.

L'objectif d'Airbus est donc de démontrer sa responsabilité environnementale en construisant, vendant et livrant des avions de plus en plus respectueux de l'environnement et permettre ainsi au secteur du transport aérien de transmettre au monde moderne tout ce qu'il peut apporter en matière d'améliorations sociales et sociétales et en matière de croissance économique, dans une perspective de développement durable.

Il est à signaler que cette conférence était la synthèse de deux conférences présentées séparément par nos deux conférenciers dans le cadre "traditionnel" de nos conférences et qu'elle s'est déroulée, en soirée, à la mairie de Tournefeuille. Le but étant de toucher un public différent en dehors de Toulouse et il a été atteint au vu de la très forte participation de jeunes fort intéressés par le sujet au vu du nombre important de questions et de l'heure (très) tardive à laquelle s'est terminée cette conférence.

Merci à la mairie de Tournefeuille et en particulier à M. J. TOMASI pour nous avoir permis et aidé dans l'organisation de cette soirée.



# Les essais aérodynamiques au centre du Fauga-Mauzac de l'ONERA

(Rédigé par B. RIVRY)

L'AAAF a organisé le 31 mai 2006 à partir de 16h30 une visite à l'ONERA/CFM sur la commune de Mauzac

L'ONERA Centre de 120 hectares en bord de Garonne dédiés à :

- des essais aéronautiques dans les 3 souffleries : F1, F2, F4 :

F1 : soufflerie industrielle basse vitesse pressurisée (avions, tous les Airbus notamment),

F2 : soufflerie de recherche basse vitesse (techniques expérimentales avant essais dans F1),

F4 : soufflerie hyperenthalpique (conditions de rentrée atmosphérique terrestre ou martienne),

- des études et recherches en propulsion aérobie et anaérobie.

## 1. Le centre ONERA du Fauga-Mauzac

Directeur du Centre du Fauga-Mauzac et de Toulouse : Jean-Pierre JUNG.

Directeur du Département des Souffleries : Jean-Claude TRAINEAU.

## 2. Présentation des activités du centre

### 2.1. Département modèles pour aérodynamique et l'énergétique (DMAE)

Le but de ce département est "d'approfondir la connaissance des phénomènes aérodynamiques et les décrire sous forme de modèles mathématiques. Cette démarche participe à l'élaboration des grands codes de calcul de mécanique des fluides".

"Les travaux y concernent les écoulements externes et internes. Ils couvrent principalement:

- la stabilité intrinsèque des écoulements

- la modélisation de la transition laminaire-turbulent et les problèmes connexes de réduction de la traînée

- la modélisation de la turbulence

- la modélisation des écoulements diphasiques

- l'aérothermique."

Au sein de ce département s'effectue notamment la recherche en propulsion solide (propergol solide)

*Nota : 230t de propergol dans chaque booster d'Ariane 5. Une maquette dans le centre reproduit à l'échelle 1/35e. La poussée est donc 35 fois moins forte, dure 35 fois moins longtemps mais met en évidence les mêmes zones vibratoires toutes proportions gardées.*

On trouve dans ce département un nouveau banc de combustion LACOM qui permet de "valider des acquis dans des conditions réalistes de pression, température et débit rencontrés dans un moteur."

### 2.2. Département d'Optique Théorique et Appliquée (DOTA)

La mission du DOTA est " le développement et la maîtrise des chaînes optiques, depuis la source jusqu'au post-traitement, dans une gamme de longueurs d'onde allant de l'infrarouge à l'ultraviolet, au service de l'aéronautique, de l'espace et des systèmes militaires".

Le site du Fauga constitue une zone expérimentale pour le PIRRENE (Programme Interdisciplinaire de recherche sur la Radiométrie en Environnement Extérieur). L'objectif premier du PIRRENE est "le développement de nouvelles méthodologies de mesure, l'analyse, la compréhension et la modélisation des phénomènes physiques intervenant dans la radiométrie des fonds de scène et de l'atmosphère". Concrètement, le site du Fauga sert de référence connue pour des tests et des mesures par télémétrie portant sur la biomasse, les caractéristiques de la végétation (comme l'indice foliaire), les caractéristiques du sol.

### 2.3. Présentation de la soufflerie F1

Les souffleries sont des installations du Département des Souffleries du Fauga-Mauzac (DSFM).

La première d'entre-elles et la plus

importante par sa taille est la soufflerie industrielle pressurisée F1. Par ses dimensions, sa capacité de pressurisation jusqu'à 3,85 bars, cette soufflerie permet notamment de simuler en vitesse subsonique des décollages et atterrissages d'avions.

Cette soufflerie présente un système d'alimentation original. Un emplacement a été prévu dans l'anneau de la soufflerie pour y insérer une veine d'essai mobile. Ce tronçon est contenu dans un chariot de transfert se déplaçant entre cinq cellules de préparation consécutives et l'anneau.

Dans chacune de ces alvéoles, chaque client peut installer en toute confidentialité sa maquette sur une palette. Celle-ci sera positionnée dans le tronçon mobile puis insérée dans la soufflerie. Un changement entre deux maquettes ne dure alors qu'une heure.

Ce système modulaire permet à la fois de préparer des essais en temps masqué, tout en conservant l'anneau pressurisé entre deux tests. Il ne reste plus qu'à pressuriser le tronçon mobile équipé en 10 minutes seulement.

### 2.4. Présentation de la soufflerie F2

La soufflerie F2 est plus petite que F1. Mais son avantage premier est qu'elle est construite autour de vélocimètres laser qui mesurent la vitesse autour de la maquette grâce à l'effet Doppler.

Technologies de mesure de vitesse disponibles sur le site

PIV : Particle Image Velocimetry (vélocimétrie par image de particules). On vaporise des particules d'huile d'olive d'1 micron. On envoie deux flashes laser très rapprochés. En comparant les deux photos correspondantes, on peut mesurer les vecteurs vitesse en chaque point du plan mesuré par comparaison des positions des gouttelettes.

DGV : Doppler Global Velocimetry

LDV : Laser Doppler Velocimetry

# Les essais aérodynamiques au centre du Fauga-Mauza de l'ONERA (Rédigé par B. RIVRY)

## 2.5. Présentation de la soufflerie F4

La soufflerie F4 est capable de reproduire des vitesses en kilomètre par seconde (5000m/s): F4 est une soufflerie hypersonique. Et de chauffer l'air de la veine à de très hautes températures (5000K) par une chambre à arcs électriques: F4 est une soufflerie hyperenthalpique.

Afin de générer ces arcs électriques (5000A, 5000V), la soufflerie est équipée d'une alternatrice et d'une cellule de redressement électrique propres à l'installation.

F4 est l'une des rares souffleries en Europe à pouvoir simuler des phénomènes de gaz réels. Elle est capable de produire des conditions de rentrée en atmosphère sur une durée de 400ms. Pour référence, avec de telles conditions, un essai de 200ms utiles est communément considéré comme un essai long.

On teste dans cette soufflerie des rentrées en atmosphères (vitesse et chaleur) terrestre (en veine d'air) ou martienne (en veine de CO<sub>2</sub>).

Elle a été utilisée pour simuler la rentrée en atmosphère de véhicules de type Apollo américain ou projet européen ARD (Athmospheric Reentry Demonstrator). On a cru un temps ce type de véhicule dépassé, mais l'un des prochains projets spatiaux américains portera à nouveau sur des véhicules de type capsules car ils offrent un plus sûreté pour le retour de vols habités que les types Shuttle.

Des essais ont été menés par le CNES et la NASA dans cette soufflerie autour de l'aéro-capture. Ce procédé de rentrée rapide en atmosphère permet de ralentir très rapidement un véhicule en rentrée vers Mars par exemple tout en étant très économe en énergie. Le carburant et la masse ainsi économisés permettraient d'envisager les ressources nécessaires pour un décollage en fin de mission d'exploration.

## 3. Visite des souffleries

A l'ordre du jour :

- Présentation d'un modèle réduit de la soufflerie F1 et de son système d'alimentation par palettes.
- Visite des souffleries F1 et F4 : une demi-heure chacune.

### 3.1. Visite de la soufflerie F1

Notre guide : M. Philippe DESPLAS.

Dans les souffleries, on effectue principalement 6 mesures :

- 3 efforts : x, y, z ;
  - 3 moments : roulis, tangage, lacet.
- Pour les mesurer, on utilise des balances dites internes ou externes selon qu'elles sont placées dans ou à l'extérieur de la maquette.

Les maquettes peuvent modéliser une moitié seulement de l'appareil. Dans ce cas, la maquette est montée verticalement dans la soufflerie et écartée du sol par une entretoise présentant le même contour que la maquette. Pour mesurer les efforts subis par la maquette, la balance est alors placée dans le plancher sous la maquette. Cette balance pèse 5t et peut mesurer des efforts jusqu'à 22 t. L'avantage de cette soufflerie est sa capacité de pressurisation. Une pression de 4 bars permet avec une maquette au 1/4 d'obtenir des Reynolds de même grandeur que ceux qui s'appliquent à l'appareil réel.

Les efforts dans une soufflerie à 4 bars sont 4 fois plus importants que dans une atmosphère extérieure. Pour y résister, les maquettes sont le plus souvent en acier. Une maquette peut mesurer 3m d'envergure, pour une surface de voilure de l'ordre de 1m<sup>2</sup>. Les maquettes testées dans cette soufflerie peuvent ainsi peser jusqu'à 700 kg.

La salle d'essais est le poste de commandement de l'installation. On y contrôle tous les paramètres de la soufflerie : la pression, la vitesse et la température ainsi que les différents actionneurs et capteurs. Des écrans

vidéo et des afficheurs présentent en temps réels les différentes valeurs mesurées et états des appareils.

La salle d'essai permet de recevoir les techniciens et ingénieurs de l'Onéra pilotant et contrôlant l'installation, mais aussi les clients présents. Tous sont informés en temps réel des résultats.

Le support de la maquette étant commandée, il est possible de lui faire effectuer une "polaire" (la variation progressive de l'incidence de la maquette) tout en contrôlant au fur et à mesure les résultats obtenus.

### 3.2. Visite de la soufflerie F4

Notre guide : M. Paul VIGUIER.

Dans cette soufflerie, les essais sont en général effectués avec des maquettes en forte incidence, ce qui est le cas le plus fréquent pour une rentrée en atmosphère.

La soufflerie F4 est composée de 4 étages :

- la chambre à arcs,
- la tuyère,
- le diffuseur,
- le caisson à vide.

Les différentes séquences étant extrêmement brèves, les étapes sont pilotées par un automate de commande.

En tête de la soufflerie, la chambre à arcs peut contenir de l'air ou d'autres gaz pour simuler d'autres atmosphères que terrestres.

Dès mise en route de l'expérience, entre les électrodes de la chambre, se produisent des arcs électriques qui chauffent jusqu'à 5000K (4700°C) les dix litres de gaz qui alimenteront l'écoulement. Les gaz se dilatent sous l'effet de la chaleur, la pression monte alors dans la chambre jusqu'à 400bars. L'automate déclenche électriquement le bouchon pyrotechnique retenant les gaz.

# Les essais aérodynamiques au centre du Fauga-Mauza de l'ONERA (Rédigé par B. RIVRY)

Ceux-ci se relâchent subitement à travers une tuyère. L'entrée de la tuyère est d'environ 10mm de diamètre alors que l'écoulement utile au niveau de la maquette est d'environ 400mm de diamètre. Cette configuration présente un taux de détente élevé et permet d'obtenir, en mode supersonique, des vitesses très importantes (5000m/s soit 18000km/h).

