

Soutien technique et opérationnel



L'année 2003 a été marquée par les lancements réussis de la mission lunaire SMART-1 et de la mission Mars Express, puis par le déroulement des opérations critiques de cette dernière qui ont abouti à l'insertion en orbite du véhicule spatial et par le largage de l'atterrisseur Beagle au cours de la période de Noël. Dans l'ensemble, la Direction Soutien technique et opérationnel a été très sollicitée et a reçu des demandes de soutien des programmes de l'Agence dans une proportion supérieure de 10 % à celle de 2002. Elle a notamment joué un rôle majeur dans la préparation des nouveaux programmes de technologie TRP et GSTP, environ 90 % de ces activités étant définies par le personnel de D/TOS. Il convient également de souligner la poursuite de la coopération technique établie au cours des années précédentes dans le cadre de l'initiative du Réseau de centres et le renforcement des relations avec les participants grâce à la mise en place d'un certain nombre d'activités de coopération.

Conduite des missions

Mars Express

La première mission de l'ESA à destination de Mars a décollé de Baïkonour le 2 juin, toutes les opérations de contrôle du véhicule spatial et du segment sol étant conduites par l'ESOC. Le voyage Terre-Mars de 7 mois a nécessité de très nombreuses opérations qui couvrent les manœuvres de correction de trajectoire et la vérification des instruments scientifiques. En décembre, Mars Express a été dirigé avec précision vers la planète rouge, ce qui a permis à l'atterrisseur Beagle-2 d'être largué en direction de l'atmosphère martienne. Mars Express a ensuite été redirigé vers son point de capture où, le jour de Noël, il a été injecté sur l'orbite voulue. Les instruments embarqués sur Mars Express ont déjà livré des résultats spectaculaires et notamment, pour la première fois, la détection de glace d'eau au pôle sud de la planète ainsi que la transmission d'images en couleur, en trois dimensions, à haute résolution.

SMART-1

La première mission lunaire européenne a décollé de Kourou le 27 septembre à bord d'une

Ariane-5. Le segment sol de l'ESOC et son réseau de stations sol ont assuré un contrôle parfait. Le mois de décembre a été marqué par le rehaussement de l'orbite du véhicule spatial au-dessus de la ceinture de radiation interne de la Terre. Le moteur ionique de SMART-1 donne d'excellents résultats et son efficacité est supérieure aux prévisions.

XMM-Newton

En 2003, l'observatoire XMM-Newton a pointé son télescope vers plus de 1000 sources de rayonnement X, planètes et comètes, et a observé et enregistré le rayonnement X émis. L'observatoire a continué à transmettre des données scientifiques d'excellente qualité. Au cours de l'année, plus de 850 000 télécommandes ont été envoyées vers le véhicule spatial.

Intégral

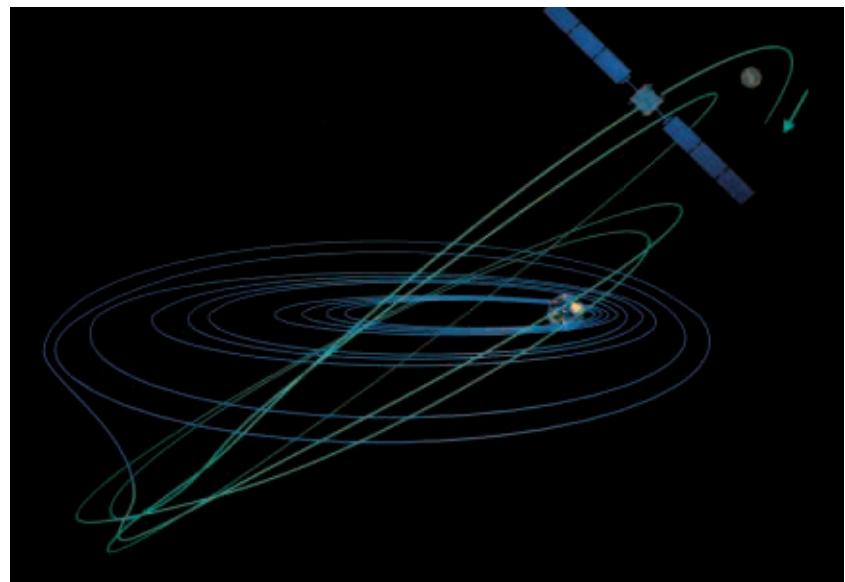
La phase des opérations courantes de la mission Intégral a commencé au début de l'année ; le segment sol opérationnel a été mis à hauteur pour permettre un accroissement du débit binaire de la liaison descendante et donc améliorer la transmission de données scientifiques. La coopération avec la mission XMM-Newton a donné de bons résultats, Intégral détectant plusieurs sursauts gamma que XMM-Newton a ensuite observés comme cibles de circonstance.

Cluster-II

Les quatre véhicules spatiaux Cluster et leurs instruments scientifiques, en excellent état, ont continué à fournir des données scientifiques de qualité, notamment pendant les éruptions solaires exceptionnelles du mois d'octobre. Pendant l'été, la constellation Cluster a été orientée de façon à observer divers phénomènes associés aux interactions entre le vent solaire et le champ magnétique de la Terre. Au total, 43 manœuvres ont été exécutées pour ramener de 5000 km à 200 km les distances séparant les quatre véhicules spatiaux en formation tétraédrique.

