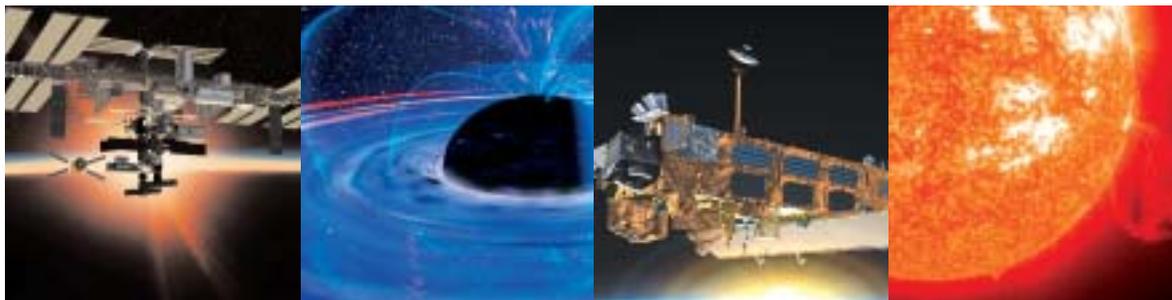
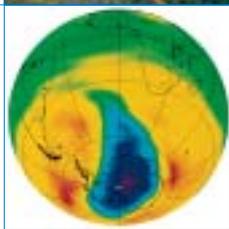


LE DÉFI SPATIAL

AGENCE SPATIALE EUROPÉENNE

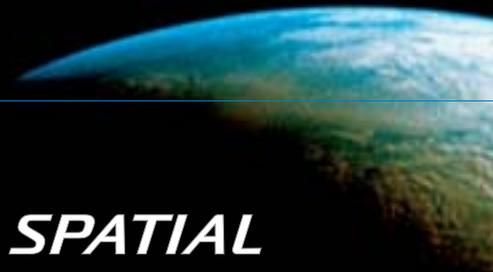




LE DÉFI SPATIAL

AGENCE SPATIALE EUROPÉENNE





LE DÉFI SPATIAL

L'AGENCE SPATIALE EUROPÉENNE

Les succès remarquables de l'ESA, qui la placent dans le peloton de tête des organisations spatiales, génèrent des retombées considérables pour ses Etats membres et leurs citoyens. L'Agence a pris en charge le développement de systèmes qui font désormais partie de notre vie quotidienne ; elle est à l'origine de la création de nouvelles entités et entreprises dont les services et produits répondent à nos besoins. Le lanceur Ariane, exploité par la société Arianespace, domine depuis longtemps le marché commercial des lancements. Quant au développement par l'ESA des satellites de météorologie Météosat, il a conduit à la création d'Eumetsat. Enfin, les activités de télécommunications de l'Agence ont joué un rôle essentiel dans la fondation d'Eutelsat et d'Inmarsat. Toutes ces structures ont acquis une dimension mondiale. Le programme de science spatiale de l'ESA se situe lui aussi au premier rang tandis que ses satellites d'observation de la Terre continuent à nous livrer un flux continu de données. L'Europe figure parmi les cinq Partenaires réalisant la Station spatiale internationale.

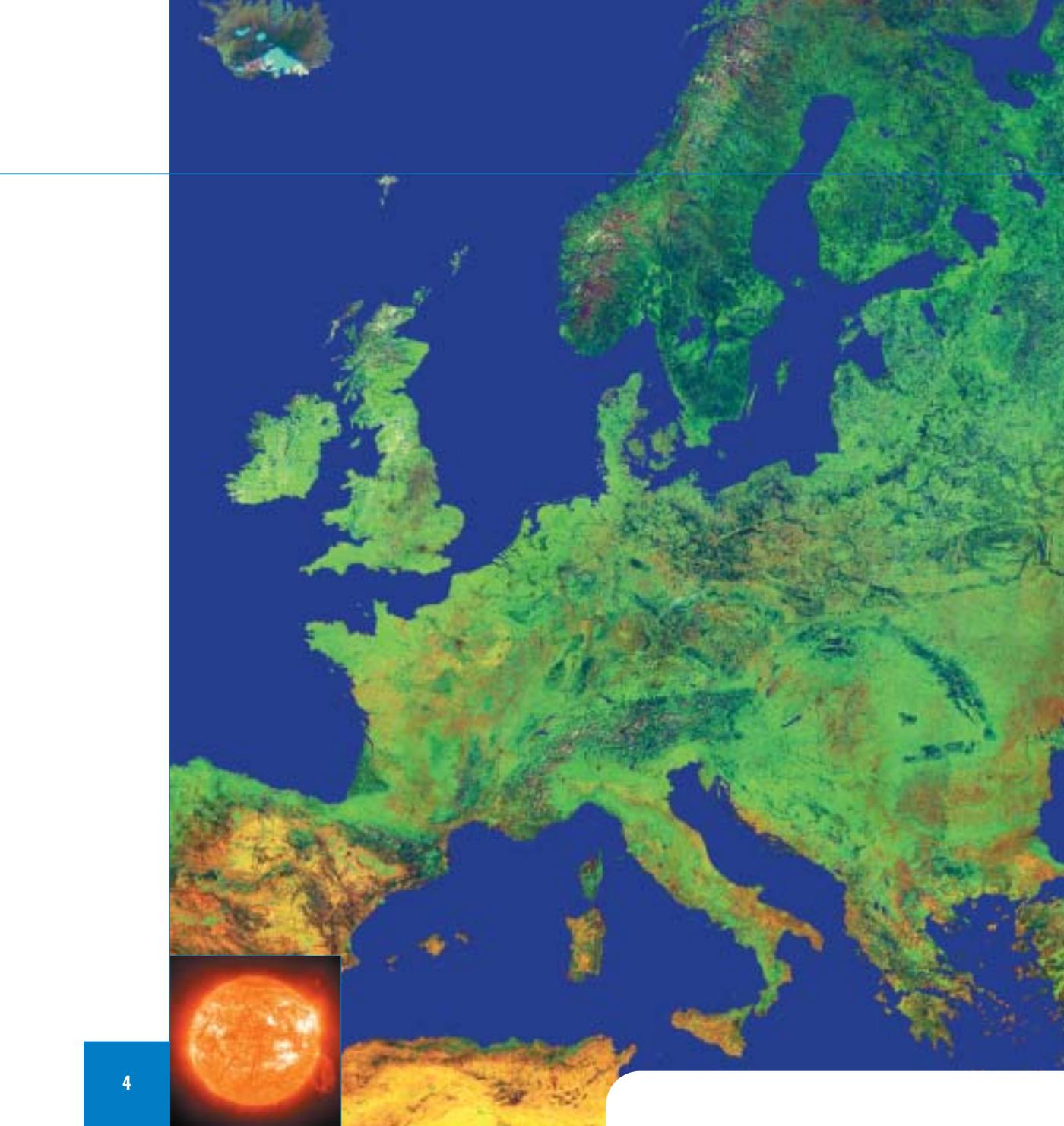
Cette brochure illustre toute la gamme des missions présentes et futures de l'Agence jusqu'à la fin 2007. Dans les décennies à venir, l'ESA devra relever de nouveaux défis et aura maintes occasions d'améliorer la vie de millions de citoyens en contribuant à l'évolution des capacités économiques, scientifiques et technologiques de l'Europe.