A l'arrivée sur la maquette, les gaz sont à peu près à 400K (126°C). Le long du profil de la maquette exposé, les gaz compressés par la vitesse s'échauffent considérablement. Si bien qu'après le test, on constate très nettement les marques de chauffe sur la maquette métallique.

Les appareils de mesure autour de la maquette et dans la veine permettent de mesurer les chocs subis par la maquette (visualisation strioscopique basée sur la mesure de la pression), les efforts exercés sur la maquette dans les trois directions, la vitesse d'écoulement à l'aide de diodes laser, la température du flux.

Après avoir frappé la maquette, les gaz finissent leur course dans le caisson à vide dont la pression initiale n'est que de 10 Pascal.

Au bout de 400ms, l'expérience est terminée. L'automate allume alors le second bouchon pyrotechnique de la chambre à arcs afin de finir de relâcher la pression restante et d'évacuer vers un second caisson situé derrière la chambre les particules notamment produites par la combustion partielle des isolants des électrodes.

La salle de commande de la ligne regroupe l'automate de commande et le système d'enregistrement des mesures (jusqu'à 72 canaux).

## **Conclusion de la visite :**

La visite se termine par un verre de l'amitié offert par nos hôtes. Un grand merci à l'ONERA pour avoir organisé cette visite fort intéressante et très conviviale.



## Brèves de la commission Aéronautique légère et Vols libres

### AirExpo 2006 :

La XX<sup>e</sup> édition du meeting aérien Air Expo, qui s'est tenue le 13 mai sur l'aérodrome de Muret L'Herm a vu pour la deuxième année consécutive l'AAAF Toulouse Midi-Pyrénées représentée. Nous étions ainsi une dizaine de membres des commissions "Communication" et "Aéronautique légère et Vol libre" à nous relayer au stand AAAF pour expliquer et promouvoir les diverses activités de l'Association auprès du public. Après une matinée d'installation certes humide, première présentation en vol à caractère non commercial de l'Airbus A380. Les démonstrations en vol se sont poursuivies avec notamment la prestation fort originale de 5 hélicoptères EC 120 d'une patrouille espagnole. Bravo donc aux élèves des écoles aéronautiques pour l'organisation, et avis aux membres volontaires pour le printemps prochain.



### Bréguet XIV:

Dans le cadre des échanges réciproques entre l'AAAF et l'association Bréguet XIV dirigée par Eugène Bellet, 6 membres de notre commission ont eu la chance d'assister le 7 juin 2006 à une présentation du projet de reconstitution du Bréguet XIV déjà décrit dans ces colonnes. C'est au pied de l'avion dans son hangar à Lasbordes que nous avons pu revivre l'histoire de cette décennie dédiée à la reconstruction fidèle de ce monument de l'Aéropostale. Nous avons eu l'émotion de nous installer aux commandes et avons pu poser à M. Bellet toutes les questions qui nous fascinaient notamment sur les difficultés liées à la réalisation d'un tel projet et sur la persévérance nécessaire pour les surmonter. Cette rencontre s'est terminée dans la convivialité autour d'un verre.

Merci donc à Eugène Bellet pour son temps et sa passion. Merci également à Jean-Michel Duc pour l'organisation de cette rencontre, mais aussi pour avoir soutenu ce projet durant sa présidence à l'AAAF Toulouse Midi-Pyrénées !

### Visite de la société Air Création :

Le 8 septembre 2006, 5 d'entre nous ont visité la société Air Création, fabricant d'ULMs pendulaires en Ardèche. Un article complet viendra agrémenter les colonnes d'une prochaine Gazette.

Pour la commission "Aéronautique légère et Vols libres", Etienne Rouot.



## Le Tourisme Spatial

**GARRETT SMITH** - *Président de la Commission Régionale de Tourisme Spatial*

Une Commission Technique Régionale AAAF sur le Tourisme Spatial est en cours de création.

Qu'est-ce donc que le Tourisme spatial? Le tourisme spatial concerne tous types de tourisme lié au thème de l'espace. Ceci peut englober :

- le tourisme terrestre tel que les musées comme la Cité de l'Espace ou des parcs d'attractions comme " Mission Space " à l'EPCOT de Disney World en Floride aux USA,
- des " space camps " pour les enfants et les adultes, en Floride et en Alabama notamment (USA),
- des visites de sites de lancement à Kourou (Guyanne Française) ou Cap Canaveral, (Floride, USA)
- des stages d'entraînement de cosmonaute à la Cité des Etoiles (Région de Moscou, Russie)
- des vols paraboliques dans des avions dédiés.

Mais pour participer à une vraie expérience spatiale il faut avoir de quoi payer un vol suborbital (disponible paraît-il d'ici 2010) ou même, pourquoi pas, un vol orbital à bord de l'ISS.

Le tourisme spatial concerne donc une vaste diversité de sujets accessibles à tous (ou presque) et qui contribue largement à l'économie, avec des estimations du tourisme spatial terrestre à plus d'1 milliard de dollars (800 millions d'euros).

Mais la raison pour que ce tourisme fleurisse est le résultat, pour certains, de voir leur rêve d'aller un jour dans l'espace se réaliser....

Le tourisme spatial était le sujet d'une conférence le 7 juin 2006 à Londres, organisée par la Royal Aeronautical Society (RAeS). J'ai eu l'occasion d'y participer pour m'informer et mieux comprendre les actualités dans ce domaine. En plus, je n'étais pas le seul "Toulousain" à me déplacer, car j'ai rencontré sur place deux élèves de SupAéro aussi passionnés que moi par le sujet !

Les acteurs majeurs dans ce domaine sont :

- Virgin Galactic

([www.virgingalactic.com](http://www.virgingalactic.com)) avec un site web en français,

- Space Adventures ([www.spaceadventures.com](http://www.spaceadventures.com)),

- Rocketplane ([www.rocketplane.com](http://www.rocketplane.com)).

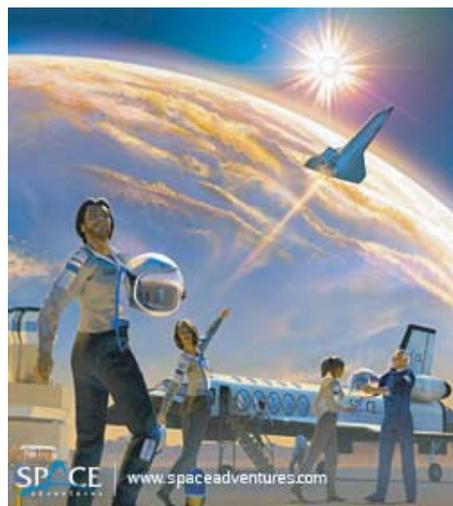
Il y a aussi d'autres compagnies comme Blue Origin, qui ont le financement mais qui sont très secrètes, Project Enterprise du Talis Institute, Starchaser en Angleterre, et Xerus de X-cor.

Virgin Galactic domine ce marché par la publicité qui entoure sa marque de la maison mère. Ils veulent utiliser une navette, SpaceShipTwo, aéro-larguée depuis un avion porteur (le WhiteKnightTwo). Ils ont déjà quelques centaines de réservations partiellement payées. Leur avion suborbital est conçu par Burt Rutan de Scaled composites, connu pour son génie dans l'aérodynamique. L'avion sera construit par la Space Ship Company (un partenariat entre Scaled Composites et Virgin Galactic). SpaceShipTwo sera propulsé par des moteurs hybrides.



Space Adventures est bien établi dans cette industrie, ayant déjà envoyé Dennis Tito, Mark Shuttleworth, Greg Olsen et Anousheh Ansari jusqu'à la ISS, via des places réservées tout confort sur des Soyuz Russes. Pour les vols suborbitaux, ils ont fait des partenariats avec Prodea, une compagnie d'investissement soutenue par la famille Ansari, et avec Myasishchev pour fabriquer, dans le futur, une "navette" en

Russie. Cette navette s'appellerait Explorer et serait portée sur le dos d'un avion M-55 Géophysica pour être larguée à haute altitude. Explorer utiliserait du kérosène et de l'oxygène liquide.



## Le Tourisme Spatial

**GARRETT SMITH** - *Président de la Commission Régionale de Tourisme Spatial*

Rocketplane utiliserait un petit avion avec deux réacteurs traditionnels pour monter en altitude avant d'allumer le moteur fusée pour se lancer sur sa trajectoire suborbitale. Cette entreprise a une bonne équipe d'ingénieurs dirigée par David Urie (un ancien ingénieur en chef de Lockheed Skunkworks). Rocketplane a une compagnie sœur, Kistler, qui vise des lancements orbitaux. L'architecture est la même que Bristol Spaceplanes qui malheureusement ne décolle pas en Europe par manque de financement.

Mais tous ces opérateurs, d'où vont-ils donc décoller ?

Pour cela il y a plusieurs spatioports proposés dans le monde :

- au Nouveau Mexique l'America's Spaceport, la base de Virgin Galactic,

- Space Adventures souhaite décoller depuis Ras al Khaimah (dans les Emirats Arabe Unis) et aussi depuis l'aéroport de Changi (République de Singapore).

Pour le moment, il n'y a pas de projets pour établir un spatioport en Europe, mais Virgin Galactic parle de lancements depuis Kiruna en Suède pour des vols dans l'aurore boréale.

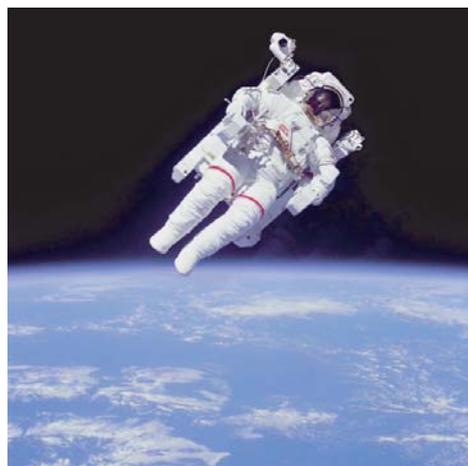
Il n'y a pas actuellement, à notre connaissance, d'organisme français impliqué actuellement dans de tels Projets.

C'est donc une des raisons pour laquelle AAAF/TMP étudie la création d'une commission technique "tourisme spatial" le but étant de partager les actualités du "tourisme spatial" avec les membres de l'AAAF.

Une telle technique régionale pourrait explorer les aspects liés au "tourisme spatial" tels que :

- la médecine spatiale,
- la sécurité des passagers et des vaisseaux,
- les réglementations française et européenne,
- et bien sûr tout ce qui est tourisme spatial terrestre.

N'hésitez pas à me communiquer vos souhaits pour les sujets que vous aimeriez voir aborder.



# SolarImpulse : le tour du monde en avion solaire

## J.B. LETERRIER (Altran sud ouest)

### Défi

Dans un monde dépendant des énergies fossiles, le projet SolarImpulse est un paradoxe, presque une provocation : il vise à faire décoller et voler de façon autonome, de jour comme de nuit, un avion propulsé exclusivement à l'énergie solaire, jusqu'à effectuer un tour du monde sans carburant ni pollution. Un but inaccessible sans repousser dans tous les domaines les limites des technologies actuelles...