Ulysse

Toutes les expériences de cette mission se déroulent parfaitement et Ulysse continue à transmettre des données scientifiques



d'excellente qualité depuis son poste d'observation exceptionnel. L'équipe de conduite des opérations en vol de l'ESA, installée au Jet Propulsion Laboratory (JPL) de Pasadena (Etats-Unis), gère les opérations quotidiennes en temps réel.

Huygens

Lancée en octobre 1997, la sonde Huygens associée au véhicule spatial Cassini de la NASA a poursuivi son long périple vers Saturne. Elle doit atterrir sur Titan, lune de Saturne, en janvier 2005. Deux contrôles en vol ont été effectués en 2003 pour confirmer la bonne santé de la sonde.

ERS-2

Le 17 juillet a marqué la fin de la 12e année d'exploitation de la mission ERS. Les opérations ont été réorganisées pour compenser la perte, en juin, de la capacité d'enregistrement de données. Le logiciel de planification de la mission a été mis à hauteur pour inclure un réseau mondial de stations d'acquisition en temps réel notamment dans la région de l'Atlantique Nord.

Envisat

La phase des opérations courantes de la mission Envisat a commencé le 1er janvier. La recette de la liaison de télécommunication avec le véhicule spatial Artemis de l'ESA a été menée à bien ; depuis, on utilise tous les jours cinq à six passages d'Artemis pour transmettre des données de la mission régionale par défaut. A l'ESOC, le service de planification de la mission a

En un premier temps, SMART-1 tourne autour de la Terre en décrivant des ellipses successives dont la longueur augmente. Lorsque l'orbite du véhicule spatial est proche de la Lune, elle est modifiée par le champ gravitationnel lunaire. Ces manœuvres d'assistance gravitationnelle permettent au véhicule spatial de se positionner pour atteindre son orbite autour de la Lune. (illustration : AOES Medialab)

permis d'observer, en urgence, plusieurs catastrophes naturelles comme les incendies de forêts au Portugal, les incendies de champs pétrolifères en Irak et le séisme en Iran.

Missions en préparation

Les activités de développement du segment sol et de préparation des opérations se sont poursuivies pour les missions suivantes :

- Rosetta (mission redéfinie avec un lancement en février 2004)
- Venus Express
- Mission SMART-2 / Lisa Pathfinder
- Herschel/Planck
- CryoSat
- GOCE
- Aeolus.

Ces activités ont porté sur le réseau de stations sol, les systèmes de contrôle de mission, les simulateurs, la dynamique de vol, la préparation à la conduite des opérations en vol et la formation.

Soutien à des tiers

Plusieurs utilisateurs extérieurs ont continué à solliciter les compétences et les moyens de conduite des opérations en vol de l'ESOC. Parmi les activités achevées ou en cours en 2003, il convient de remarquer la préparation du lancement et du soutien à la phase des premières opérations en orbite de MetOp-1 pour Eumetsat, des services de télémesure, télécommande et télémétrie pour Eutelsat, les services orbites et horloge GPS pour Eumetsat et Fugro (N), la fourniture de données GPS à Galileo Industries (B) pour GSTB-1, des services pour réseaux/stations sol au profit de la mission de rentrée USERS (JAXA) et un certain nombre d'autres services d'étude, de formation et de conseils.

Ingénierie des systèmes sol

Dans le domaine des logiciels pour le segment sol, l'initiative Harmonisation technologique européenne a bénéficié d'un important soutien de la part de D/TOS. Le concept EGOS (système de conduite des opérations au sol de l'ESA) suscite de plus en plus d'intérêt de la part des autres centres. Il rassemble, de manière

rationnelle, tous les sous-systèmes de données des segments sol de façon à faire naître une synergie en termes de solutions et de produits.

La politique qui consiste à baser tous les systèmes de données sur Unix/Linux est suivie systématiquement, ce qui permettra à l'ESA de s'affranchir des vendeurs. La migration du simulateur SIMSAT vers une plate-forme Linux a commencé.

Le logiciel opérationnel de l'ESOC est associé à une politique de licence ouverte et reçoit le soutien des industries des Etats membres en ce qui concerne des lignes de produits comme SCOS-2000, SIMSAT, PSS, TMTCS, etc. Le DLR, Radarsat et Eutelsat intègrent et valident leurs nouveaux centres de contrôle sur la base de SCOS-2000. Les programmes Cosmos SkyMed de l'ASI, Vega de l'ESA et Astra de SES envisagent d'adopter SCOS-2000 comme référence pour leurs centres de contrôle. Plus de 55 licences SCOS-2000 ont déjà été accordées en Europe ; une autre a été récemment accordée à l'Université Johns Hopkins (Etats-Unis).

La future version multimission de SCOS-2000 (disponible début 2005) permettra d'assurer les fonctions complexes nécessaires à l'exploitation de flottes ou de constellations de satellites. C'est la référence adoptée pour le système de contrôle de la mission Galileo.

Le développement de la nouvelle génération de systèmes de télémesure et de télécommande en bande de base (TMTCS) a commencé. Elle constituera une nouvelle pierre angulaire de l'infrastructure du segment sol. Le CNES et le DLR ont travaillé à ses spécifications et surveilleront ensemble la phase de développement, l'objectif étant de déployer le même système de leur côté. Cette approche systématique d'une infrastructure de système de données sol cohérente se traduit par des économies de coût non négligeables et une amélioration de la compétitivité industrielle dans ce secteur.