TABLE DES MATIÈRES



Bienvenue à l'ESA	4	Les calottes glaciaires fondent-elles ? cryosat	36
Sentinelles de l'espace veille météorologique	8	Vivre dans l'espace astronautes	38
Prendre le pouls de la Terre ers	10	L'Europe et l'ISS iss	40
La véritable nature du Soleil	12	Livraisons à domicile atv	44
Vue directe sur le Soleil soho	13	Localisation et guidage par satellites galileo	46
Périple autour du Soleil ulysses	15	La Terre n'est pas ronde goce	48
Le quatuor cluster	15	Un nouveau lanceur vega	50
L'Europe en route vers l'espace ariane	16	Sentir l'humidité et la salinité de la Terre smos	52
Visions cosmiques	18	Les débuts du cosmos	54
Un nouveau regard sur l'Univers xmm-newton	19	Comment tout cela a-t-il commencé ? planck	55
La violence de l'Univers integral	20	Avant l'apparition des galaxies herschel	57
Sonder l'Univers hubble	21	Savoir d'où vient le vent aeolus	58
L'espace au service des télécommunications artemis	22	En route pour l'espace le transport de demain	60
Le plus grand des petits proba	24	Utiliser l'espace sur Terre transfert de technologie	62
Gérer les ressources de la planète envisat	26	Qu'est-ce que l'ESA ?	
Origines des planètes et vie dans l'espace	28		
Première étape – la Lune smart-1	29		
La machine à remonter le temps rosetta	30		
Où est passée l'eau ? mars express	31		
Sommes-nous seuls dans l'Univers ? mars express	32		
Comment la vie est-elle apparue ? huygens	33		
A la découverte de la planète-sœur de la Terre venus express	34		





BIENVENUE À L'ESA

L'Europe spatiale

L'espace joue un rôle fondamental dans toute société moderne et l'Agence spatiale européenne (ESA) est à la pointe de l'exploration et de la mise en valeur de cette nouvelle frontière. Comme le montre cette brochure, les activités de l'Agence transforment de multiples aspects de nos vies, qu'il s'agisse des prévisions météorologiques, des communications entre particuliers, de la navigation, de la médecine ou de l'agriculture.

Notre avenir repose sur une gestion avisée des ressources de notre planète et sur une bonne compréhension des phénomènes qui affectent l'écosphère. Face à ces questions, seul l'espace peut offrir la perspective globale nécessaire. Notre connaissance du réchauffement planétaire, du changement climatique et de l'état de la couche d'ozone se fonde sur les mesures prises depuis l'espace. Grâce aux satellites météorologiques, des centaines de millions d'euros sont économisés chaque année. Quant au retour sur investissement dans le secteur des lanceurs, il est de trois fois la mise. Les astronomes, pour leur part, regardent vers l'infini pour comprendre la naissance de l'Univers et peut-être découvrir des mondes similaires au nôtre.

Les programmes de l'ESA dans les domaines de l'observation de la Terre, des lanceurs, de la science, des applications et des vols habités placent l'Europe en excellente position pour relever les défis technologiques, politiques et écologiques du futur. Dans les prochaines années, l'Agence axera ses activités sur quatre principaux objectifs : accroître nos connaissances scientifiques, améliorer la qualité de la vie, coopérer avec l'Union européenne et les agences spatiales nationales, promouvoir l'industrie européenne.

La diversité de ses États membres (Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Irlande, Italie, Norvège, Pays-Bas, Portugal, Royaume-Uni, Suède, Suisse et Canada en tant que membre associé) est une source de vitalité et de complémentarité pour l'ESA, chaque pays apportant ses propres traditions scientifiques, capacités technologiques, priorités politiques et sa culture. Pour la plupart, ils font également partie de l'Union européenne. Ces deux organisations, bien qu'indépendantes l'une de l'autre, intensifient leur coopération et travaillent ensemble à la définition des politiques spatiales les plus bénéfiques pour les citoyens européens.

Les activités spatiales occupent déjà une place importante dans la sphère économique et jouent un rôle stimulant pour d'autres activités. Le secteur spatial européen emploie 40 000 personnes auxquelles il faut ajouter 250 000 emplois dans des domaines connexes. Chaque nouveau satellite réalisé est l'aboutissement du travail de milliers d'hommes et de femmes dont les usines et les laboratoires sont répartis sur tout le continent. C'est grâce à leur talent et à leurs efforts que l'ESA a connu une réussite exemplaire et s'est hissée au rang de leader mondial sur le plan scientifique et technologique.

L'ESA emploie directement plusieurs milliers de personnes, dans ses divers établissements et ses stations sol, en Europe et dans le reste du monde. Les responsables de la stratégie d'ensemble, des finances et de l'administration travaillent au Siège parisien. C'est au Centre européen de recherche et de technologie spatiales (ESTEC), le plus grand établissement de l'Agence, situé aux Pays-Bas, que les équipes d'ingénieurs et de scientifique supervisent le développement et les essais des satellites.

Le contrôle de mission est assuré, pour la majorité des

projets spatiaux de l'ESA, au Centre européen d'opérations spatiales (ESOC), en Allemagne. Les spécialistes de ce centre suivent, contrôlent et commandent les satellites via des stations sol disséminées dans le monde entier, notamment en Suède, en Belgique, en Espagne, en Guyane et en Australie. Le principal centre d'observation de la Terre de l'ESA est l'ESRIN, implanté au sud de Rome. Il gère les plus importantes archives européennes sur l'environnement, coordonne les travaux de plus de 20 stations sol et installations en Europe et coopère avec une vingtaine de stations sol d'autres pays du monde. Le Centre des Astronautes européens situé à Cologne, en Allemagne, s'occupe de la formation, de la préparation et du suivi médical des astronautes de l'ESA, au sol et pendant leurs missions spatiales. Du fait de la participation de l'Europe à la Station spatiale internationale, des astronautes d'autres pays utilisent les installations de l'ESA.

Le centre de lancement des fusées européennes et de la plupart des satellites de l'ESA se trouve à Kourou, en Guyane. Créé et exploité par le CNES, l'Agence spatiale française, ce port spatial a été considérablement agrandi pour les lancements d'Ariane avec la contribution de l'ESA. La modernité de ses installations et sa localisation idéale en font un site de lancement exceptionnel.

Une longue série de succès

À l'aube du XXI^e siècle, l'ESA a atteint une position de leader mondial dans presque tous les domaines de l'aventure spatiale. Au tout premier rang des priorités de l'ESA figure la volonté de mieux connaître notre planète, clé de notre avenir. Après les succès des satellites ERS, pionniers dans l'utilisation civile du radar pour voir à travers la couverture nuageuse, l'Agence vient de lancer le satellite Envisat, qui représente la plus puissante plate-forme de télédétection jamais construite. L'ESA développe parallèlement des petits satellites d'observation de la Terre

pour étudier des questions environnementales spécifiques. Équipés d'instruments hautement perfectionnés, ces satellites étudieront des thèmes revêtant un intérêt particulier comme la circulation océanique et la salinité, les mouvements atmosphériques, l'humidité des sols ou l'épaisseur des glaces de notre planète bleue.

Dans le contexte d'un probable réchauffement planétaire, de la destruction de la couche d'ozone et de la déforestation rapide, il est vital de disposer de données à grande échelle sur l'atmosphère et la surface terrestre pour accomplir toute activité liée à l'observation de la Terre. À cette fin, l'ESA coopère avec l'Union européenne à la mise en place d'un programme de Surveillance mondiale pour l'environnement et la sécurité (GMES), dont l'un des volets couvre la livraison rapide d'images et de données satellitaires aux régions touchées par des catastrophes anthropiques ou naturelles. Ces informations en temps réel viennent s'ajouter aux prévisions d'inondations et de tempêtes, essentielles pour réduire au minimum les pertes de vies humaines et de biens. Depuis 25 ans, les satellites Météosat développés par l'ESA assurent une couverture continue des turbulences de l'atmosphère, de l'Atlantique au Moyen-Orient, pour l'établissement des prévisions météorologiques. Ces sentinelles dans le ciel ont récemment reçu le renfort de Météosat de seconde génération, qui sera bientôt rejoint par MetOp, le premier satellite européen de météorologie sur orbite polaire.

La plupart des satellites de l'ESA, y compris la série des Météosat, sont mis en orbite par les lanceurs européens Ariane, leaders sur le marché mondial en termes de performances et de fiabilité. La fusée Ariane-4, qui vient de prendre sa retraite après une





magnifique carrière, est maintenant remplacée par le lanceur lourd Ariane-5, à qui il appartient de maintenir la position prépondérante de l'Europe sur le marché des lancements commerciaux.