Les pilotes du SolarImpulse sont aussi depuis 2003 aux commandes du projet. Tandem de passionnés d'aéronautique, Bertrand Piccard, le psychiatre aventurier, et André Borschberg, le pilote entrepreneur, veulent mettre leurs forces en commun au service de ce défi unique. Dès les premiers vols, ils se partageront les missions, l'appareil ne pouvant, pour l'instant, accueillir qu'un seul pilote à la fois.

### Solarimpulse

Le SolarImpulse est un concept révolutionnaire qui va repousser les limites de nos connaissances en matière de matériaux, de gestion énergétique et d'interface homme - machine. C'est un appareil d'une envergure démesurée pour son poids et d'une qualité aérodynamique inégalée à ce jour, capable, malgré sa légèreté, de résister à de terribles contraintes.

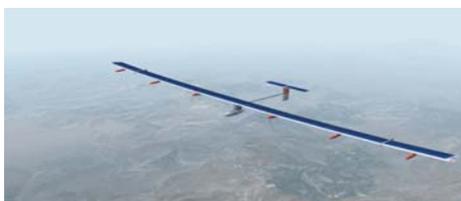
### Aérodynamique

L'envergure de l'avion donne une

idée de l'envergure du défi : 80 mètres, soit légèrement plus que celle de l'Airbus A380, afin de minimiser la traînée induite et offrir une surface maximale aux cellules solaires. Une charge alaire aussi faible (8 kg/m<sup>2</sup>) implique une plus grande sensibilité aux turbulences. La structure ultra-légère doit utiliser des fibres de carbone spécifiquement adaptées.

En raison notamment de l'ambition de traverser des océans, la résistance de ces matériaux va bien au-delà de ce qui a été conçu jusqu'ici.

Altitude max	12.000 m
Poids max	2000 kg
Vitesse moyenne	70 km/h
Envergure	80m
Puissance max des moteurs	35 kW
Poids des batteries	450 kg
Capacité des batteries	200 Wh/kg
Rendement photovoltaïque	0.2



### Matériaux et structure

Alors que les traditionnels sandwichs composites ont une masse surfacique de l'ordre de 10 kg/m<sup>2</sup>, ceux développés pour SolarImpulse devront peser de l'ordre de 0.5 kg/m<sup>2</sup> ! Ces matériaux pourraient en outre être équipés de

fonctionnalités intégrées telles des capteurs d'intégrité, du contrôle actif de forme, etc ...

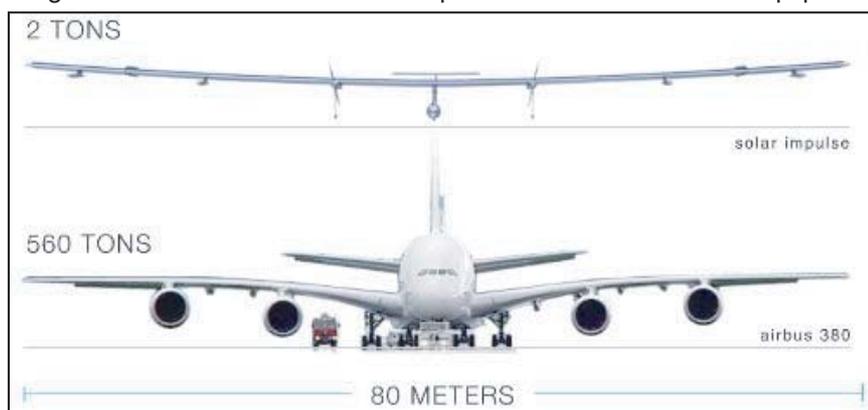
Une "peau" composée de cellules solaires ultra-minces est intégrée dans les ailes. Ces cellules seront flexibles pour en suivre les déformations et vibrations et devront être encapsulées pour garantir une efficacité maximale dans toutes les conditions, une résistance optimale aux agressions extérieures mais aussi une contribution structurale.

### Energie

Comme difficulté supplémentaire, l'énergie captée pendant la journée servira non seulement à propulser l'avion, mais également à recharger des batteries pour assurer le vol de nuit. Le pilote aura donc la nécessité absolue de se retrouver chaque soir avec des batteries pleines et d'économiser au maximum l'énergie à disposition pour tenir l'air jusqu'au lever de soleil suivant. L'énergie est accumulée pendant la journée dans des batteries au lithium disposées dans les ailes et dont la densité doit approcher les 200 Wh/kg, malgré des conditions de température extrêmes variant de +80°C à -60°C.

### Propulsion

La puissance moyenne sur 24 heures mise à disposition des moteurs par le soleil est pratiquement égale (12 CV) à celle dont disposaient les frères Wright en 1903 lorsqu'ils ont réalisé le premier vol en avion de l'humanité! Le succès ne peut donc passer que par une optimisation des rendements et une réduction générale du poids.



# SolarImpulse : le tour du monde en avion solaire

## J.B. LETERRIER (*Altran sud ouest*)

### Cockpit

En raison du poids encore excessif des batteries, l'habitacle ne pourra accueillir qu'un pilote, qui doit pouvoir opérer jusqu'à 12000 mètres d'altitude, dans des conditions extrêmes de pression et de température. Le cockpit sera donc équipé de différents systèmes: pressurisation, diffuseur d'oxygène, élimination du CO2 et de l'humidité générée par le corps humain. Ces dispositifs devront eux aussi être extrêmement modestes en termes de poids et de consommation énergétique afin de ne pas pénaliser les besoins de la propulsion.

### Interface homme machine

Du fait de sa grande taille et de sa faible vitesse de croisière, le SolarImpulse sera un appareil articulièrement délicat à manoeuvrer. Un dispositif inédit est en cours d'élaboration pour fournir au pilote des paramètres beaucoup plus détaillés que ceux aujourd'hui disponibles sur les avions classiques. Ces informations pourraient être perçues par le biais d'autres sens que la vue et l'ouïe.

### Optimisation globale

La plupart des avionneurs procèdent par optimisation mono ou bi-thématique (aéroélasticité par exemple). SolarImpulse devra lui être le fruit d'une optimisation globale, dont celles précitées. Un laboratoire est en partie dédié à cette délicate alchimie : plusieurs centaines voire milliers de paramètres entrent en jeu et seuls de complexes algorithmes mathématiques sauront les affiner conjointement.

Pour donner une idée de la complexité de la tâche, voici une liste non exhaustive des types de paramètres :

Humains (gestion du sommeil, IHM), énergétiques (captation et routage de l'énergie, batteries, moteurs), trajectographie (météo, ensoleillement), sécurité (fiabilité), mécaniques (matériaux, masses), aérodynamiques (qualité de vol, charges, performance), thermiques (rayonnement),...

Les capteurs photovoltaïques sont un bon exemple d'optimisation pluridisciplinaire : ils doivent contribuer à la structure tout en étant hyper légers, être câblés de manière à limiter les effets d'ombre portées par les hélices, avoir des rendements élevés, résister à des écarts de températures de 160°C (+100/-60) et aux agressions extérieurs (UV, pluie, givre,...), ...

### Les Grandes Etapes

C'est un projet qui s'inscrit dans la durée:

- Etude de faisabilité à l'Ecole Polytechnique de Lausanne en 2003.
- Développement du concept en 2004-2005.

- Simulations de vols longues durées dès 2006.
- Design et fabrication d'un prototype en 2006-2007.
- Vols tests et premier vol de nuit avec le prototype en 2008-2009.
- Construction de l'avion final en 2009-2010.
- Missions de plusieurs jours, traversée de l'océan atlantique et tentative de tour du Monde avec une étape sur chaque continent à partir de 2010-2011.

Le tour du monde sera le point d'orgue de cette série de grandes premières. Le décollage devrait avoir lieu en mai 2011, pour un survol de la terre proche de l'équateur mais essentiellement dans l'hémisphère Nord. Une escale est prévue sur chaque continent, pour changer de pilote et présenter l'aventure au public et aux autorités politiques et scientifiques. Chaque tronçon du vol durera de 3 à 4 jours, ce qui est considéré comme le maximum supportable pour un pilote seul. Lorsque l'efficacité des batteries permettra d'en réduire le poids, l'avion pourra embarquer deux pilotes pour des vols de très longues durées et un tour du monde sans escale deviendra alors envisageable.

QUE LE REVE CONTINUE !...

Pour de plus amples informations, n'hésitez pas à me contacter : [leterrier\\_j@altran-tech.net](mailto:leterrier_j@altran-tech.net)

Photos: SolarImpulse / EPFL / Claudio Leonardi

## SolarImpulse : le tour du monde en avion solaire J.B. LETERRIER (*Altran sud ouest*)



### Première Simulation

Organisée par l'équipe SolarImpulse et ALTRAN en ce printemps 2006, la première simulation de vol longue durée a eu lieu. Le décollage a eu lieu à Dubaï, le mardi 16 mai, vers 5h20 heure locale, c'est-à-dire de nuit ( $25^{\circ}15' N$   $55^{\circ}20' E$ ), cap plein l'est, pour rallier la Chine en environ cinq jours.

Au programme de ce vol, une route probable conduisant à survoler le golfe d'Oman, le Pakistan, puis le nord de l'Inde, le Bangladesh, le Myanmar et ses hauts reliefs, et enfin, le sud de la Chine... Les contraintes météo et liées au trafic aérien ont été intégrées afin de simuler de véritables conditions de vol : nuages d'altitude occultant partiellement les capteurs photovoltaïques, interdiction de survol de certaines zones, ... Après un voyage de 5 500 km, effectué en exactement 92 heures, l'appareil s'est posé à Guilin dans le sud de la Chine ( $25^{\circ}17' N$ ,  $110^{\circ}16' E$ ).

La Simulation SolarImpulse a donc été conçue avant tout comme un outil d'ingénierie. Étroitement impliqué dans les travaux du Design Team chargé de concevoir l'avion, il apporte au projet la visibilité nécessaire pour anticiper les difficultés inhérentes au défi de Bertrand Piccard et André Borschberg, et y donner les meilleures solutions.

Pour l'équipe Simulation, les analyses des paramètres de vol sur la totalité du trajet seront très importantes, mais aussi les données de performances de la chaîne de conversion de l'énergie solaire, pendant les périodes de faible luminosité (aube, crépuscule...). A ceci s'ajoutera une réflexion sur le futur simulateur, qui disposera certainement d'une interface facilitant la transmission des ordres de pilotage et l'analyse temps réel du comportement de l'appareil.

Pour l'équipe Pilotage, les points essentiels porteront à la fois sur une analyse technique du comportement de l'avion (phases d'ascension diurne et de descente nocturne, en particulier), et sur la chaîne de décision en temps réel : gestion affinée des informations du contrôle aérien, intégration encore plus profonde des informations issues du simulateur dans le choix des routes avion.

## Le projet Fabre 2010 J.L. CHANEL - (Airbus France)

Le projet Fabre 2010 se définit comme l'opportunité de réaliser une oeuvre technique à l'occasion du centenaire du premier vol historique du Canard d'Henri Fabre le 28 mars 1910.

Ce projet prend naissance dans la sphère municipale de Biscarosse.

Les élus locaux, les personnalités de la région et le musée de Biscarosse sont les moteurs de ce passionnant et ambitieux projet qui l'avantage d'être clair net précis au sens d'une concentration de l'histoire. En effet l'invention, l'objet qui en découle, l'inventeur, le lieu et la date du premier vol sont connus. Le projet reprend tous ces éléments indiscutables pour les valoriser au plus haut point.

L'invention française de l'hydravion par Henri Fabre est validée par ce premier vol sur l'étang de Berre et ouvre un domaine complet à l'aviation balbutiante de cette époque. Notre planète, recouverte à plus de 75 % par des surfaces liquides, offre alors en théorie 4 fois plus de possibilités de vol.