Les éléments d'infrastructure réalisés spécifiquement pour les missions Mars Express et SMART-1 se sont parfaitement bien comportés, démontrant une fois de plus la validité de la politique "produits" adoptée.

Dynamique de vol

2003 a été pour l'ESA l'année des missions interplanétaires. En ce qui concerne les opérations au sol, la dynamique de vol est la discipline la plus sensible aux caractéristiques spécifiques des vols interplanétaires. La définition des orbites et les manœuvres orbitales et d'orientation sont, dans ce cas, radicalement différentes de celles qu'il faut adopter pour les missions sur orbite terrestre.

L'année a commencé avec la refonte complète de la mission Rosetta, défi à relever après que la décision fut prise de reporter son lancement. Après avoir mené à bien toutes les activités conduisant au lancement et aux premières opérations critiques, l'équipe mixte chargée des opérations de Rosetta, de Mars Express et de SMART-1 a été confrontée avec des tâches de gestion contradictoires. Après le lancement de Mars Express en juin, les premiers problèmes concernant le véhicule spatial ont demandé un travail beaucoup plus important que prévu. Ces problèmes ont dû être gérés en parallèle avec la préparation du lancement de SMART-1, retardé plusieurs fois jusqu'en septembre. L'équipe a alors réussi à surmonter les difficultés initiales liées au fonctionnement du système de propulsion électrique tout en préparant l'injection de Mars Express sur son orbite planétaire.

A la fin de l'année, l'équipe responsable de la dynamique de vol a finalement pu dresser un constat très positif des objectifs atteints et des succès obtenus. Elle est de nouveau prête pour le lancement de Rosetta, désormais prévu pour début 2004; SMART-1 est en route vers la Lune et doit effectuer des manœuvres au moyen d'un système de propulsion hélioélectrique inédit ; Beagle-2 a été éjecté de Mars Express et un objectif précis lui a été assigné. La mission Mars Express a culminé avec l'injection très critique du véhicule spatial sur son orbite martienne. Grâce à ce succès, l'ESA est désormais à pied d'égalité avec les grandes puissances spatiales mondiales dans le domaine des vols interplanétaires.

Une étude des antennes de positionnement géocentrique du réseau de poursuite de l'ESA, s'appuyant sur l'infrastructure GPS mondiale, a fourni des données essentielles pour les premières missions interplanétaires de l'ESA. Un

volume important de données sol GPS a été transmis à Eumetsat pour MetOp ainsi qu'au banc d'essai du système Galileo.

Génie électrique

Dans le domaine du génie électrique, de nombreuses activités ont été conduites dans le contexte de technologies et d'applications en évolution rapide. Quelques-unes de ces activités sont présentées ci-dessous.

Télécommunications

L'ESA a apporté un soutien actif à la définition de la nouvelle norme internationale DVB-S2 qui concerne les télécommunications numériques par satellite. Cette norme fait suite à la DVB-S qui est actuellement appliquée par des centaines de millions d'utilisateurs dans le monde pour la radiodiffusion numérique directe par satellite.

Les techniques de télécommunications numériques ont permis d'améliorer les performances d'environ 30 % (systèmes de radiodiffusion) et de 100-200 % (systèmes point à point). Grâce à ces améliorations, les solutions satellitaires devraient devenir beaucoup plus intéressantes pour atténuer la fracture numérique dans les zones faiblement peuplées ou dans les pays en développement.

Météorologie spatiale, environnement et conséquences

L'ESA a continué, en collaboration avec le CERN et d'autres instituts dans le monde, à parrainer le développement de l'outil d'étude physique Geant4. Tout en gardant comme objectif les applications liées à l'espace, comme les missions habitées ou les missions scientifiques, de nombreux développements ont été adoptés par le corps médical et par les experts en physique nucléaire.

Systèmes logiciels

Pour que la mission Rosetta de l'ESA soit un succès, le logiciel de bord doit être apte à parfaitement contrôler les nombreuses et complexes manœuvres de navigation et d'atterrissement, sans laisser aucune place à l'erreur. La validation indépendante du logiciel était donc obligatoire et des essais complets ont été exécutés tout au long de l'année.



Suiveur stellaire développé pour la mission BepiColombo, comparé à la technologie A-STR actuelle

Les technologies informatiques sont également appliquées aux essais fonctionnels des satellites dans le cadre des équipements électriques de soutien sol (EGSE). Une "représentation virtuelle" de Rosetta a donc été développée en soutien à la planification et au fonctionnement des instruments. Cette simulation de bout en bout sera utilisée pendant l'approche finale de la comète

dont, à ce jour, on ne connaît pas parfaitement ni la forme ni les détails concernant le champ gravitationnel.

Systèmes de contrôle embarqués

En 2003, les travaux ont porté, pour l'essentiel, sur la conception de systèmes de contrôle de pointe pour des missions comme LISA et Darwin. La seconde priorité était la poursuite des travaux de développement d'une gamme de capteurs d'orientation compacts et très performants. Des progrès significatifs ont été faits dans le domaine des technologies permettant la réalisation de magnétomètres de faible coût, de détecteurs stellaires multitétées compacts et de gyroscopes à fibres optiques.