Le nouveau lanceur européen est également appelé à jouer un rôle clé pour les programmes de vols habités et de science spatiale de l'ESA. En effet, il sera chargé de livrer les véhicules de transfert automatique (ATV) à la Station spatiale internationale. L'ATV, qui servira de véhicule de ravitaillement, de module de propulsion et de module d'élimination des déchets, jouera un rôle essentiel de soutien des astronautes du monde entier pendant leurs longues missions à bord de la station et de son module européen, le laboratoire Columbus.

Parallèlement, Ariane-5 continue d'être améliorée et modifiée de façon à pouvoir emporter deux gros satellites en tandem ou propulser des satellites scientifiques jusqu'aux confins du Système solaire. La première charge utile ayant profité de cette nouvelle possibilité est Rosetta, mission sans précédent de l'ESA qui doit se mettre en orbite autour d'une comète puis s'y poser. Rosetta constitue l'un des piliers d'un ambitieux programme de science spatiale devant conduire des satellites européens vers la Lune et des planètes voisines de la Terre au cours de la prochaine décennie. L'une des aventures les plus enthousiasmantes est celle de Mars Express, parti à la recherche de traces d'eau sur la planète rouge. Mercure ne sera pas oubliée : En 2011-2012, la mission BepiColombo de l'ESA ira à sa rencontre pour l'étudier en détail et nous révéler ses secrets ; elle réutilisera la technologie de la propulsion électrique solaire testée par SMART-1 lors de son voyage de 16 mois à destination de la Lune.

Pour porter le regard plus loin encore, l'ESA a développé des observatoires spatiaux exceptionnels. Depuis leur

situation orbitale, au-delà de l'atmosphère terrestre et de ses perturbations, ces satellites peuvent observer l'Univers dans l'infrarouge, le rayonnement X ou le rayonnement gamma ainsi que dans le spectre visible.

Après avoir contribué au télescope spatial Hubble en apportant au programme matériel et savoir-faire, l'ESA prévoit de poursuivre sa coopération fructueuse avec la NASA en participant au télescope spatial James Webb, qui sera encore plus puissant. Parmi les autres observatoires spatiaux de tout premier rang dont la réalisation est prévue au cours des dix prochaines années figurent : Herschel, télescope dans l'infrarouge qui étudiera les origines des étoiles et des galaxies ; Planck, qui mesurera le rayonnement de faible puissance émis lors de la création de l'Univers ; Gaia, qui établira la carte la plus précise et détaillée de notre Voie lactée ; XEUS pour l'étude du cosmos avant la naissance des étoiles ; Darwin (en 2014), qui ira à la recherche de planètes en orbite autour d'autres étoiles. Enfin, LISA (en 2013) se mettra à l'affût des ondes gravitationnelles annoncées par Einstein et pourrait nous réserver quelques révélations sur la vraie nature de la structure de l'Univers et ses lois.

L'ESA est d'autre part à la pointe des activités internationales menées pour mieux comprendre le Soleil et ses interactions avec notre planète. Tandis que SOHO étudie la nature du véritable réacteur nucléaire qu'est notre étoile, le quatuor de satellites Cluster nous donne pour la première fois une vue en trois dimensions des interactions entre les particules énergétiques solaires et l'environnement proche de la Terre. Pour sa part, Solar Orbiter (2013-2014) ira plus près du Soleil qu'aucune autre mission. Ces recherches ont des débouchés qui touchent nos intérêts vitaux dans la mesure où les tempêtes solaires peuvent affecter les réseaux électriques, les satellites et la santé des voyageurs spatiaux. Même les avions circulant à haute altitude sont vulnérables.

L'ESA accorde une attention particulière aux effets du rayonnement solaire sur la santé des astronautes, qui séjournent plusieurs mois à bord de la Station spatiale internationale (ISS).

Les astronautes européens ont déjà accompli de longues missions à bord de la station spatiale russe Mir et se sont rendus à bord de l'ISS dès les premières étapes de sa construction. Les vols habités deviendront plus importants encore pour l'Europe à mesure que la Station se développera, notamment après l'adjonction du laboratoire à multiples usages Columbus. La participation notable de l'ESA au programme ISS devrait se traduire par des percées dans le domaine de la recherche en microgravité, notamment en ce qui concerne les matériaux de pointe, et par l'acquisition de nouvelles connaissances sur le corps humain, la prévention des maladies et leur traitement.

Les efforts de commercialisation de la Station spatiale s'insèrent dans une politique plus vaste d'ouverture de l'espace à l'industrie et à la société d'une manière générale. L'ESA travaille conjointement avec l'Union européenne de façon à axer les activités sur des applications concrètes et commerciales comme l'amélioration des télécommunications et de la sécurité de la navigation.

Pouvoir communiquer à tout moment et en tout point du globe est un besoin croissant, auquel répond le programme ARTES (Programme de recherche de pointe sur les systèmes de télécommunications) de l'ESA : il vise à généraliser l'accès à l'internet à haut débit, à la télévision interactive et aux communications mobiles dans le monde entier. Grâce à ce programme, et c'est une de ses retombées indirectes, les fabricants de satellites européens remportent des contrats pour la réalisation de satellites de télécommunications commerciaux.

La contribution la plus récente de l'ESA au domaine des communications satellitaires de pointe est Artemis, dont la charge utile vise à améliorer la transmission de phonie et de données entre des terminaux mobiles et à fournir des liaisons de haut débit entre des satellites en orbite. Pour la première fois, des faisceaux laser ont été utilisés pour transmettre des informations d'un satellite à l'autre.

Artemis pourrait également faire partie d'un nouveau système de navigation par satellite indépendant. L'ESA et l'Union européenne construisent ensemble la constellation Galileo de 30 satellites qui fournira des données de positionnement très précises à de multiples utilisateurs comme les chauffeurs de taxi, les hommes et femmes d'affaires en déplacement, les géomètres et les pilotes de ligne, les sociétés de livraison et les services d'urgence. La demande associée aux signaux continus qui seront fournis par Galileo devrait générer plus de 100 000 emplois et environ 90 milliards d'euros de bénéfices au cours des 15 premières années de fonctionnement.

Comme le montre cette brochure, les 29 premières années d'existence de l'ESA ont été marquées par une succession de découvertes et de percées technologiques enthousiasmantes. Aujourd'hui, les activités de l'Agence s'étendent à presque tous les aspects de la vie quotidienne. Au cours des prochaines décennies, l'ESA devra relever de nouveaux défis et saisir de nouvelles occasions d'améliorer la vie de millions de citoyens en contribuant à l'évolution des capacités économiques, scientifiques et technologiques de l'Europe.

Nous sommes encore à l'aube de l'Age spatial et la seule limite à ce que nous pouvons accomplir est notre imagination.



SENTINELLES DE L'ESPACE



Malgré les formidables progrès réalisés par l'humanité, les forces élémentaires de la nature restent indomptées. Certes, nous ne pouvons pas influencer sur le vent ou la pluie, mais nous pouvons néanmoins améliorer considérablement notre confort et notre sécurité en surveillant de façon constante les turbulences de l'atmosphère, en établissant des prévisions météorologiques locales et régionales et en anticipant les changements climatiques à venir.

Cette veille météorologique ininterrompue est rendue possible grâce aux technologies satellitaires modernes que l'ESA a contribué à introduire en Europe. Aujourd'hui, une flottille internationale de satellites observe la Terre et diffuse un flux d'images et d'informations aux organismes de météorologie du monde entier, nous aidant à nous préparer au temps qu'il fera demain.

Depuis 1977, sept satellites Météosat ont rejoint l'orbite géostationnaire, à 36 000 km au-dessus de l'Équateur ; à la verticale de l'Afrique, ils accompagnent la Terre dans son mouvement de rotation. Ces sentinelles spatiales européennes ont révolutionné les prévisions météorologiques au bénéfice de milliards de personnes en Europe, en Afrique, en Asie et sur le continent américain. Non seulement des vies ont pu être sauvées, mais l'amélioration des prévisions météorologiques via Météosat a également permis d'économiser plus de 200 millions d'euros chaque année. Grâce aux activités européennes de veille météorologique, des secteurs comme l'agriculture, les transports, le bâtiment, l'industrie, les services publics de météorologie et le tourisme disposent de prévisions précises, à des échelles allant de quelques minutes à plusieurs jours, semaines ou saisons.