Avec un immense et raisonnable enthousiasme, nous prenons très vite conscience que les pistes d'atterrissages ont une longueur infinie, qu'il existe toujours une possibilité de s'orienter avec le vent, que ces "pistes" sont gratuites et qu'elles sont partout de telle sorte qu'il est possible de partir de n'importe quelle côte et poser plus ou moins volontairement sur n'importe quel lieu liquide.

De plus aucune limite physique ne s'impose à l'appareil qui peut devenir un bâtiment volant. La preuve en est que la première moitié de ce vingtième siècle verra la construction d'appareils de plus en plus gros comme le Latécoère 631 et quelques autres paquebots volants.

A ce sujet je recommande la visite du merveilleux musée de Biscarosse, lieu d'hydravation.

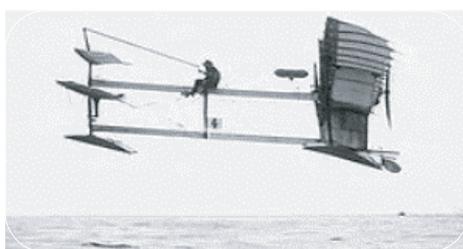
Il s'agit d'un musée où chaque avancée de quelque centimètres de nos pas ouvre encore quelques quarts d'heure de lecture instructive, d'observation technique de l'objet ou encore de contemplation esthétique et rêveuse.

Musée d'une grande valeur et d'une infinie richesse servie aussi par le sauvetage scientifique des pièces d'avion immergées.

L'hydravion de taille plus réduite peut bénéficier d'une multitudes de petits lacs en France.

La machine d'Henri Fabre est de taille moyenne. Élancée, fine, elle semble légère.

C'est donc à cette unique machine, objet de son brevet, que nous nous intéressons.

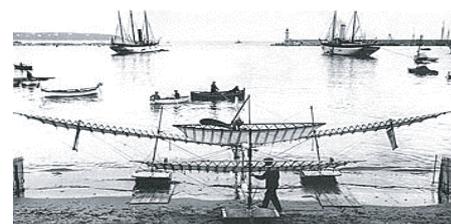


Il s'agit de reprendre le brevet déposé par Henri Fabre lui même pour parvenir à la re-fabrication quasi identique de cette version de 1910. La réalisation se concrétisera avec des matériaux de haute technicité. Des partenaires prestigieux seront rassemblés.

Dans tous les cas, je crois que la recherche de fidélité au modèle d'origine doit être mise en avant comme une préoccupation constante.

Dans le fond le besoin fondamental qui justifie notre projet consiste à créer un événement de portée maximale. D'abord un événement important par lui même et ensuite un événement prolongé par des actions

prises en valeur, par exemple une logistique pour son déplacement dans diverses expositions ou meetings (Biscarosse, Étang de Berre, autres bases mais aussi n'importe quel lieu ensuite comme le hall d'une usine aéronautique ou celui d'un Aéroport).



La meilleure fidélité consisterait à la création d'une parfaite réplique, maquette à l'échelle 1 statique et transportable, mais des maquettes n'existeraient-elles pas déjà ?

Ou bien parce que ces maquettes existent déjà, ou bien parce que l'événement serait d'une force supérieure et d'une portée plus grande ; le décollage et le vol seront tentés.

Qui peut le plus peut le moins. Nous aurions une machine volante et une maquette statique dans la même oeuvre.

Il ne s'agira pas d'un vol nécessairement supérieur en performance à celui d'Henri Fabre. Un cahier des charges peut être rédigé à propos de cette prestation.

Quelle trajectoire ? quelle hauteur ? quelle distance ? quelle vitesse ? ou quelle durée ?

Veut on voler en effet de sol ou au delà de ce domaine ? veut on voler au dessus de surfaces dures ? La notion d'autonomie du vol configurera la masse de l'appareil et son centrage, rendra plus ou moins difficile la conception. C'est un des paramètres du vol qui implique la définition de l'appareil.

## Le projet Fabre 2010 J.L. CHANEL - (Airbus France)

La sécurité des personnes et du projet ainsi que la faisabilité commanderont des options techniques qui nous éloigneront de l'œuvre d'origine. Cependant le bon goût et l'ingéniosité de nos concepteurs permettra certainement de "tricher" avec l'apparence et la valeur esthétique si cela est un compromis malheureusement nécessaire.

Les flotteurs étaient conçus en bois ? Ils le seraient en fibre de verre ? Ils seront peints ! Personne n'y verra rien.

Mais ils peuvent être en bois, et c'est là aussi l'occasion de montrer ou de démontrer qu'en ce 21<sup>ème</sup> siècle, des artisans savent encore le manier !

N'oublions pas en général le besoin persistant et la réponse donnée des métiers classiques de l'aviation : mettre en forme le bois mais aussi la toile, les haubans et d'infinies finesses qui font l'aviation classique.

Après tout le bois est un matériau composite et il est très performant dans certaines configurations. Nous avons toutes les raisons, autant pour servir le passé que l'avenir, de ne pas perdre la mémoire ...

Quels sont nos atouts aujourd'hui pour réaliser cette machine 100 ans plus tard ?

En structure nous gagnerons mais de "n" % car la structure en bois et toile de l'époque était déjà très légère.

En matière de mécanique suite au progrès des moteurs et des hélices, suite également au rendement aérodynamique de la "cellule" ; la poussée nécessaire sera moins importante et transformée par une hélice au meilleur rendement, celle-ci demandant moins de puissance à un moteur dont le rapport entre la masse et sa puissance est infiniment supérieur à celui de l'époque.

A la combinaison des éléments propulsifs, nous gagnerons facteur N. N, Entier Naturel !

La puissance installée à l'époque valait environ 50 chevaux et le projet prévoit une motorisation de 100 chevaux.

L'idéal serait de reproduire le moteur Gnome d'origine, moteur type Omega.

Doit on considérer l'importance du rapport poids/puissance comme un facteur de sécurité?

En matière de qualité de vol il devra être étudié la

stabilité de l'appareil comme une des premières études à accomplir pour la faisabilité du projet.

En attendant une maquette volante d'essai est prévue, elle donnera les premiers enseignements et dégrossira l'étude.

La maquette devra être de la plus grande dimension possible pour approcher au plus la dimension de l'appareil grandeur et donner ainsi le comportement le plus fidèle à la réalité du vol grandeur.

Pour l'instant la contribution de l'AAAF à ce projet est bien enclenchée

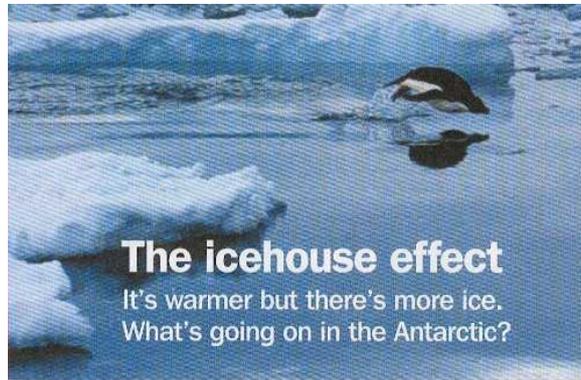
**Jean Luc Chanel**

**S**AR  
I  
NTERFEROMETER  
R  
ADAR  
A  
LTIMETER



**L. REY**  
**Alcatel Alenia Space**

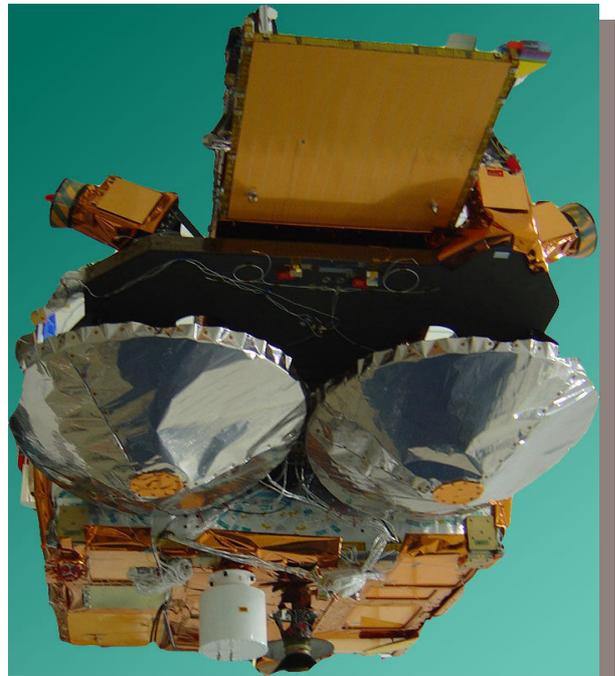
## ❄ LA MISSION CRYOSAT ET L'INSTRUMENT SIRAL



Bien qu'il semble à l'heure actuelle acquis que l'atmosphère de la Terre se réchauffe, il est extrêmement difficile d'en prévoir les conséquences sur les glaces de la planète. Et comme les glaces jouent un rôle important dans la régularisation du climat et affectent le niveau des océans, repérer toute modification de l'épaisseur des couvertures glaciaires terrestre et maritimes est du plus haut intérêt.

CryoSat, est un satellite altimétrique de l'ESA dédié à l'observation des glaces de la Terre. Prévue pour durer trois ans et demi, cette mission permettra de déterminer les variations d'épaisseur des glaces continentales et des glaces de mer avec une précision jamais égalée. Il sera ainsi possible de tester les prévisions de fonte des glaces dans le cadre du réchauffement climatique.

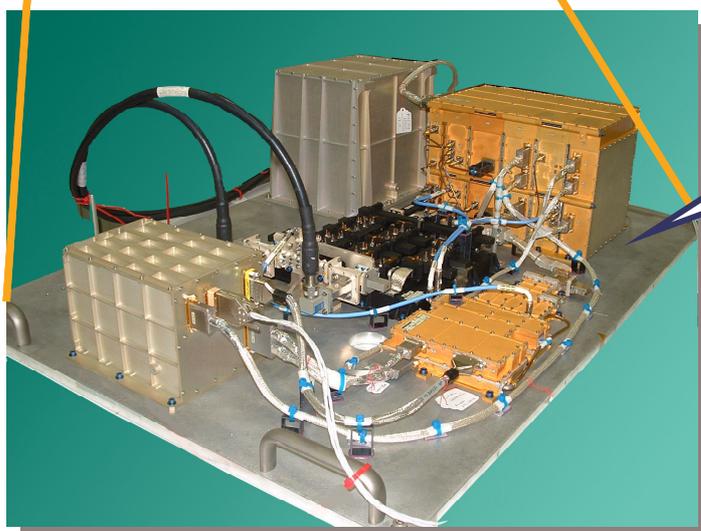
Son orbite permettra de couvrir pratiquement toutes les zones polaires, avec une inclinaison de  $92^\circ$  et une altitude de 720 km.



L'instrument de la mission est le radar altimètre/ interféromètre SIRAL développé et réalisé par Alcatel Alenia Space France, établissement de Toulouse. Après un premier échec au lancement de CRYOSAT 1 par une fusée Rockot fin 2005, l'ESA a décidé de relancer la fabrication d'un CRYOSAT 2, complètement récurrent e CRYOSAT 1.