Systèmes de données embarqués

Les travaux visant à améliorer la compacité et les performances des calculateurs embarqués ont bien progressé. Les réseaux embarqués à base de liaisons SpaceWire à grande vitesse sont désormais normalisés (ECSS-E50-12A) et il est déjà proposé un choix important de dispositifs alors que d'autres sont encore en cours de développement.

Les travaux de développement du microprocesseur 32 bits de nouvelle génération "LEON2" ont bien avancé et une version entièrement fonctionnelle a été produite avec une technologie commerciale (UMC). On disposera en 2004 de prototypes d'une version de ce microprocesseur résistante aux radiations.

Pour que les coûts de fabrication des ASIC restent abordables, un montage spécial a été mis en place avec un grand fournisseur de matériels spatiaux, qui permet de regrouper plusieurs concepts ASIC sur une même plaquette.

Développement du satellite Proba

La mission Proba-1 (lancée en octobre 2001) a été prolongée jusqu'à fin 2004, au moins, suite à une évaluation de l'état du véhicule spatial. Tous les instruments continueront à être exploités et poursuivront leur acquisition de données scientifiques. La mission d'observation de la Terre CHRIS/Proba est en cours de redéfinition afin que de nouveaux chercheurs puissent y participer. L'utilisation de Proba dans le cadre de la Charte internationale "Espace et catastrophes majeures" est également en cours d'analyse.

La mission Proba-2, engagée en 2003, sera également consacrée à la démonstration en orbite des technologies spatiales les plus récentes. Elle aura à son bord un ensemble d'instruments scientifiques de pointe qui, cette fois, travailleront essentiellement à l'étude du Soleil et des plasmas. Son lancement est prévu pour 2006.

Alimentation en énergie et conversion de l'énergie

Les travaux de développement de générateurs solaires européens à hautes performances se sont poursuivis en 2003. Ces matériels ont déjà prouvé qu'ils pouvaient atteindre un rendement de 28 %. Le conditionnement de puissance fait désormais également partie du processus d'harmonisation technologique en cours, avec toutes les disciplines associées de conversion de puissance et d'énergie.

Dans le courant de l'année, des missions critiques sur le plan de la puissance, comme SMART-1 et Mars Express, ont reçu un soutien intensif ; il en a été de même pour des missions telles que Venus Express, CryoSat, GOCE, Aeolus et Herschel/Planck, en cours de préparation.

Electromagnétisme et antennes

Dans le cadre du Programme de recherche technologique de l'ESA, et avec le financement d'Alcatel Space (F), on a construit un démonstrateur d'antenne conformée à commande de phase. C'est le concept de référence qui a été adopté pour l'antenne de la liaison de télémesures scientifiques du véhicule spatial Gaia qui doit être lancé en 2012. Sa capacité d'orientation de faisceau électronique évite les perturbations affectant l'orientation du véhicule spatial, qui est essentielle pour la bonne acquisition des données scientifiques. En outre,

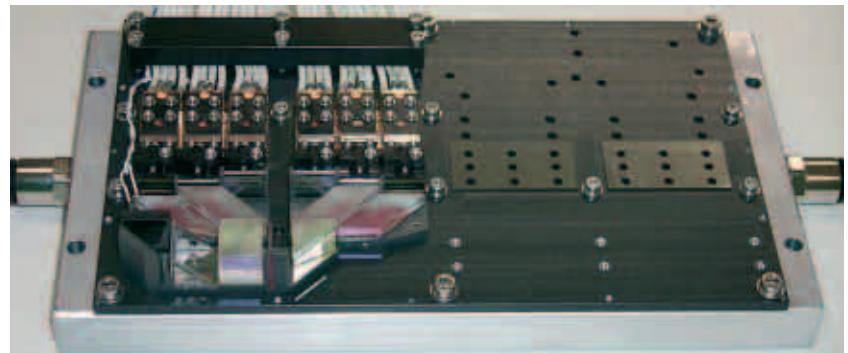
l'excitation semi-active des sous-réseaux de l'antenne, brevetée par l'ESA, permet de piloter les composants actifs selon un niveau de sortie optimisé et constant tout en assurant la progressivité de la dégradation des performances de l'antenne en cas de défaillance des amplificateurs.

Génie mécanique

Mécatronique et optique

Tout au long de 2003, les activités de recherche et développement ont porté, pour l'essentiel, sur la préparation de technologies avancées pour des charges utiles optiques dans la perspective de missions scientifiques, de missions d'observation de la Terre et de télécommunications. C'est ainsi qu'a été développé un démonstrateur technologique d'ensemble dans le plan focal à CCD grand format, qui compte parmi les éléments les plus critiques de la mission « pierre angulaire » Gaia. Un premier prototype à éclairage par l'avant d'un CCD grand format avec un étage électronique d'entrée et une installation appropriée dans le plan focal a été produit pour l'instrument ASTRO de Gaia. En dernier ressort, 180 CCD à rétro éclairage équiperont l'instrument principal ASTRO, l'objectif étant de réduire au minimum les intervalles, d'obtenir une stabilité thermique la plus élevée possible et des performances de bruit exemplaires (diaphonie minimale). La préparation de la mission Gaia a, par ailleurs, bénéficié du développement d'un grand démonstrateur de miroirs SiC (1,4 m x 0,5 m) et d'un grand réseau solaire déployable avec pare-soleil.