La sentinelle spatiale la plus perfectionnée à ce jour est Météosat de seconde génération (MSG). Le lancement du premier satellite de la flottille, qui en comptera trois au total, vient d'avoir lieu. Équipé des technologies les plus récentes et les plus

sophistiquées, ce satellite représente une avancée majeure dans le suivi des tendances météorologiques sur tout un hémisphère ; il améliore en outre les alertes en cas de tempête ainsi que les prévisions à long terme. MSG apporte une contribution significative à la recherche sur le climat à l'échelle du globe.

Avec une masse presque trois fois plus lourde que Météosat, MSG réalise des observations plus précises et plus fréquentes ; il détecte les orages, le front des tempêtes, les bancs de brouillard et autres phénomènes météorologiques porteurs de danger. En surveillant la quantité d'ozone présente dans les couches supérieures de l'atmosphère, MSG améliore aussi les prévisions sur les niveaux de rayonnement ultraviolet nocif et les risques associés de cancer de la peau.

MSG est le premier satellite géostationnaire qui mesure le bilan énergétique de la Terre, à savoir la quantité de rayonnement qui nous parvient du Soleil et celle qui est réfléchi vers l'espace. Ces paramètres sont essentiels pour comprendre le changement climatique mondial. Avant MSG, les seules informations disponibles provenaient, de manière discontinue, de satellites en orbite basse.

MSG sera complété par MetOp qui, de sa position sur orbite polaire à 840 km d'altitude, observera le globe dans sa totalité, décrivant 14 orbites par jour. MetOp fournira un flux de données météorologiques encore plus complètes et réduira la dépendance de l'Europe à l'égard des satellites américains. Ses instruments sophistiqués prendront des mesures encore plus précises de la température, de l'humidité, de la vitesse des vents et de leur direction, notamment au-dessus des océans. L'Europe lancera trois satellites MetOp sur une période de 14 années au titre de sa contribution à un système de satellites sur orbite polaire réalisé conjointement avec les États-Unis.



Lancements :

Météosat-7 : 2 septembre 1997

MSG-1 : 28 août 2002

MetOp-1 : 2005

Masses :

Météosat : 700 kg

MSG : 2 t

MetOp : 4,5 t

Durées de vie :

5 à 7 ans

Page de gauche : normalement, Météosat survole l'Afrique ; la photo ci-contre intègre une prise de vue du continent américain.

Cartouche gauche : Ce que nos yeux ne peuvent pas voir : la température de la Terre.

Images ESA/Eumetsat

PRENDRE LE POULS DE LA TERRE



Il y a une dizaine d'années, les satellites ne pouvaient pas encore surveiller de façon régulière les modifications de la hauteur du sol au millimètre près. Les satellites européens de télédétection ERS ont changé cette situation. Des villes entières et de vastes territoires sont désormais sous surveillance : les affaissements ou les élévations progressives du niveau du sol sont régulièrement mesurés. Ce progrès est essentiel non seulement pour les organisations commerciales comme les sociétés minières mais également pour les autorités qui surveillent toute évolution aux abords des volcans ou dans les zones sismiques et pour les scientifiques qui étudient les mouvements des plaques tectoniques.

C'est en 1995-1996, au cours des neuf mois pendant lesquels les deux satellites ERS ont fonctionné en tandem, que l'on s'est rendu compte de la précision des mesures que l'on pouvait prendre à intervalles réguliers. La charge utile principale des deux satellites, composée de deux radars spécialisés et d'une caméra infrarouge était identique. Placés sur la même orbite, ils se suivaient à 24 heures d'écart. Prenant des images de la même région à une journée d'intervalle, ils ont permis de réaliser des cartes en trois dimensions de toute la surface du globe, d'une précision surprenante. Leurs données constituent maintenant une base de référence précieuse pour étudier les mouvements du sol qui se sont produits depuis.

Aujourd'hui, seul ERS-2 continue à transmettre ses informations et il devrait poursuivre sa mission jusqu'en 2005. ERS-1, d'abord mis en réserve en juin 1996, s'est éteint en mars 2000 à l'issue d'une vie trois fois plus longue que prévu. On peut les considérer comme des satellites jumeaux, bien qu'ERS-2 soit équipé en plus d'un instrument de mesure des niveaux d'ozone dans l'atmosphère.

Ces satellites ont accumulé de nombreux succès. Ils ont accompli les premières missions européennes destinées à recueillir des informations détaillées sur un large éventail de phénomènes

cruciaux pour notre compréhension de la planète bleue et des effets de nos activités. Leurs instruments scientifiques fonctionnent de jour comme de nuit et percent la couverture nuageuse. Non seulement ils transmettent des images très détaillées et des mesures précises d'altimétrie mais ils enregistrent également le régime des vents et des vagues au-dessus des océans, des mers et des terres, les températures au sommet des nuages et des données sur la couverture végétale.

Ces informations sont utiles pour toute une gamme d'applications scientifiques et commerciales. Les mesures régulières des océans et des glaces à l'échelle du globe alimentent les études sur le climat. Les mesures de l'ozone aident les chercheurs à suivre l'évolution de la couche d'ozone et à comprendre le rôle de la pollution. Les images et les mesures des terres émergées aident les entreprises de prospection pétrolière à découvrir de nouveaux gisements, les autorités à surveiller l'utilisation des sols et les services d'urgence à observer l'évolution des catastrophes naturelles. Dans les régions tropicales, ERS garde un œil sur l'état des forêts. L'Union européenne utilise ERS dans le cadre de sa politique agricole pour vérifier les types de cultures pratiquées et évaluer les récoltes.

Les satellites ERS ont maintes fois démontré leur intérêt. Tandis que la fin de vie d'ERS-2 s'approche, une nouvelle génération de satellites, Envisat et MetOp, s'apprête à prendre la relève et à assurer un suivi complet de notre planète.

Lancements :

ERS-1 : 17 juillet 1991 par Ariane-4 de Kourou

ERS-2 : 21 avril 1995 par Ariane-4 de Kourou

Masses :

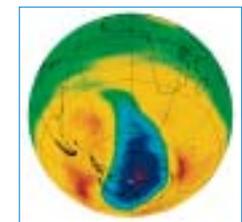
ERS-1 : 2384 kg

ERS-2 : 2516 kg

Durée de vie :

L'un et l'autre devaient fonctionner 3 ans ... ERS-2 est toujours en activité

Cartouche droit : ERS observe le trou de la couche d'ozone au-dessus de l'Antarctique. (ESA/DLR)



LA VÉRITABLE NATURE DU SOLEIL



12

SOHO ULYSSES CLUSTER

Le Soleil est indispensable à la vie sur Terre. Sa lumière et sa chaleur fournissent l'énergie nécessaire au développement et au foisonnement de la vie. Pourtant, vu de l'espace, le Soleil se révèle violent et imprévisible. De gigantesques éruptions de gaz électrisé projettent des flux de matière dans l'espace, parfois jusqu'à la Terre, venant perturber les réseaux électriques et les systèmes de télécommunications, notamment les satellites. Prévoir ces tempêtes solaires est essentiel pour que nous puissions protéger nos outils technologiques.

L'étude du Soleil occupe une place de plus en plus importante dans notre analyse de l'évolution du climat à l'échelle de la planète. Il est évident que la lumière du Soleil contribue à maintenir la surface de notre planète à des températures clémentes. Cependant, le Soleil est aussi en relation avec la Terre par l'intermédiaire d'une pluie de fines particules qui bombardent en permanence notre planète, appelée le vent solaire. Par ailleurs, le champ magnétique du Soleil nous protège des dangereux rayons cosmiques provenant des confins de l'espace.

Le champ magnétique du Soleil obéit à un mouvement d'expansion et de rétraction, avec des inversions, selon un cycle de 11 ans. Pendant ces phases, des rayons cosmiques parviennent à s'infiltrer dans le Système solaire et atteignent la Terre. Les scientifiques commencent à réaliser que l'arrivée de ces particules, conjuguée à celles du vent solaire, peut avoir des conséquences importantes. Les passagers de vols à haute altitude risquent par exemple d'être exposés à des doses de rayonnement équivalant à plusieurs radiographies pulmonaires. On soupçonne aussi les rayons cosmiques de jouer un rôle dans la formation des nuages, ce qui signifierait qu'ils influent sur les conditions atmosphériques de la Terre.