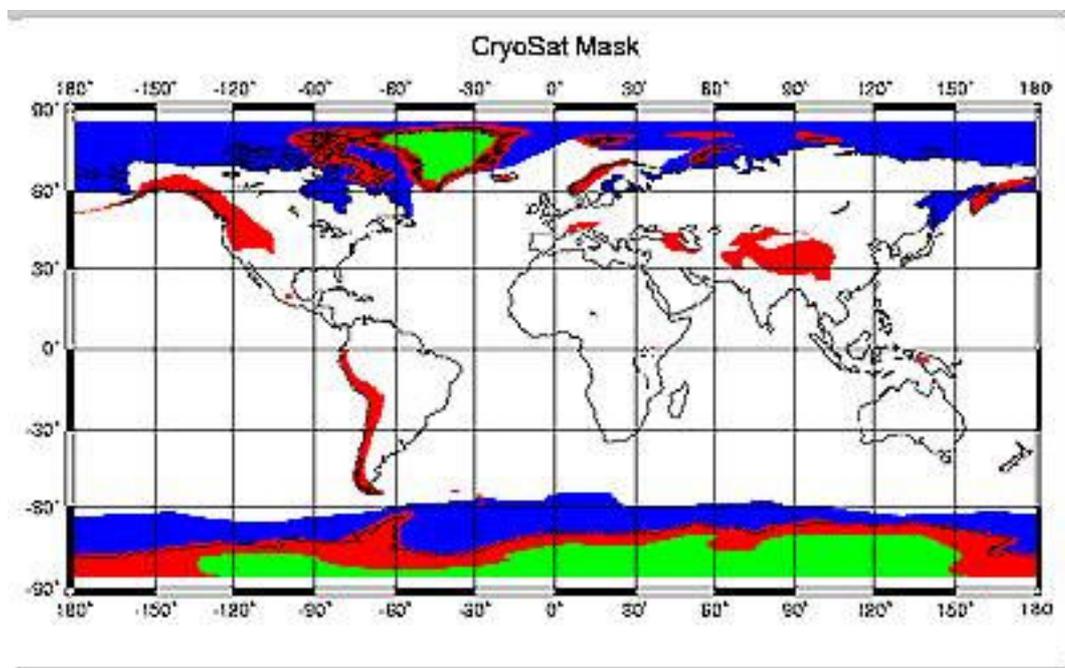
Instrument complet sur son panneau de vol



Electronique de l'instrument

Cet instrument très novateur et très compact (70 kg) fonctionne en bande Ku (13.7 GHz) et dispose de trois modes de mesure :

- ❖ Un mode basse résolution qui correspond à une mesure conventionnelle altimétrique limitée aux reliefs peu accentués des glaces continentales intérieures et à la mer **LRM**
- ❖ Un mode radar à synthèse d'ouverture qui effectue une mesure haute résolution pour les glaces flottant sur la mer **SAR**
- ↗ Un mode radar interférométrique qui rend compte des reliefs les plus contrastés comme ceux très actifs de la transition banquise / continent **SARin**.



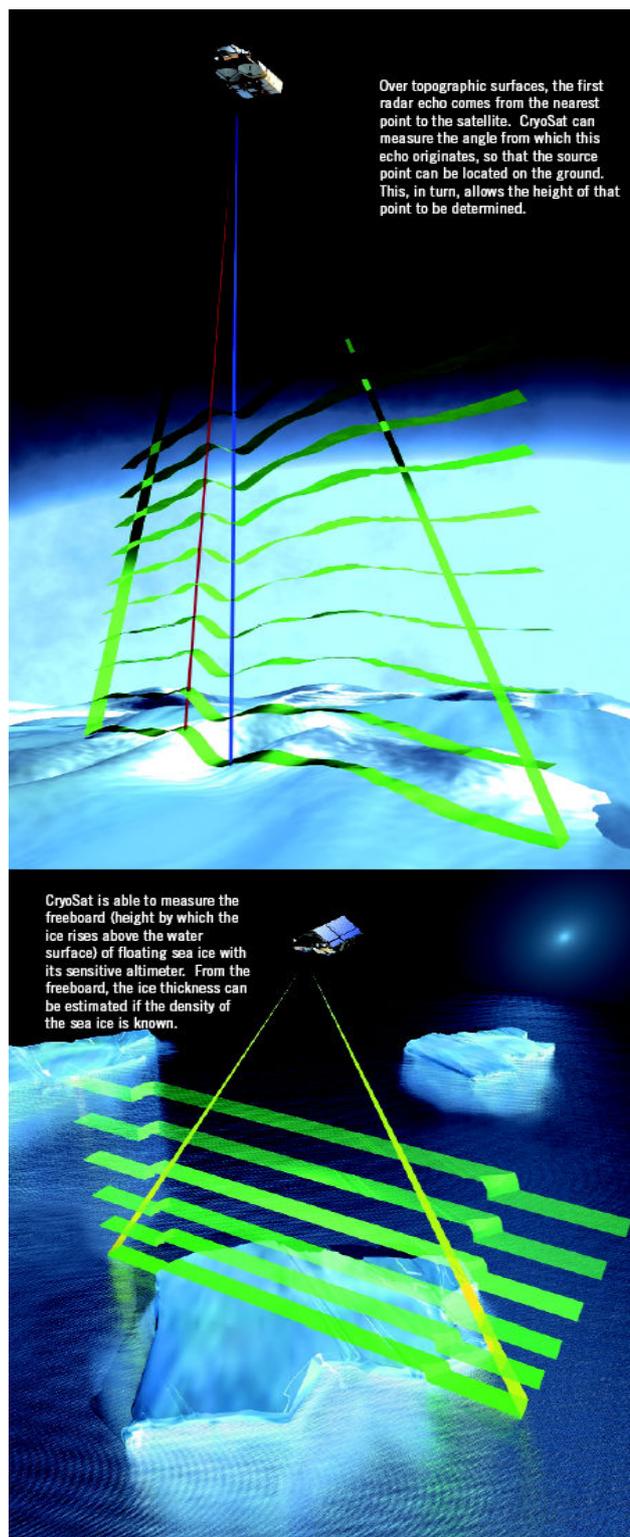
SIRAL est le premier né d'une nouvelle génération d'altimètre.

Dérivé du fameux altimètre océanique Poséidon, l'altimètre SIRAL a été conçu pour fonctionner sur les reliefs les plus divers des glaces de la Terre. Des évolutions considérables ont donc été introduites dans la conception et la technologie de ce radar altimètre d'un nouveau type.

En premier lieu l'instrument SIRAL dispose d'un mode interféromètre qui lui donne accès à la topographie de part et d'autre de la trace au sol du satellite CryoSat.

Explication : Un radar altimètre type Poséidon mesure le relief uniquement sous sa trace c'est à dire, au sol, la ligne que suit la verticale issue du satellite. De la même façon que les deux phares d'une automobile éclairent la route qui défile, les antennes jumelles de l'altimètre SIRAL pointent la trace au sol du satellite CryoSat.

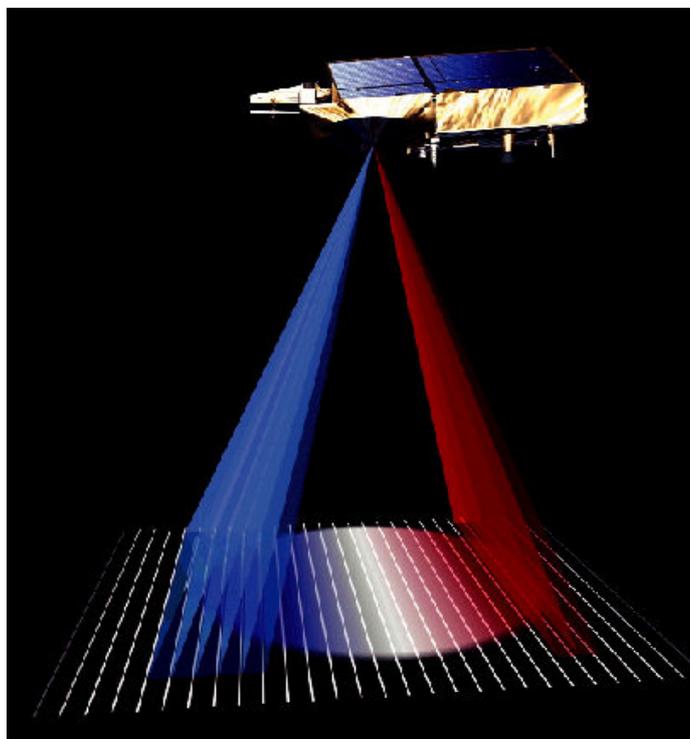
Si la surface sur laquelle se forme l'écho radar est sur la trace, les deux antennes voient arriver celui-ci au même instant. Maintenant, si la surface sur laquelle se forme l'écho radar est en dehors de la trace, par exemple 5 km à gauche de la trace, l'antenne de gauche verra arriver celui-ci avant l'antenne de droite. Ainsi l'écart temporel de l'arrivée de l'écho entre les deux antennes permet de remonter à la direction d'où vient celui-ci.



En second lieu, l'instrument SIRAL dispose d'un mode SAR (Synthetic Aperture Radar) qui permet de réaliser une topographie extrêmement précise et détaillée le long de la trace.

Explication : Les altimètres du type Poséidon ont une résolution spatiale de l'ordre de la dizaine de kilomètres. Cette résolution est insuffisante pour distinguer les transitions entre les glaces flottant sur la mer et la surface de la mer. Le mode SAR (Synthetic Aperture Radar) de SIRAL améliore la résolution spatiale de l'altimètre d'un facteur 40. Pour comprendre ce mode prenons l'exemple d'une automobile qui se dirige vers un observateur, le dépasse puis s'éloigne. Celui-ci entend une variation de la fréquence du son, de l'aiguë vers le grave au fur et à mesure du déplacement. Ce phénomène, dit effet Doppler, correspond à un décalage de la fréquence perçue par l'observateur en fonction de la vitesse et de la direction du véhicule. Si la vitesse du véhicule est connue, il y a donc une relation directe entre le décalage de fréquence ( la fréquence Doppler) et la direction du véhicule.

Par analogie, sur le satellite, le radar est l'observateur, et la surface est en mouvement relatif par rapport au satellite. Les échos reçus par le radar comportent donc un mélange de fréquence Doppler correspondant à toutes les directions de la surface embrassée par le faisceau de l'antenne radar, depuis l'avant jusqu'à l'arrière. Au sol un traitement numérique de ces échos permet de séparer, avec une certaine résolution, les différentes séquences Doppler. On parle de filtrage Doppler ou encore de mode SAR (Synthetic Aperture Radar) car la résolution spatiale s'obtient de façon synthétique. Après traitement tout se passe comme si le faisceau d'antenne avait été découpé en tranches d'une résolution spatiale 40 fois plus petite que la résolution du faisceau d'antenne radar.