D'importants travaux de génie optique et de développement technologique ont également



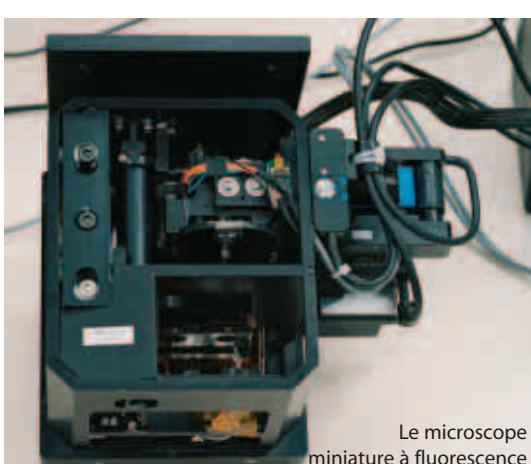
été exécutés dans la perspective d'autres missions scientifiques comme Herschel-Planck, le télescope spatial James Webb, LISA et Darwin, l'accent étant mis sur les problèmes technologiques liés aux essais du télescope dans l'infrarouge, aux bancs optiques à haute stabilité, à l'interférométrie optique infrarouge et à la métrologie. Dans le cadre de ces travaux, la technologie laser à l'état solide Nd:YAG a également progressé en vue d'applications potentielles sur LISA et Darwin.

Montage table d'une pompe pour amplificateur laser à haute puissance, alimentée par deux ensembles de six réseaux à diode laser. Les circuits micro optiques et les prismes tournent de façon à réorganiser les faisceaux laser individuels pour optimiser le remplissage de la fibre de sortie.

Dans le domaine des télécommunications optiques, les travaux ont surtout porté sur l'application potentielle de cette technologie aux liaisons dans l'espace lointain, au relais de données entre orbiteurs et atterrisseurs et aux liaisons entre les satellites et le sol. Des concepts de télécommunications quantiques de pointe ont également fait l'objet de recherches à la lumière d'aspects prometteurs pour la distribution avec clé de sécurité dans le domaine du cryptage de données.

De nombreuses activités ont également été entreprises dans les domaines de la mécanique, de la robotique, des instruments de recherche en microgravité et du diagnostic optique en soutien des travaux de la Direction des vols habités. Les programmes ATV, ERA et MFC ont également profité de travaux spécialisés en matière de mécanismes spatiaux et de robotique ; les travaux se sont poursuivis dans le Laboratoire d'automatisation et de robotique sur "Eurobot", un robot spatial capable de mener à bien des travaux courants d'inspection, de service et de maintenance sur la Station spatiale internationale (ISS).

En ce qui concerne la technologie des instruments de recherche en sciences de la vie, deux développements ont été menés à bon





Démonstrateur du rover ExoMars

terme et devraient trouver des applications immédiates : le microscope miniature à fluorescence, qui sera utilisé pour des expériences menées avec le Biolab de l'ISS, et le scanner à faisceau ultrasonique des modules de physiologie européens (EPM). Ce dernier permettra de surveiller la dynamique de la déminéralisation osseuse sur des hommes exposés à l'apesanteur.

Pour les activités qu'elle mène dans le domaine de la science et de l'exploration planétaire, l'ESA a consacré des efforts importants à l'étude et au développement de dispositifs fortement miniaturisés : micro-rovers, aérobots ou véhicules aéronautiques d'exploration planétaire robotisée, microsondes, taupes, dispositifs de forage et microcapteurs pour la mesure, sur le terrain, de paramètres chimiques et physiques, etc. Une grande partie de ces travaux a été orientée vers la préparation du module de surface de BepiColombo et du programme d'exploration Aurora dont la première mission dépendra d'éléments robotisés comme le rover ExoMars.



Le nouveau système de séparation de charge utile à faible choc

En ce qui concerne les mécanismes spatiaux, une grande attention a été portée aux technologies qui contribuent à la compétitivité de l'industrie spatiale européenne, l'accent étant mis principalement sur le développement d'éléments stratégiques tels que les moteurs, les roues d'inertie, les mécanismes de déploiement des réseaux solaires et les mâts déployables. On citera, à titre d'exemple, un nouveau système de séparation de charge utile à faible choc qui a été qualifié et éprouvé en vol et qui, après ces succès, a été retenu par trois grands opérateurs américains de lanceurs (Atlas-V, Delta-IV et Sea Launch). Cette nouvelle génération de systèmes de séparation devrait devenir la norme et 16 commandes ont déjà été reçues.

Régulation thermique et d'ambiance

De nouvelles activités ont été engagées en soutien de programmes de véhicules de rentrée et de lanceurs, en cours d'exécution ou à venir, l'objectif étant de développer des systèmes d'isolation pour les structures chaudes et les réservoirs cryogéniques, des systèmes pyrotechniques thermiques "intelligents" et des systèmes embarqués de séparation d'oxygène. Les objectifs d'harmonisation définis dans le domaine des refroidisseurs cryogéniques, à tube d'impulsions et de type Stirling ont été atteints. Deux concepts européens miniatures, à tube d'impulsion, ont été réalisés ; les résultats obtenus lors des essais sont prometteurs.

Dans le domaine de la régulation d'ambiance et du soutien vie, les activités de préparation des missions spatiales habitées de longue durée ont été au cœur de travaux importants. Une unité de traitement de l'eau, basée sur la technologie Melissa, a été développée en vue de son utilisation sur la base Concordia dans l'Antarctique ; cette expérience fournira des informations précieuses pour les missions spatiales. Deux expériences ont été exécutées avec succès à bord de l'ISS lors de la mission Cervantes, l'une évaluant les effets du milieu spatial sur les processus génétiques et métaboliques, l'autre portant sur la bio-contamination des populations microbiennes rencontrées dans l'atmosphère et sur les surfaces de l'ISS.