Nos vies dépendent étroitement du Soleil et l'ESA contribue largement à l'amélioration de nos connaissances sur son influence, même subtile, sur chacun d'entre nous.

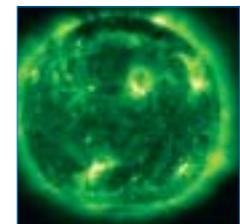
Soho Vue Directe sur le Soleil

Le satellite américano-européen SOHO observe le Soleil de façon quasi ininterrompue depuis plus de sept ans, nous aidant à élucider des mystères qui nous préoccupent de longue date. L'une de ses grandes découvertes concerne la prévision des éruptions solaires qui présentent un danger pour la Terre. SOHO a fait passer la météorologie spatiale du rêve à la réalité.

Grâce à lui, nous avons peut-être élucidé la cause de la différence de température entre l'atmosphère du Soleil, qui atteint 2 000 000° C, et sa surface, qui est à « seulement » 6000° C. SOHO a en effet découvert des boucles magnétiques qui s'élèvent dans l'atmosphère solaire, y libèrent leur énergie et retombent ensuite à sa surface. Autre découverte : un fleuve de gaz circule à l'intérieur du Soleil, à 24 000 km de profondeur, s'écoulant de l'équateur vers les pôles.

Trois instruments d'héliosismologie surveillent les vibrations à la surface du Soleil et dessinent une image de sa structure jusqu'à son noyau. Cinq instruments observent l'atmosphère extérieure et la couronne. L'un d'entre eux compte à son actif la découverte de plus de 500 comètes, ce qui fait de SOHO le plus grand découvreur de comètes de tous les temps ! Trois instruments mesurent les effets de la météorologie spatiale à proximité de la Terre. Enfin, un instrument surveille le comportement et les limites de l'héliosphère, cette bulle magnétique qui se propage dans l'espace sous l'effet des particules chargées s'échappant du Soleil.

SOHO est au cœur de la physique solaire depuis huit ans et nous promet encore de belles découvertes.



Lancement de SOHO :

2 décembre 1995 par Atlas-2AS de Cap Canaveral

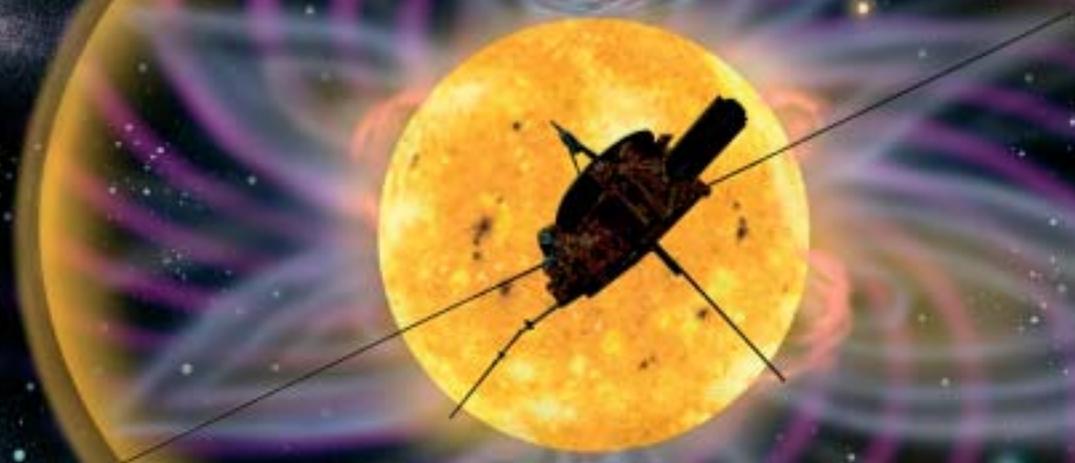
Masse :

1864 kg (dont 655 kg d'instruments scientifiques)

Durée de vie :

~12 ans

LA VÉRITABLE NATURE DU SOLEIL



HARDY

Lancement d'Ulysses :

6 octobre 1990 par la Navette spatiale de Cap Canaveral

Masse:

370 kg

Durée de vie:

14 ans

Page de gauche : En survolant les pôles du Soleil, Ulysses nous a fourni une vue unique sur la sphère d'influence de notre étoile. (ESA/D.Hardy)

Lancements de Cluster:

**16 juillet et 9 août 2000 par paires
par Soyouz du cosmodrome de Baïkonour**

Masse:

1190 kg chacun

Durée de vie :

5 ans

Cartouches gauche/droit : le quatuor Cluster en formation autour de la magnétosphère terrestre.

Ulysses Périple Autour du Soleil

Notre vision du Soleil est limitée par notre position dans l'espace : nous sommes sur une planète dont l'orbite se situe à peu près au niveau de l'Equateur solaire. Depuis 13 ans, Ulysses nous offre la possibilité de voir notre astre et son environnement selon une perspective différente. Au cours de son périple, qui lui a fait survoler les pôles du Soleil et l'a conduit jusqu'à Jupiter, Ulysses a fait des découvertes inattendues. Pour la première fois, une sonde explore l'héliosphère en trois dimensions.

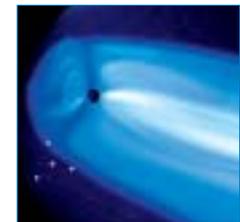
Comme le héros grec auquel il doit son nom, Ulysses a vécu de nombreuses aventures au cours de son odyssée spatiale. Il a dû résister aux bourrasques du vent solaire et à ses variations, tout au long d'un cycle d'activité solaire croissante puis décroissante de 11 ans. Cela en valait la peine. Ulysses étudie les particules et les champs magnétiques qui s'échappent du Soleil, de même que les rayons cosmiques, les gaz et les poussières qui nous parviennent des confins de l'Univers. Il a fait de remarquables découvertes sur les liens entre tous ces phénomènes.

L'héliosphère dévie les rayons cosmiques et les transforme, ce qui pourrait avoir une influence sur le climat terrestre. Davantage de rayons cosmiques nous parvenaient lorsque le climat était plus froid, comme le montre l'étude de bois fossilisés. Ulysses a également observé les gaz et les poussières provenant de l'espace interstellaire qui pénètrent dans l'héliosphère. Loin du Soleil et très au-dessus du disque planétaire, les nuages de poussières et de gaz interstellaires sont plus courants qu'on ne le pensait jusqu'à présent. A l'échelle de milliers d'années, notre Système solaire traverse peut-être différents nuages qui pourraient eux aussi affecter notre environnement.

Cluster Le Quatuor

L'essentiel du vent solaire contourne la Terre sans la perturber car elle est protégée par son bouclier magnétique, la magnétosphère. Mais ce bouclier a ses faiblesses. Les rafales de vent solaire le rapprochent de la Terre et des particules chargées s'infiltrèrent par les points faibles. La collision de ces particules avec notre haute atmosphère est à l'origine des aurores boréales, ces magnifiques rideaux de couleur qui illuminent le ciel des régions polaires. Mais les fortes tempêtes solaires causent parfois des dégâts. Depuis 2000, nous disposons d'un nouvel outil pour étudier ce duel incessant entre le Soleil et la Terre. Quatre satellites Cluster identiques volent en formation rapprochée, tantôt en position alignée, tantôt en tétraèdre, nous permettant pour la première fois d'obtenir une image en trois dimensions de l'espace proche de la Terre. La distance qui les sépare pouvant aller de 100 km à 20 000 km, ils peuvent se concentrer sur une zone précise ou prendre du recul. Dénommés Rumba, Salsa, Samba et Tango, les quatre satellites tournoient sur une orbite très allongée, mesurant jusqu'à un tiers de la distance qui nous sépare de la Lune. Ils se trouvent parfois à l'intérieur du bouclier magnétique de la Terre, parfois à l'extérieur et sont alors totalement exposés aux rafales du vent solaire.