# Protection Planétaire

## Protection de l'environnement des planètes dans le cadre des missions

### André DEBUS - CNES Toulouse - Chargé de mission Protection au CNES

Depuis les premières missions spatiales destinées à l'exploration du système solaire, dès 1960, les sondes spatiales sont traitées pour éviter toute les formes de contamination qui pourraient être nuisibles aux environnements planétaires. Si pour l'instant les quantités de matériaux, gaz, liquides et autres produits amenés par des sondes spatiales sur d'autres corps du système solaire restent insignifiantes à l'échelle d'une planète, il est une forme de contamination qui, même amenée en quantité infime, est capable, si les conditions locales le permettent, de se répandre et d'affecter globalement une planète : la contamination biologique. Les autres corps de notre système solaire, planètes, satellites planétaires, comètes et astéroïdes, que nos sondes visitent maintenant de plus en plus fréquemment, et sur lesquels la vie terrestre microscopique pourrait survivre, voire proliférer, doivent donc être protégés. Et dans l'autre sens, pour les missions revenant vers la Terre après être entrées en contact avec un environnement extraterrestre, il est également demandé de veiller à la protection de la biosphère terrestre si les systèmes spatiaux ou si les échantillons ramenés sur Terre sont susceptibles de contenir des formes de vie extraterrestre. Ces dispositions, dites de **PROTECTION PLANETAIRE**, sont mises en place par les Agences Spatiales et découlent directement de l'application de l'article IX du Traité de l'Espace de l'ONU, signé et ratifié, entre autres, par la France en 1967. Le but de la protection planétaire est la préservation des environnements planétaires, motivée par trois arguments fondamentaux. Le premier est éthique, car est nécessaire de protéger l'environnement des planètes d'accueil. Le second est scientifique, car il est important de garantir la validité des expériences d'exobiologie (recherche de traces de vie) qui n'auraient plus aucun intérêt si la planète concernée ou ses échantillons étaient contaminés par des matières organiques ou des microorganismes d'origine terrestre. Le troisième, spécifique aux missions revenant vers la Terre, relève de la sécurité, car il est impératif de protéger notre biosphère terrestre contre tout risque biologique inconnu.

Les agences spatiales, et le CNES en particulier depuis sa participation à la mission Mars96 avec le Russie, s'attachent donc sérieusement à préserver l'environnement de tous les corps du système solaire, planètes, satellites naturels, astéroïdes et comètes, y compris l'environnement de notre Terre contre tout risque de contamination biologique.

#### HISTORIQUE

L'ensemble des mesures prises pour veiller à la non-contamination des planètes et de la Terre se réfère aux textes suivant :

Article IX du "Traité sur les principes régissant les activités des Etats en matière d'exploration et d'utilisation de l'espace extra atmosphérique, y compris la Lune et les autres corps célestes", appelé aussi au "TRAITE DE L'ESPACE" [1], du 19 décembre 1966, signé le 27 janvier 1967 et ratifié le 10 octobre de la même année. Cet article stipule que :

*"...les Etats parties au Traité effectueront l'étude de l'espace extra atmosphérique, y compris la Lune et les autres corps célestes, et procéderont à leur exploration de manière à éviter les effets préjudiciables de leur contamination ainsi que les modifications nocives du milieu terrestre résultant de l'introduction de matière extra terrestre, et, en cas de besoin, il prendront les mesures nécessaire à cette fin".*

Quelques années plus tard, les dispositions de non-contamination ont a nouveau été reprises dans un autre texte :



Article VII de l'"Accord régissant les activités des Etats sur la Lune et les autres corps célestes", appelé communément "TRAITE SUR LA LUNE" [12] du 5 décembre 1979, signé par la France le 29 janvier 1980. Cet article précise que :

*" Lorsqu'ils explorent et utilisent la Lune (et les autres corps célestes), les États parties prennent des mesures pour éviter de perturber l'équilibre existant du milieu en lui faisant subir des transformations nocives, en le contaminant dangereusement par l'apport de matière étrangère ou d'une autre façon. Les États parties prennent aussi des mesures pour éviter toute dégradation du milieu terrestre par l'apport de matière extraterrestre ou d'une autre façon".*

Délégué par les Nations Unies, le COSPAR se charge, sur les avis éclairés d'experts scientifiques, d'émettre ou de réactualiser des recommandations de protection planétaire. Ces recommandations sont périodiquement re-examinées et remises à jour, fonction des connaissances accrues que la communauté scientifique avait de l'environnement des planètes et de la probabilité de survie des microorganismes terrestres dans ces environnements.

# Protection Planétaire

## Protection de l'environnement des planètes dans le cadre des missions

### André DEBUS - CNES Toulouse - Chargé de mission Protection au CNES

Délégué par les Nations Unies, le COSPAR se charge, sur les avis éclairés d'experts scientifiques, d'émettre ou de réactualiser des recommandations de protection planétaire. Ces recommandations sont périodiquement re-examinées et remises à jour, fonction des connaissances accrues que la communauté scientifique avait de l'environnement des planètes et de la probabilité de survie des microorganismes terrestres dans ces environnements.



La [Politique de Protection Planétaire du COSPAR](#), applicable depuis 1984, et reconduite après l'Assemblée Scientifique du COSPAR en 1994 ,puis 2002 , s'énonce donc sous la forme la suivante:

"Bien que l'existence de vie ailleurs dans le système solaire est très improbable, la mise en oeuvre d'expériences scientifiques destinées à la recherche d'éventuelles formes de vie extra terrestre, de précurseurs et de reliques, ne doit pas être compromise. De plus, la Terre doit être protégée contre tout danger potentiel lié à de la matière extra terrestre ramenée d'une autre planète par un vaisseau spatial. Par conséquent, pour certaines combinaisons mission spatiale / planète cible, des contrôles de contamination doivent être imposés, en accord avec les issues de cette politique."

Dans ses recommandations, le COSPAR tient compte de deux facteurs principaux. Le premier est le type de mission, car la probabilité de contaminer une planète n'est pas la même si la mission comporte une sonde qui ne fait que passer au voisinage d'une planète, une sonde orbitale qui va tourner autour ou un atterrisseur qui entre en contact direct avec son environnement. Le second facteur est le corps céleste exploré, car la probabilité de survie de la vie terrestre dépend des conditions d'environnement locales et par exemple, cette probabilité n'est pas la même sur Mars et sur Vénus par exemple, où sur cette dernière les températures infernales de l'ordre de 450°C stérilisent naturellement les engins spatiaux qui entrent dans son atmosphère.

#### LES RECOMMANDATION DE PROTECTION PLANETAIRE DU COSPAR

##### Catégorie 1

Définition	Missions vers des planètes qui ne présentent pas directement d'intérêt pour la compréhension du processus d'évolution chimique
Mission	Toutes (sondes orbitales ou fly-by, atterrisseurs)
Planètes cibles	Mercure, Vénus, Lune, et les Astéroïdes non carbonés
Recommandations	Aucune

##### Catégorie 2

Définition	Missions vers des planètes qui présentent un relatif intérêt pour la compréhension du processus d'évolution chimique, mais où la probabilité que la contamination terrestre qui pourrait y être amenée puisse nuire aux exploration futures est faible.
Mission	Toutes (sondes orbitales ou fly-by, atterrisseurs)
Planètes cibles	Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune, Pluton, Comètes et Astéroïdes carbonés
Recommandations	Les recommandations se limitent à un enregistrement des probabilités d'impacts prévus et des zones d'atterrissage, et à des mesures de contrôle passif de la contamination, à savoir exclusivement intégration des enginsspatiaux en salle propre à environnement contrôlé et relevés de contamination organique.

##### Catégorie 3

Définition	Missions sans contact vers des corps qui présentent un intérêt pour la compréhension du processus d'évolution chimique et/ou de l'origine de la vie, et sur lesquelles la communauté scientifique a établi que la contamination terrestre a une probabilité significative de nuire aux expériences d'exobiologie futures.
Mission	Sondes orbitales ou missions fly-by
Planètes cibles	Mars et Europa (satellite naturel de Jupiter).
Recommandations	Pour Mars, les sondes spatiales doivent être intégrées salle propre à environnement contrôlé et respecter une probabilité de crash limitée à 1% (un crash pour 100 missions) pour les 20 ans suivant le lancement, et à 5% pour les 50 ans suivant le lancement. Si ces probabilités ne peuvent être respectées, la contamination des sondes doit être réduite à moins de 500 000 spores bactériennes. Il est également demandé d'inventorier tous les matériaux organiques emmenés sur Mars.Pour Europa, les sondes doivent respecter globalement une probabilité de contamination inférieure à 0.0001(soit un microorganisme viable amené pour 10000 missions).

# Protection Planétaire

## Protection de l'environnement des planètes dans le cadre des missions

### LES RECOMMANDATION DE PROTECTION PLANETAIRE DU COSPAR

#### Catégorie 4

Définition	Missions avec contact vers des corps qui présentent un intérêt pour la compréhension du processus d'évolution chimique et/ou de l'origine de la vie, et sur lesquelles la communauté scientifique a établi que la contamination terrestre a une probabilité significative de nuire aux expériences d'exobiologie futures.
Mission	Atterrisseurs
Planètes cibles	Mars et Europa (satellite naturel de Jupiter).
Recommandations	Pour Mars, les atterrisseurs doivent être intégrés salle propre à environnement contrôlé et être biodécontaminés. Les missions ne réalisant pas d'expérience exobiologiques doivent présenter un niveau de contamination inférieure à 300 spores bactériennes /m <sup>2</sup> (et 300 000 spores maximum par atterrisseur) pour protéger l'environnement martien. Les missions réalisant des expériences d'exobiologie ou entrant des zones "d'intérêt exobiologique" de Mars doivent présenter un niveau de contamination inférieure à 30 spores maximum par atterrisseur pour protéger les expériences biologiques et éviter tout risque de confusion. Ces niveaux doivent être attestés par contrôles microbiologiques. Il est également demandé de limiter la probabilité de crash et d'inventorier tous les matériaux organiques emmenés sur Mars Pour Europa, les sondes doivent respecter une probabilité de contamination inférieure à 0.0001 (soit un microorganisme viable amené pour 10 000 missions).

#### Catégorie 5

Définition	Missions avec retour sur Terre d'échantillons extraterrestres
Mission	Tout système revenant vers la Terre
Planètes cibles	Tout le système solaire, excepté les petits corps (astéroïdes, satellites naturels de planètes) sur lesquels il est établi qu'il n'y a jamais eu d'eau liquide, ni de sources d'énergie nécessaire au métabolisme cellulaire, ni de matière organique, que ces corps ont été suffisamment chauffés (plus de 160°C), suffisamment irradiés et si des météorites du même type sont déjà tombés sur Terre
Recommandations	En allant vers la planète cible, la mission doit satisfaire aux recommandations fonction de sa catégorie (une des 4 catégories précédentes). Ensuite, le système spatial revenant vers la Terre, avec à son bord les échantillons, doit préalablement être placé sur une trajectoire n'impactant pas la Terre. La chaîne de contact avec le corps visité doit être rompue, ce qui implique que les surfaces externes exposées de tout système revenant vers la Terre ne doivent jamais avoir été en contact avec le corps concerné, y compris son atmosphère. Ceci est imposé par l'impossibilité de stériliser à priori et de vérifier si les éventuels microorganismes ont bien été détruits. Les échantillons doivent être hermétiquement confinés, avec un contrôle d'étanchéité "en vol". Après injection du système de rentrée atmosphérique terrestre, le reste de la sonde doit subir une manœuvre de déflexion pour éviter qu'elle ne s'écrase sur Terre. Le conteneur renfermant hermétiquement les échantillons doit pouvoir résister à un éventuel crash sur Terre, puis les échantillons récupérés doivent être analysés en laboratoire de haute sécurité biologique, avec des protocoles de recherche de vie et de danger biologique établis par des experts.