Structures et pyrotechnique

Dans un certain nombre de domaines liés aux

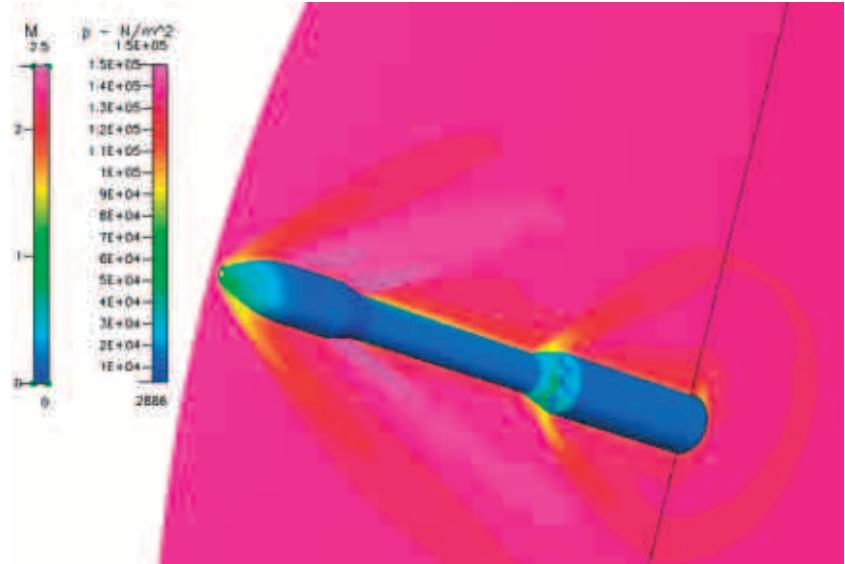
structures, d'importants progrès technologiques ont été faits. En ce qui concerne les structures gonflables, le développement de modules, l'élaboration de méthodes de durcissement des matériaux ainsi que les progrès accomplis dans le domaine des outils d'analyse numérique ont ouvert la voie au développement d'un démonstrateur de vol dont la réalisation est envisagée pour 2004-2005. Les structures gonflables présentent un intérêt potentiel pour les réseaux solaires, les boucliers thermiques, les antennes et autres appendices de grandes dimensions de véhicules spatiaux.

Au titre d'un contrat avec l'ESA, Alenia Spazio (I) a été retenue comme maître d'œuvre pour le développement d'une grande antenne déployable. Le concept actuel repose sur une antenne parabolique de 12 m de diamètre, avec possibilité d'évolution jusqu'à 25 m, ce qui en fait la plus grande antenne de ce type jamais développée en Europe mais qui présente plusieurs défis techniques à relever, notamment la vérification complexe des structures. La phase de vérification et d'essai commencera en 2004.

De nouvelles versions des outils d'analyse thermique ESARAD (v5.4) et ESATAN/FHTS (v.8.9) bénéficiant du soutien de l'Agence ont été transmises à l'industrie ; elles intègrent de nouvelles caractéristiques demandées par les utilisateurs et par les missions ESA (notamment BepiColombo). Un ensemble de 30 PC Linux a été mis en place avec succès, permettant ainsi de conduire rapidement et pour un très faible coût des études paramétriques d'analyse thermique de très grande envergure.

Les travaux d'harmonisation des logiciels et des interfaces d'analyse de l'ambiance thermique et de l'environnement spatial, qui ont reçu l'aval des délégations et de l'industrie, ont démarré. Ils déboucheront en 2004 sur une recommandation élaborée à l'intention du Comité de la politique industrielle de l'ESA (IPC) portant sur une nouvelle génération d'outils d'analyse des conditions thermiques et de l'environnement spatial.

En 2003, l'ESTEC a accueilli le 2e Atelier sur les activités AIT et de vérification de la conception des systèmes spatiaux, le 17e Atelier européen



Simulation numérique des forces aérodynamiques sur le lanceur Vega

sur la régulation thermique et l'ECLS, l'Atelier international sur les technologies de régulation thermique à deux phases ainsi que l'Atelier FENET consacré à la dissémination des technologies d'analyse d'ingénierie. Le FENET est un réseau thématique de l'Union européenne auquel participent plus de 100 partenaires issus de nombreux secteurs industriels et où l'ESA représente, avec Airbus, le secteur aérospatial.

Propulsion et aérothermodynamique

Dans le domaine de la propulsion chimique, plusieurs projets de l'ESA, dont Vega, l'ATV et Herschel/Plank ont bénéficié d'un soutien important. La Section Systèmes de propulsion a également contribué aux campagnes de lancement de SMART-1 et de Mars Express. Les travaux de développement et de qualification de composants et de matériaux de pointe pour la propulsion, non réglementés par l'ITAR, se sont poursuivis ; ces travaux concernent notamment un moteur d'apogée 500 N à hautes performances pour la propulsion de véhicules spatiaux utilisant une chambre de combustion fabriquée avec des matériaux céramiques résistant aux hautes températures et un nouveau moteur de classe 200 N équipé d'une chambre de combustion en niobium revêtu de SiCrFe. On étudie également le remplacement des ergols fortement toxiques par des ergols non toxiques (ergols verts) dont les performances seraient égales ou supérieures.