Au cours de leur mission, alors qu'ils se trouvaient à l'extérieur de la magnétosphère pendant une tempête solaire, celle-ci s'est brusquement gonflée puis rétractée. Pour la première fois, on a réussi à obtenir des vues en 3D prises des deux côtés de cette frontière mouvante. Cluster a découvert des vagues ondulant tout au long de cette frontière, comme lorsque le vent souffle sur un lac, mais à 145 km/s ! La flottille s'est ensuite réorganisée pour observer la queue de la magnétosphère, qui s'étend sur des millions de kilomètres du côté non éclairé de la Terre.



L'EUROPE EN ROUTE VERS L'ESPACE



16

Ariane La meilleure gamme de lanceurs commerciaux au monde

Une seule famille de lanceurs réalise la moitié des lancements mondiaux de satellites commerciaux. Et elle n'est ni américaine, ni russe, mais européenne. En plus de vingt ans d'une brillante carrière, les lanceurs consommables de la famille Ariane ont établi un record de fiabilité enviable qui leur a été très utile quand la conjoncture était incertaine. Ces dernières années, pour répondre à l'augmentation de la taille des satellites de télécommunications, l'ESA a mis sur le marché le fleuron de sa gamme, Ariane-5. Des versions encore plus puissantes de ce lanceur lourd sont déjà en cours de développement.

Avec plus de 200 satellites lancés et un retour sur investissement de 4 pour 1, Ariane est l'une des plus formidables réalisations de l'Europe spatiale. Son vol inaugural eut lieu avec succès le 24 décembre 1979 et la société Arianespace fut créée quatre mois plus tard pour promouvoir et commercialiser le lanceur. Les performances de cette fusée triétage à la silhouette effilée, capable d'injecter un satellite de 1,8 tonne sur une orbite de transfert elliptique de 35 900 km d'apogée, apparaissent relativement modestes comparées à celles des lanceurs d'aujourd'hui. Des versions plus perfectionnées d'Ariane ne tardèrent cependant pas à être produites.

Janvier 1982 constitue une autre date clé dans l'épopée d'Ariane, puisque l'ESA décida alors de produire le modèle Ariane-4. La famille Ariane s'enrichissait ainsi d'un nouvel élément à la fois plus puissant et plus modulable que ses prédécesseurs.

Doté ou non de propulseurs d'appoint à ergols liquides ou à poudre, Ariane-4 était disponible en six versions différentes capables de mettre en orbite des satellites de 2,13 à 4,95 tonnes. Pour répondre aux différents besoins de la clientèle, le lanceur pouvait aussi être équipé de plusieurs types de coiffes et de structures porteuses et effectuer ainsi des lancements simples ou doubles de gros satellites et éventuellement associés à six mini-satellites de 50 kg.

Depuis son premier lancement en juin 1988, Ariane-4 a accompli plus de 100 vols réussis et n'a connu que trois échecs, ce qui donne un taux de succès de près de 98 %. Si la plupart de ses passagers ont été des satellites de télécommunications, le lanceur a aussi transporté la sonde cométaire Giotto de l'ESA, l'observatoire solaire SOHO, les satellites de télédétection ERS et les deux satellites militaires français Hélios.

Malgré la carrière exceptionnelle du lanceur Ariane-4, l'évolution continue du marché des satellites de télécommunications a conduit à le remplacer en 2003 par le modèle Ariane-5, encore plus puissant, plus flexible et plus économique. Après quelques problèmes lors des premiers lancements, Ariane-5 dans sa version de base a maintenant bien fait ses preuves et l'on travaille à présent sur des modèles plus puissants capables de transporter jusqu'à 10 tonnes en orbite contre 6 à l'heure actuelle.

Ariane-5 conforte la prééminence de l'Europe sur le marché des lancements commerciaux et offre aussi de nouvelles possibilités, comme celle de lancer vers la Station spatiale internationale le véhicule de ravitaillement ATV ou de propulser des sondes comme Rosetta à destination de comètes et de planètes éloignées.

Premiers vols :

Ariane-1 : 24 décembre 1979

Ariane 2/3 : 4 août 1984

Ariane-4 : 15 juin 1988

Ariane-5 : 4 juin 1996

Masse au lancement :

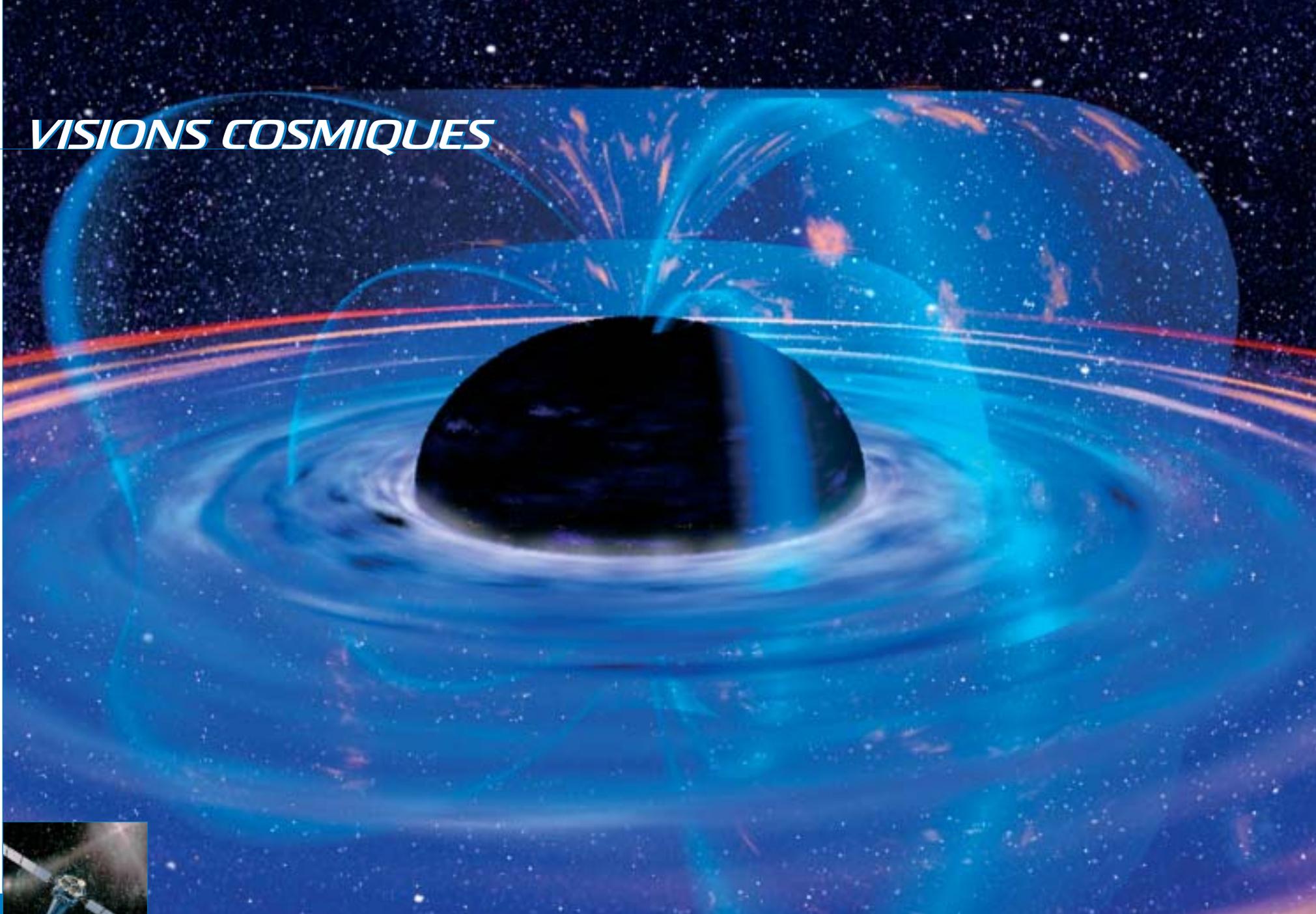
Ariane-5 : ~750 t

Ariane-5 est lancé du Centre spatial guyanais à Kourou (Guyane).