#### QUELS SONT LES RISQUES DE CONTAMINATION

##### Contamination de l'environnement extraterrestre

Si on savait depuis longtemps que virus et bactéries sont fragiles et incapable de survivre aux conditions spatiales ou interplanétaires, le risque de contamination principal viennent de l'extraordinaire résistance des spores bactériennes, sur lesquelles se fondent d'ailleurs toutes les spécifications, y compris les spécifications de stérilisation utilisées en milieu médical. Ces bactéries, placées dans un environnement hostile, ont la faculté de se sporuler et peuvent, sous cette forme déshydratée, hiberner et résister alors aux agressions extérieures et au temps. En présence d'eau liquide et dans des conditions d'environnement propices, elles se revivifient et peuvent ainsi à nouveau proliférer. Sinon, elles attendent et peuvent patienter longtemps. Ainsi, en 1995, des biologistes ont récupéré et revivifié des spores bactériennes dans le tube digestif d'une abeille conservée dans de l'ambre depuis plus de 25 millions d'années. Ainsi, pour inactiver des spores bactériennes, il faut généralement utiliser des agents chimiques puissants, des températures très élevées, supérieures à 105°C, ou à doses de radiations gamma impressionnantes, de l'ordre de plusieurs dizaines de milliers de Gray, alors que 600 Gray seulement sont fatals à un être humain.

Le premier cas concret de survie de microorganismes terrestres hors de notre environnement planétaire été démontré en 1969. L'Astronaute Pete Conrad, de la mission Apollo 12 dont le module lunaire s'était posé non loin du robot américain Surveyor 3, qui avait aluni automatiquement le 20 avril 1967, a récupéré le 20 novembre 1969 sa caméra et l'a ramenée sur Terre. Ouverte en laboratoire avec les précautions microbiologiques d'usage, les scientifiques de la NASA y ont alors retrouvé des spores bactériennes, initialement à l'abri des ultraviolets solaires, qui ont pu être revivifiées après un séjour de 31 mois sur la Lune. Ainsi, il a été mis en évidence que certains microorganismes terrestres étaient capable de survivre à des voyages interplanétaires.

Plus récemment, sur Terre, les

biologistes ont découvert des formes de vie capables de vivre et de s'adapter à des conditions d'environnement extrêmes, conditions que l'on croyait insupportables et incompatibles avec la vie telle que nous la connaissons: ce sont les extrémophiles. Les records actuels ne cessent de tomber, fonction des découvertes, notamment dans les fonds marins à proximités de cheminées volcaniques appelées "fumeurs noirs". Si certains microorganismes sont capables de survivre dans le vide spatial, certains anaérobies peuvent même coloniser des milieux sans oxygène. Certains barophiles, eux, peuvent supporter des pressions supérieures à plus de 1000 fois la pression atmosphérique terrestre. Les alcalophiles prolifèrent aisément en milieu basique (PH10), tandis que certains acidophiles supportent des milieux acides extrêmes (PH 0) et les halophiles des milieux très salins. Les Deinococcus radiodurans répare son ADN et peut ainsi supporter des doses de radiation très élevées, 10 fois plus élevées que les doses déjà fortement margées utilisées en radiostérilisation. Les xénophiles se contentent de très peu d'eau liquide et prolifèrent sur de la roche. Certains thermophiles peuvent se dupliquer à -2°C, d'autres à 113°C, et survivre jusqu'à 121°C. Ainsi, appliquer une méthode de thermostérilisation modérée sur un thermophile non seulement ne l'inactive pas, mais de plus lui confère ses conditions de duplication optimales. C'est un peu le monde à l'envers, un autre monde qui est pourtant bien le nôtre.

On sait donc aujourd'hui que des microorganismes terrestres peuvent voyager dans l'espace, survivre sur d'autres planètes, s'adapter à des conditions extrêmes ou même, le cas échéant, attendre des millions d'années. Fonction de l'environnement de chaque corps céleste, le risque de contamination est bien réel et doit être considéré.

##### Contamination de l'environnement terrestre

Ce qui est vrai pour des microorganismes terrestres peut alors être extrapolé à des microorganismes extraterrestres, et le risque qu'ils puissent survivre, voire proliférer sur Terre, doit alors également être considéré. Ajouté au fait que personne n'en a jamais vu,

ne connaissant pas leurs caractéristiques, leurs résistances, leurs facultés d'adaptation, on ne peut prévoir à-priori aucune méthode de stérilisation capable de les détruire avec certitude, la seule méthode envisageable étant l'incinération. Rechercher de la vie dans des échantillons extraterrestres ne suffit pas, car le danger biologique peut provenir d'entité définies comme non vivantes comme les virus ou les prions. Les protocoles d'analyse doivent alors être finement définis. Tout ceci impose alors de prendre, pour les missions revenant vers la Terre, des mesures de protection planétaire très conservatives.

##### La mauvaise préservation des échantillons

Enfin, si le risque de contaminer l'espace, un environnement extraterrestre ou la Terre est actuellement sérieusement considéré, il ne se limite pas au micro organismes. La prise de décision inopportune constitue également un risque important. Les analyses d'échantillons extraterrestres, in-situ ou sur Terre, dans le but de rechercher des formes de vie ou un éventuel danger biologique, doivent être menées dans des conditions extrêmement fiables. Ainsi, un "faux positif", c'est à dire la découverte de formes de vie ou de pathogénéicité d'origine terrestre, conséquence d'une contamination croisée avec des instruments ou des systèmes insuffisamment décontaminés, biologiquement et organiquement, peut laisser penser que la planète en question est totalement inhospitalière et pousse ainsi à prendre des mesures de protection planétaires draconiennes, mais inappropriées. Dans l'autre registre, le "faux négatif" est beaucoup plus sérieux. Il peut être la conséquence directe de mauvaises conditions de préservation, de stockage, de transport, de manipulation ou d'analyse des échantillons, aboutissant à la disparition de tout danger biologique dans les échantillons analysés. Statuer ainsi sur l'absence de danger biologique dans la fraction des échantillons analysés autoriserait alors directement la distribution libre du reste des échantillons et la diminution significative des dispositions de protection planétaire pour les retours d'échantillons suivants.

# Protection Planétaire

## Protection de l'environnement des planètes dans le cadre des missions

La récupération, le transport, le stockage et l'analyse des échantillons doivent se faire en évitant tout risque de contamination de la biosphère terrestre et également tout risque de contamination des échantillons, qu'elle soit biologique ou d'origine chimique organique. De plus, il faudra veiller à ne pas affecter leurs caractéristiques pour éviter tout risque de "faux négatif". Pour ce faire, à l'intérieur des laboratoires, les scientifiques utiliseront de boîtes à gants stériles et ultrapropres.

Avant la distribution d'échantillons extraterrestres pour analyse, une première phase de quarantaine en laboratoire de haute sécurité microbiologique (standard P4, le plus élevé en matière de sécurité biologique) doit être menée. Pendant cette phase, des protocoles d'analyse, préalablement définis par spécialistes, doivent être effectués pour rechercher toute trace de vie et pour mettre en évidence un éventuel danger biologique.

L'ensemble des dispositions prévues et des protocoles devraient faire l'objet d'une revue par un groupe d'experts scientifiques indépendants pour assurer la fiabilité du programme de protection planétaire.

### PREPARATION DES FUTURES MISSION D'EXPLORATION DU SYSTEME SOLAIRE

#### Adaptations Périodiques des des Recommandations de Protection Planétaire

Les recommandations de protection planétaire du COSPAR sont sans cesse amenées à évoluer, et chaque assemblée scientifique, tous les deux ans, donne aux Agences Spatiales et aux Institutions Scientifiques

représentées l'occasion de faire des propositions étayées par des considérations scientifiques solides. Deux facteurs sont susceptibles d'amener à revoir ces recommandations. Le premier est une meilleure connaissance des conditions environnementales sur telle ou telle planète de notre système solaire, et le deuxième est une meilleure connaissance sur Terre de notre propre vie microscopique et de ses capacités de survie et d'adaptation. Ces deux facteurs permettent d'évaluer les probabilités de contamination et de prolifération d'une planète donnée par des formes de vie terrestre. Une meilleure connaissance de l'environnement de Titan, la découverte récente d'eau sur de nombreux satellites planétaires comme Europa ou Ganymède, la découverte de composés chimiques organiques complexes dans les comètes, la recherche d'extrémophiles dans les fonds marins, l'exposition de spores bactériennes à l'environnement spatial depuis l'ISS ou à l'aide de capsules Foton, sont autant de sujets d'études qui permettent d'affiner les recommandations du COSPAR dans le but de préserver biologiquement l'environnement de ces corps du système solaire.

#### Une Politique de Protection Planétaire revue sous un Angle plus Ethique

La politique de Protection planétaire, émise par le COSPAR, n'est elle non plus pas immuable. Après les travaux éthiques menés par le CNES, l'Agence Spatiale Française, sur les effets des applications spatiales d'un point de vue éthique], puis après celles menées par des groupes de

réflexion à l'UNESCO, l'ESA, l'Agence Spatiale Européenne, a créé un groupe de travail éthique mandaté lui aussi à l'UNESCO et dont le but est de réfléchir spécifiquement sur le thème de la protection planétaire. Ce groupe devrait fournir des éléments de réflexion qui permettraient un recadrage plus éthique de la politique actuelle du COSPAR, ainsi que des avis sur les risques encourus par les missions de retour d'échantillons et les effets sociétaux de la découverte de formes de vie extraterrestre.

#### Les Etudes

De nombreuses études sont effectuées ou envisagées [58] pour préparer les futures missions. Les agences spatiales testent des méthodes de stérilisation applicables au matériel spatial, et de manière à mieux maîtriser les processus d'assemblage et d'intégration des sondes spatiales, des études sont également menées pour avoir une meilleure connaissance des phénomènes de contamination croisée. Ainsi, en 2004, lors du lancement de la sonde Rosetta vers la comète Churyumov Gerasimenko, une étude a été menée par le CNES pour connaître l'environnement biologique sous la coiffe du lanceur Ariane V, et estimer la contribution de cette coiffe à la recontamination des surfaces une fois que la sonde est encapsulée en haut du lanceur, un moment à partir duquel il n'est plus possible de décontaminer la sonde. En effet, à partir de cet instant et jusqu'au lancement, les surfaces sont recontaminées par la coiffe et par le système de ventilation d'air propre filtré qui balaye le satellite.

## Protection Planétaire

### Protection de l'environnement des planètes dans le cadre des missions

Les missions ramenant des échantillons extraterrestres, et en particulier de Mars comme cela se dessine d'ici une dizaine d'années, sont du point de vue protection planétaire une préoccupation majeure. La protection de la biosphère terrestre est à la fois un point critique et un point sensible qui se traite à deux niveaux, à savoir au niveau des véhicules spatiaux qui ramènent les échantillons sur Terre, puis au niveau terrestre, dans les laboratoires, une fois que les échantillons seront arrivés. Dans un premier temps, il y a une absolue nécessité de placer les échantillons en quarantaine pendant une durée suffisante pour mener à bien les analyses biologiques destinées à évaluer les risques de contamination biologique. La protection de l'environnement vis à vis des échantillons fait appel à des installations et à des techniques parfaitement connues et maîtrisées. Il existe quatre classes d'installation d'analyse microbiologique dont le niveau le plus sévère sera sans doute utilisé. Il s'agit du niveau classé P4 dans le standard français, équivalent au niveau BSL4 (biosafety level 4) dans le standard américain, comme c'est le cas à l'institut bio-Merieux de Lyon (INSERM), visité par le CNES lors de la phase préparatoire du projet PREMIER. Il y a enfin nécessité d'utiliser des protocoles de test (recherche de trace de vie, active ou passive et recherche de danger biologique) permettant d'avoir une certitude quasi absolue sur les résultats obtenus, car le but des tests réalisés en phase de quarantaine est d'évaluer les risques de contamination biologique que pourraient présenter les échantillons. Si les résultats font apparaître l'absence de risques, ils sortiront alors de quarantaine pour être distribués aux différents laboratoires concernés et une erreur sur ce résultat serait inadmissible.