En ce qui concerne la propulsion électrique, l'année a été marquée par deux événements

majeurs : le sauvetage du satellite Artemis grâce à ses moteurs ioniques, ce qui a permis, fin février 2003, de mettre à poste sur son orbite correcte le véhicule spatial, et le lancement vers la Lune en septembre de SMART-1, dont le système de propulsion primaire est le propulseur à effet Hall PPS-1350 de SNECMA. Des équipes européennes coordonnées par l'ESA analysent actuellement les données relatives au vol de SMART-1, l'objectif étant d'équiper de systèmes de propulsion électrique les nouveaux satellites géostationnaires européens et notamment Alphabus. Des systèmes de propulsion électrique sont également en cours de développement pour plusieurs missions de l'ESA, notamment GOCE, SMART-2, BepiColombo, LISA, Darwin et Gaia. Le système de propulsion électrique de la mission Microscope du CNES est également fourni par l'ESA.

Une étape importante a été franchie dans le domaine de l'aérothermodynamique avec le lancement des activités de Phase B d'EXPERT d'où découlent des données critiques sur le vol hypersonique en vue de la validation de l'outil d'aérothermodynamique.

Les activités liées aux lanceurs incluent l'étude des interactions des jets de tuyère d'Ariane-5, couvrant l'analyse de couplage de tuyère numérique et expérimentale en flux instable (perturbations aérodynamiques instationnaires) ainsi que les questions liées à la soufflerie de Vega, à l'acoustique, à la séparation des étages et aux interactions entre les jets de propulsion des étages.



Assurance produit

Assurance des produits logiciels

La méthodologie générique SPICE relative à l'évaluation des processus logiciels et à leur amélioration a été complétée par des études de l'ESA visant à répondre aux besoins spécifiques des projets spatiaux ; il en est résulté le cadre d'évaluation « SPICE for Space » (S4S). En 2003, des équipes mixtes d'évaluateurs de l'ESA et extérieurs ont procédé à un certain nombre d'évaluations S4S volontaires d'intégrateurs de systèmes spatiaux et de fournisseurs de logiciels spatiaux. L'évaluation demandée par le CNES lui a permis de bénéficier d'une formation pour ses propres évaluateurs internes.

S'appuyant sur un retour d'information important et positif concernant la valeur ajoutée assurée par l'approche S4S, une étude a été lancée pour évaluer la viabilité commerciale et la durabilité des services liés au S4S, notamment la certification des processus des fournisseurs de logiciels. Cette étude a montré que les intégrateurs de systèmes spatiaux et les fournisseurs de logiciels étaient très désireux de certifier leurs capacités de processus logiciels. Le marché spatial étant relativement limité, une association avec d'autres secteurs serait intéressante.

Composants EEE

La Division Ingénierie des composants est parvenue à identifier les besoins technologiques de la communauté spatiale européenne et a continué de lancer des tâches de développement et d'évaluation de dispositifs destinés à être inclus dans la prochaine génération d'équipements et de missions de l'Europe. En étroite association avec les agences nationales, les industries et les instituts universitaires pour s'assurer que les composants nécessaires sont développés et que leurs usages et applications ont été bien spécifiés, la Division a continué à assurer la promotion de nouvelles technologies comme les technologies silicium submicroniques et profondément submicro-niques résistant aux radiations, les semi-conducteurs à large bande interdite, les microsystèmes électro-mécaniques (MEMS) et les nanotechnologies ainsi que les concepts de conditionnement 3D. De plus, son expérience et ses connaissances approfondies en ingénierie des composants sont mises à profit pour l'assurance

qualité des composants ; un programme de développement et d'amélioration des méthodologies d'essai et des normes se poursuit activement.

Les données produites sont partagées via l'ESCIIES (<https://escies.org>), le système d'information en ligne de la communauté des composants spatiaux. Ce système est de plus en plus reconnu et utilisé, des organisations en dehors des frontières des Etats membres de l'ESA s'y intéressent également.

Matériaux et procédés

En 2003, la Division des Matériaux et procédés a consacré la majorité de ses ressources à soutenir des projets de l'ESA, notamment en évaluant de nouveaux matériaux et procédés pour les futures missions. Les nouvelles missions scientifiques de l'ESA vers la partie intérieure du système solaire, comme BepiColombo, Venus Express et Solar Orbiter, constituent notamment un défi important en termes de matériaux et de procédés du fait des températures extrêmes et du fort rayonnement solaire.

En outre, des normes concernant les matériaux et les procédés ont été publiées, par l'intermédiaire de l'ECSS, pour améliorer la qualité du matériel spatial. En juin, la Division a également organisé à l'ESTEC, avec un grand succès, le 9e Symposium international sur les matériaux dans l'environnement spatial ; un nombre record de communications y ont été présentées.

Coordination européenne pour les composants spatiaux (ECSS)

La mission de l'ECSS est d'harmoniser les exigences en matière de gestion, d'assurance produit et d'ingénierie, l'objectif étant de parvenir à un ensemble unique de normes spatiales pour l'Europe. Dès le départ, l'ECSS, qui se caractérise par le fait qu'il s'agit d'un système logique et cohérent convenant parfaitement aux besoins des projets spatiaux européens, s'est concentré sur l'élaboration de normes dans les domaines suivants :

- Assurance produit et sécurité (série ECSS-Q)
- Ingénierie (série ECSS-E)
- Gestion (série ECSS-M).