(ESA/CNES/Arianespace/CSG)



VISIONS COSMIQUES



Au-delà de notre Soleil et des planètes qui l'entourent, l'Univers lointain est pour les scientifiques une source inépuisable de surprises et d'émerveillement. Des spectacles empreints d'une sereine beauté y côtoient des phénomènes d'une violence inouïe. C'est en observant l'Univers lointain que les astronomes ont obtenu quelques-unes des images les plus spectaculaires des temps modernes. Les images du télescope spatial Hubble, qui captivent autant les scientifiques que le grand public, sont le fruit de leur travail assidu.

L'Univers est en constante évolution et le rôle des astrophysiciens consiste à tenter d'expliquer cette dynamique. Ainsi ont-ils découvert que les éléments chimiques qui nous sont familiers ont à l'origine été disséminés dans le cosmos par des étoiles qui ont explosé. Le carbone, élément indispensable à la vie sur Terre, s'est formé au cœur des étoiles d'où il s'est ensuite répandu dans l'espace.

Comme le botaniste qui explore une contrée lointaine pour y collecter des échantillons, l'astronome commence par établir une carte et un catalogue de tous les objets qui peuplent le cosmos. Puis il effectue des analyses chimiques et d'autres investigations grâce auxquelles il peut se faire une idée des mécanismes à l'œuvre et de leurs interactions, puis tenter de prévoir les évolutions. Les astronomes ont encore beaucoup à faire pour comprendre pleinement la nature des différents objets célestes, mais grâce aux télescopes spatiaux de l'ESA, dotés d'un large champ de vision, leur travail est beaucoup plus aisé et productif qu'auparavant.

L'étude de ces objets éloignés n'est pas une simple question de curiosité scientifique : elle est essentielle pour comprendre la place de notre planète dans l'Univers et les lois qui nous gouvernent.

XMM-Newton Un Nouveau Regard sur l'Univers

Si l'œil humain pouvait percevoir les rayons X et traverser l'atmosphère terrestre, il aurait une vision très différente du ciel nocturne. L'arrière-plan serait baigné d'une lueur diffuse et certaines régions du ciel, habituellement sombres, brilleraient avec éclat. Grâce aux rayons X émis uniquement par des objets dont la température atteint plusieurs millions de degrés, nous pourrions voir les parties les plus chaudes de l'Univers.

XMM-Newton, l'observatoire dans le rayonnement X de l'ESA, a permis de découvrir des dizaines de milliers de nouvelles sources de rayons X. Il a mis en évidence des sources de chaleur, comme les gaz chauds présents dans l'espace interstellaire, les étoiles entourées d'une atmosphère brûlante, ainsi que l'échauffement de la matière aspirée par les étoiles à neutrons et les trous noirs. Il nous révèle non seulement la présence de cette matière stellaire chaude, mais aussi sa composition grâce à ses observations en « couleurs X ».

Des observations particulièrement intéressantes d'XMM-Newton ont permis de lever le voile sur l'origine et la nature des sursauts gamma, qui comptent parmi les phénomènes les plus violents de l'Univers. En observant l'émission rémanente dans le rayonnement X d'un sursaut gamma, XMM-Newton a permis d'identifier les éléments chimiques présents et a confirmé que ce sursaut était lié à la mort d'une étoile massive (explosion d'une supernova).

XMM-Newton a également découvert une quantité de fer plus importante qu'escompté dans une galaxie primitive située aux confins de l'Univers. Sachant que la quantité de fer augmente avec le temps, doit-on en déduire que l'Univers est plus ancien qu'on ne le pensait jusqu'ici ?



Lancement d'XMM-Newton :

10 décembre 1999 par Ariane 5 depuis Kourou

Masse :

3764 kg

Durée de vie :

10 ans

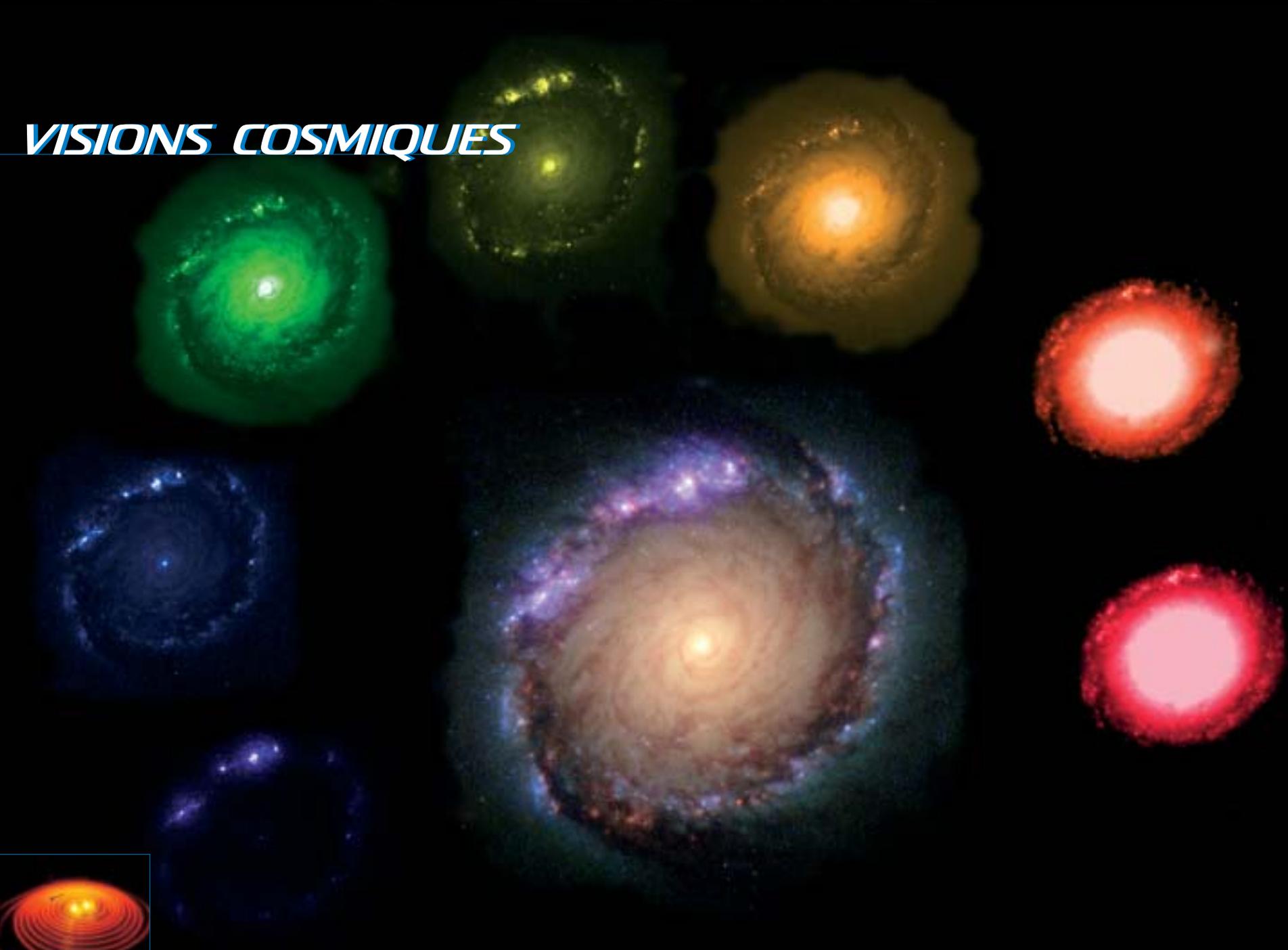
Page de gauche : XMM-Newton repère les trous noirs grâce aux rayons X qu'ils émettent.

Cartouche droit : observant l'Univers lointain à travers la fenêtre de notre Galaxie,

le « trou de Lockman », XMM-Newton y voit de gigantesques trous noirs

(page de gauche) nichés au cœur des galaxies.