*Coiffe du lanceur Ariane V avec son système de ventilation (lancement Rosetta, photo Arianespace / CNES)*



*Temoins de contamination destinés à recueillir des spores bactériennes, fixés sur une porte de la coiffe du lanceur Ariane V (photo CNES / Arianespace)*

# Protection Planétaire

## Protection de l'environnement des planètes dans le cadre des missions

### COMMENT FAIRE

#### Protection de l'environnement extraterrestre

Dans le cas des véhicules spatiaux, les objectifs fixés en terme de stérilisation ou de biodécontamination visent à réduire le nombre de microorganismes dans des proportions compatibles avec spécifications fixées.

Pour les premières missions d'exploration de Mars, mal connue alors, la probabilité de prolifération PG était considérée comme maximale et égale à 1, ce qui nécessitait pour les premières sondes soviétiques et américaines une stérilisation draconienne à l'oxyde d'éthylène (USA) ou au mélange oxyde d'éthylène + bromure de méthyle (ex-URSS). Au fur et à mesure que l'environnement de Mars était mieux connu, PG évoluait et les contraintes de décontamination ont ainsi été au fur et à mesure allégées, passant de 1 à  $10^{-7}$  /  $10^{-10}$  après les missions Viking, puis à nouveau allégées en 1994 en définissant des niveaux de contamination fonction de la présence ou pas d'expérience biologique à bord des atterrisseurs.

Concrètement, pour les projets spatiaux, les trajectoires doivent être affinées et fiabilisées, et les sondes orbitales doivent, en fin de mission, être placées sur des orbites de quarantaine. Les sondes ou systèmes entrant en contact avec une planète "scientifiquement intéressante" doivent être biodécontaminés, ce qui nécessite l'utilisation de méthodes de stérilisation, des bionettoyages à l'aide d'alcool, de sporicides, ou d'agents destinés à éliminer les polluants d'origine organique, et enfin assemblées en salles propres à l'intérieur desquelles l'environnement microbiologique est contrôlé. Le contrôle de la décontamination est alors effectué à l'aide de relevés microbiologiques.

Ainsi, les deux atterrisseurs Viking ont entièrement été stérilisés à la chaleur après bionettoyage à l'alcool isopropylique, et l'ensemble des atterrisseurs martiens envoyés depuis ont subi bionettoyages et stérilisations sélectives d'équipements (chaleur sèche, radiations gamma, méthodes gazeuses ou plasma fonction des équipements traités), puis ont été assemblés en environnement microbiologique contrôlé.

Pour les atterrisseurs planétaires équipés d'instruments exobiologiques, c'est à dire destinés à rechercher des traces de vie active (par microscopie, énumération ou par les effets de son métabolisme) ou des composés organiques caractéristiques du vivant (ADN, protéines, acides aminées, .etc), ils doivent également faire l'objet de nettoyages organiques et de contrôle pour éviter tout "faux positif".

Protection de l'environnement terrestre. A partir du moment où il n'est pas possible de vérifier l'efficacité de méthodes de stérilisation sur les microorganismes extraterrestres, les spécifications se résument par conséquent à un principe très conservatif qui impose que les surfaces extérieures de tout équipement revenant vers la Terre ne doivent jamais avoir été en contact avec l'environnement d'un autre corps du système solaire si celui-ci est scientifiquement jugé à risque. Les échantillons doivent être confinés en triple conteneur hermétique, résistant à un crash sur Terre, et injecté dans l'atmosphère terrestre après contrôle d'herméticité. Les autres systèmes doivent être placés sur des trajectoires n'impactant pas la Terre.



Prélèvement de contrôle microbiologique sur un équipement de la mission Mars 96 avant stérilisation (Photo CNES)



Équipement de la mission automatique Mars 96 avant stérilisation (Photo CNES)



Assemblage en environnement microbiologique contrôlé d'un atterrisseur martien de la mission Mars 96 à NPO Lavochkin (Moscou). Photo CNES

## Le premier atelier Aeroespacial France-Chine Yves GOURINAT - SUPAERO



Réalisé à l'initiative de la Conférence des Grandes Écoles et de la Chinese Academy of Engineering, et sous le haut patronage du Ministère des Affaires Étrangères, le premier Atelier de Recherche Aérospatiale France-Chine a accueilli 120 participants à Toulouse du 25 au 28 Avril 2006. On notera la présence de nombreux vice-présidents des meilleures universités et institutions, et aussi la représentation d'une quinzaine d'industriels du secteur.

Au cours de ces journées, organisées par le Groupement des Écoles Aéronautiques, inaugurées à SUPAERO et conclues à l'ENSICA, les institutions et industriels ont établi des projets de recherche coopératifs dans trois domaines : Mécanique des Solides, Mécanique des Fluides et Navigation Appliquée à l'Aéronautique.

Ces thématiques avaient été définies lors d'une mission d'identification réalisée en Chine en Septembre 2005. Elles ont donné lieu, pendant l'Atelier, à une soixantaine de présentations scientifiques au cours de 9 sessions en parallèle, à des tables rondes thématiques, et à des séances de travail pour élaborer les projets de coopération (thèses, venue de stagiaires, ...).

Une vingtaine de thématiques précises de coopération a émergé de l'Atelier, chacune regroupant au minimum une institution de recherche et un industriel de chaque pays. Elles doivent aboutir, dans les mois qui viennent, à la mise en place pour 7 ans d'un forum aérospatial France-Chine, permettant la réalisation des complémentarités ciblées durant l'Atelier, qui permettront un accroissement des échanges de thésards, de stagiaires et de professeurs au sein de ces programmes.

## Mission réussie pour Ariane 5 ECA



Satmex 6 et Thaicom 5 sont en orbite.

Dans la nuit du samedi 27 au dimanche 28 mai 2006, Arianespace a mis en orbite de transfert géostationnaire le satellite Satmex 6 pour l'opérateur mexicain Satélites Mexicanos S.A. de C.V. et le satellite Thaicom 5 pour l'opérateur thaïlandais Shin Satellite Plc.

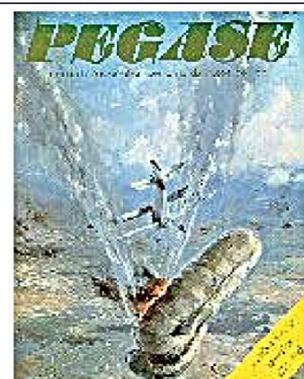
Vingt-septième lancement Ariane 5, treizième succès d'affilée, nouveau record de masse en orbite.

Ce vingt-septième lancement d'Ariane 5 et ce treizième succès d'affilée confirment qu'Arianespace est le service de lancement de référence qui offre les solutions les mieux adaptées aux besoins des opérateurs.

### Recherche de documents :

*Nous recherchons la revue du Musée de l'Air et de l'Espace "Pégase" n°10, de Juin 1978 (même en prêt) et toute documentation concernant l'aviateur Alfred FRONVAL (1893 - 1928) afin de réaliser une présentation sur la vie de ce pilote.*

*Merci d'avance !*





1. Un modèle d'essai de Cardiolab se trouve actuellement au Cadmos (Centre d'Aide au Développement des activités en Micropesanteur et des Opérations Spatiales) à Toulouse. La "mission" Cardiolab a pour objectif principal de mieux comprendre les modifications dans le système cardio-vasculaire des spationautes soumis à la micropesanteur lorsqu'ils oeuvrent dans la station spatiale internationale (SSI) . Le module scientifique Cardiolab, fruit d'une

coopération franco-allemande entre le CNES français et son homologue allemand -le DLR-, devrait être embarqué courant 2007 à bord de la SSI, où il prendra place au sein du laboratoire européen Columbus.

2. L'instrument-télescope COROT (CONvection, ROTation et Transits planétaires), sera monté sur une plate-forme Proteus et lancé courant 2006. Le projet COROT est mené en partenariat entre la France (CNES et plusieurs laboratoires français) et d'autres pays (en Europe, et Brésil). La mission COROT essaiera de remplir des objectifs scientifiques en matière de "sismologie stellaire" notamment.

3. EADS Astrium a été retenu pour fournir à l'Algérie le système d'observation optique ALSAT-2.

4. Le laboratoire scientifique européen Columbus est arrivé au SSPF (Space Station Processing Facility), situé au KSC (Kennedy Space Center) de la Nasa, le 30 Mai 2006. Il y restera vraisemblablement jusqu'au deuxième semestre 2007, puis sera transporté, dans la soute d'un Shuttle US, vers la station spatiale internationale à laquelle il sera docké par l'intermédiaire du noeud de jonction n°2 .

Son transport entre l'aéroport de Brême (Allemagne) et le KSC a été assuré par l'avion Airbus Beluga n°3, via l'Islande, le Groenland, le Canada et la ville américaine de Cleveland.



Quelques mots à propos de Columbus :

Colombus a été réalisé par un consortium européen de 41 sociétés représentant 14 pays, sous la maîtrise d'œuvre d'EADS Space Transportation (maintenant: Astrium Space Transportation)

Ce laboratoire pressurisé, d'une masse au lancement d'environ 13 tonnes, mesure 6.9 mètres de long pour un diamètre de 4.5 mètres, sera utilisé par les astronautes. Il possède un espace suffisant pour 3 membres d'équipage devant y mener, en microgravité, des expériences de science de la vie et de science des matériaux notamment. Sa durée d'utilisation dans l'espace est estimée maintenant entre 10 et 15 ans. C'est à Oberpfaffenhofen, en Allemagne, que sera installé le centre de contrôle de Columbus.

Nos conférences et visites à venir :

**Mercredi 13 septembre à 18h00** à l'IAS

*L'apport du spatial à la prévision des phénomènes volcaniques terrestres*

*Didier Massonnet - CNES*

**Mercredi 18 octobre à 18h00** à la Salle Antoine OLETE

*EGNOS - Galiléo*

*Bernard Mathieu - CNES*

**Mercredi 15 novembre à 17h00** à Airbus France

*A380 : les essais et moyens d'essais*

*Philippe Ferretti - Airbus France*

**Mercredi 13 décembre à 18h00** à l'IAS

*Emile Dewoitine : fondateur des usines toulousaines d'Airbus*

*Francis Renard - AAAF*

*Microturbo : conférence et visite (date à confirmer)*

**Congrès & Journées AAAF :**

**Vendredi 22 septembre de 9h00 à 17h00** à l'IAS

*Journée d'étude IAS/AAAF : AEROSPACE SAFETY, New Technologies Impact*

**Jeudi 30 novembre et vendredi 1er décembre** au cercle Duranti - Salle A. Osète  
8 Rue du Lieutenant-Colonel Pelissier - TOULOUSE  
*Colloque international ANAE/AAAF : Le transport aérien face au défi énergétique*

**Autres manifestations :**

**Dimanche 27 Août au vendredi 1er Septembre** au centre de congrès P.Baudis  
*CANEUS 2006 - Micro-Nano Technologies for Aerospace Applications*

**Mercredi 22 novembre de 9h à 17h30** à l'ONERA, centre de Toulouse

*Journée d'étude : Gestion globale des différents modes de transport :*

*L'apport des techniques spatiales*