Dans l'ensemble, les travaux ont porté sur 120 normes (non compris les révisions et les



définitions des exigences relatives à la documentation) qui ont été publiées ou qui sont actuellement en cours de révision ou au stade de la rédaction (voir le tableau joint).

De plus, 40 normes ECSS ont été acceptées comme normes européennes (EN) et trois autres comme normes ISO internationales.

On a constaté en 2003 une forte augmentation de l'usage des normes ECSS dans les programmes et projets de l'ESA, y compris dans le Programme Galileo. Pour confirmer cette tendance positive, le Comité directeur de l'ESA sur la normalisation (ESSB) a organisé en 2003 deux ateliers à l'intention des chefs de programme sur l'application des normes ECSS dans le cadre des activités de l'Agence.

Ingénierie intégrante

On a eu recours à des méthodes et à des outils d'ingénierie intégrante pour de nombreuses applications en soutien de plusieurs Directions et Programmes, y compris des missions d'exploration robotisées ou habitées et la conception de lanceurs et d'instruments de charges utiles. Plusieurs applications nouvelles ont nécessité le développement de modèles plus complexes ainsi que l'intégration de disciplines, de données et de paramètres nouveaux.

L'installation de conception pluridisciplinaire (CDF) a continué à apporter un soutien efficace à de nombreux programmes de l'ESA, notamment Aurora, le programme scientifique, le programme de recherche en microgravité, les études générales et les programmes de lanceurs.

Quelques uns des nombreux visiteurs de l'installation de conception pluridisciplinaire (CDF) au cours de l'année

Les futures missions potentielles suivantes ont été étudiées et définies au niveau conceptuel dans le courant de l'année :

- Retour d'échantillons martiens : toutes les phases et tous les éléments
- Véhicule de transport et de sauvetage d'équipage : modélisation et arbitrages
- Science martienne en réseau : réseau de sondes martiennes
- Démonstrateur d'aérocapture : orbites terrestres et martiennes
- Démonstrateur de réutilisabilité de lanceur Socrates
- Missions habitées vers Mars
- Avenir des vols spatiaux habités : base lunaire permanente.

Des équipes mixtes composées de spécialistes de l'ESA, d'agences nationales et d'industriels européens ont été mises sur pied pour exécuter certaines de ces études. Ce travail en commun a permis de partager l'expérience et le savoir-faire en matière de principes d'ingénierie intégrante avec d'autres partenaires européens et de leur apporter un soutien en matière de développement de leurs propres centres de conception intégrante et d'application des méthodes et outils associés.

Le CDF a également joué un rôle actif dans le domaine de l'enseignement et des transferts de technologies ; il a servi de cadre à plusieurs études et revues, à des présentations et des ateliers. Il a également reçu la visite de dizaines de personnes représentant des disciplines spatiales et autres, des instituts universitaires et des membres de l'industrie.

Enfin, 2003 a vu le lancement des travaux d'élaboration de normes portant sur l'échange de données produites pendant les phases préliminaires de la durée de vie d'un projet. L'étape suivante consistera à proposer la création d'un "réseau d'excellence" dans le domaine de l'ingénierie intégrante appliquée au domaine spatial européen.

Initiative de Réseaux de centres

L'ESA a continué à coordonner les divers réseaux pilotes de l'Initiative Réseaux de centres et a

renforcé ses relations avec les membres participants en définissant un certain nombre d'activités menées en coopération tant au niveau de la gestion qu'au niveau technique.

Une revue indépendante du réseau pilote « Revues de projets » a déclaré que la phase de qualification avait été menée à bon terme ; la phase opérationnelle subséquente offre aux membres participants un accès réciproque à un vaste groupe d'experts, à la demande et sans échange de fonds.

Au terme de sa phase de qualification, on a jugé que le réseau pilote " opérations en vol " n'était pas prêt à passer à la phase opérationnelle. Les consultations qui ont suivi entre l'ESA et les Etats membres participants ont démontré une bonne compréhension des questions de politique ouvertes et ont débouché sur la définition d'une approche graduelle vers la création d'un futur réseau opérationnel.

Dans le domaine des opérations en vol, la coopération technique s'est également intensifiée entre les centres techniques participants (notamment l'ESOC, le GSOC et le CNES) alors qu'étaient engagées les initiatives portant sur l'échange d'experts en conception de satellites et en technologies connexes, entre l'ESTEC et le CNES. Il est à noter, en particulier, que de nouvelles possibilités de mise en réseau dans le domaine des compétences techniques et des laboratoires sont envisagées et que des propositions sont élaborées à cet effet.

Le réseau pilote sur les débris spatiaux a poursuivi la mise en œuvre du programme de travail convenu avec ses partenaires et fournit des réponses rapides aux questions concernant les débris de satellites et les problèmes de rentrée associés.

De plus, un Groupe de travail de l'ESA a été mis sur pied pour analyser l'évolution future de l'Initiative de Réseaux de centres d'une manière générale, en traitant non seulement des relations avec les programmes futurs mais également en précisant les engagements et les obligations des agences participantes et de leurs centres techniques et en analysant les domaines techniques dans lesquels des réseaux pourraient s'avérer précieux à l'avenir.