VISIONS COSMIQUES



Lancement d'Integral :

17 octobre 2002 par une fusée Proton du cosmodrome de Baïkonour

Masse :

4 100 kg (télescopes 2 tonnes)

Durée de vie :

5 ans

Cartouche gauche : bouffée de rayons gamma provenant de la fusion d'étoiles à neutrons – d'un diamètre de seulement 40 km, mais d'une masse supérieure à celle du Soleil.

Cartouche droit : Integral observe un jet de matière issu d'un trou noir au centre d'une galaxie.

Illustrations : ESA/Medialab/D. Ducros

Lancement de Hubble :

24 avril 1990 par la Navette spatiale de la base de Cape Canaveral

Masse :

11 100 kg

Durée de vie :

20 ans

Page de gauche : grâce à sa batterie de caméras,

Hubble a photographié cette galaxie dans différentes couleurs pour obtenir l'image polychrome au centre. (NASA/ESA)

Intégral La Violence de l'Univers

Si le calme règne habituellement dans notre petit coin de l'espace, la plus grande partie de l'Univers est le théâtre de phénomènes d'une incroyable violence. En observant les rayons gamma de haute énergie, le satellite Integral de l'ESA ouvre une fenêtre sur un cosmos turbulent : collision d'étoiles à neutrons, explosion d'étoiles, disparition de galaxies englouties par des trous noirs.

L'une des premières priorités de la mission Integral est d'étudier comment se forment les éléments chimiques qui sont les constituants de base de l'Univers et de la vie. Les étoiles s'apparentent à des usines chimiques qui utilisent la fusion nucléaire pour transformer l'hydrogène – le plus léger des éléments chimiques – en hélium. Les grandes étoiles disposent de suffisamment de combustible pour produire des éléments plus lourds comme le carbone, l'oxygène et même le fer. Mais les éléments les plus lourds, notamment l'or, le plomb et l'uranium, ne peuvent être fabriqués que lorsqu'une étoile massive explose et disperse ses débris dans le cosmos. Tout l'or présent sur Terre trouve son origine dans l'agonie des étoiles. En observant l'émission gamma qui accompagne l'explosion des supernovae, Integral nous révèle comment ces cataclysmes donnent naissance aux éléments chimiques.

Si Integral s'intéresse aux supernovae, c'est aussi parce que l'explosion de ces étoiles provoque la transformation de leur cœur en un objet très dense, par exemple une étoile à neutrons ou un trou noir ne mesurant que quelques kilomètres de diamètre. L'attraction gravitationnelle de ces objets est telle qu'ils attirent tout ce qui se trouve à proximité, entraînant l'émission d'une quantité encore plus importante de rayons gamma et X. En observant ces émissions, Integral nous permet d'en savoir un peu plus sur ces objets insolites.

Le satellite pourrait également nous faire des révélations sur les sources d'énergie des galaxies. On pense en effet que de

gigantesques trous noirs, de taille comparable à celle du Système solaire mais jusqu'à un milliard de fois plus lourds, se trouveraient au centre de la plupart des galaxies et aspireraient la matière environnante en libérant de très grandes quantités d'énergie. Des jets de matière dense s'échappent du centre des trous noirs les plus violents. Integral pourrait nous apporter des explications sur ces phénomènes.

Hubble Sonder l'Univers

Voici plus de dix ans que les astronomes et le grand public s'émerveillent devant les fabuleuses images rapportées par le télescope spatial Hubble (HST) de l'ESA et de la NASA. Bien que ce télescope de 2,40 m de diamètre fasse figure de nain à côté des instruments modernes installés au sol, son poste d'observation en orbite à 600 km au-dessus de la Terre lui permet de jouir d'une vue parfaitement dégagée.

La caméra pour objets de faible luminosité (FOC) a été l'une des principales contributions de l'Europe au succès du HST. Durant son séjour de près de 12 années dans l'espace (elle a été remplacée en 2002), elle a réalisé quelque 7000 clichés extrêmement nets de pratiquement toutes les catégories d'objets astronomiques. L'une des grandes qualités de cette caméra est son pouvoir de grossissement très élevé. Elle a été la première à fournir des images montrant des détails de la surface de la lointaine Pluton et des images directes de l'atmosphère d'étoiles géantes comme Bételgeuse ; on lui doit aussi la première image d'un trou noir, la découverte de naines blanches cachées parmi la multitude d'étoiles d'un amas globulaire et des clichés détaillés d'explosions d'étoiles. Le regard perçant de la FOC a également pu pénétrer au cœur de galaxies actives où sont tapis des trous noirs. Cette moisson d'informations va continuer à être analysée au cours des années à venir.



L'ESPACE AU SERVICE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS



Artemis, satellite de la mission de technologie et de relais de données de pointe de l'ESA, a été lancé en 2001 pour pouvoir tester de nouvelles technologies spatiales et de télécommunications qui pourront ensuite être intégrées sans risque sur des satellites commerciaux coûteux. Artemis transmet vers la Terre les données d'autres satellites, relaie des signaux de téléphones mobiles vers des stations sol et diffuse un signal de navigation destiné à améliorer le système GPS. Or, l'une des nouvelles technologies spatiales expérimentées sur le satellite – la propulsion ionique – a subi la mise à l'épreuve la plus rude que l'on ait pu imaginer.

Grâce à ce nouveau mode de propulsion révolutionnaire, le satellite qui avait été injecté sur une orbite trop basse a pu gagner tranquillement son orbite nominale. Avec n'importe quel autre satellite, une telle défaillance aurait eu des conséquences catastrophiques et entraîné la perte de la mission. Mais les spécialistes ont parié sur les nouveaux propulseurs ioniques d'Artemis pour amener progressivement le satellite à destination.

Dans un premier temps, les propulseurs chimiques traditionnels ont consommé la quasi-totalité de leur réserve d'ergols afin de soustraire le satellite à la dangereuse ceinture de radiations de la Terre en l'amenant sur une orbite circulaire plus élevée située à environ 31 000 km d'altitude. Cette orbite étant encore trop basse, il a fallu reprogrammer les propulseurs ioniques pour qu'ils conduisent le satellite sur une trajectoire en spirale lui permettant d'atteindre sa position nominale à 36 000 km. Le principe de ces propulseurs consiste à éjecter à grande vitesse des particules de gaz (du xénon) chargées électriquement. La poussée développée est très faible – guère plus que le poids d'une carte postale – mais appliquée continuellement pendant des mois ou même des années elle peut amener graduellement un satellite à une position qu'il n'aurait jamais atteinte normalement. Artemis a vaillamment gagné 15 kilomètres par jour pendant la plus grande partie de l'année 2002. C'est un peu comme si l'on avait utilisé un moteur de hors-bord pour faire

avancer un paquebot. Bien entendu, des difficultés inattendues ont surgi en cours de route dans la mesure où les propulseurs ont été complètement détournés de leur fonction normale.

Le fait de ne pas être placé sur la bonne orbite n'a cependant pas empêché Artemis d'accomplir sa mission. Chemin faisant, il a commencé à tester certaines des nouvelles technologies de communication installées à son bord. Grâce à sa liaison laser de haute technologie « SILEX », il a relayé vers une station de réception au sol des images du satellite français d'observation de la Terre SPOT-4. Bien qu'évoluant à des vitesses relatives de plusieurs kilomètres par seconde, les deux satellites sont parvenus à pointer leurs faisceaux laser l'un sur l'autre. Or, après 40 000 km dans l'espace, le diamètre de chaque faisceau n'était plus que 300 m. Spot-4 a envoyé ses images sous la forme d'impulsions laser à Artemis qui les a transmises instantanément à une station sol. Cela a été une première mondiale. Habituellement, les satellites d'observation qui gravitent à basse altitude stockent les images dans leur mémoire de bord jusqu'à ce qu'ils arrivent dans la zone de visibilité d'une station sol. Grâce à cette technologie révolutionnaire, Artemis ouvre la voie à de nouvelles applications comme la surveillance en temps réel de zones sinistrées.

Artemis est également en train de tester le bon fonctionnement de sa charge utile de télécommunications mobiles qui sera ensuite utilisée par Eutelsat pour des services commerciaux. Le satellite a commencé à diffuser le signal de navigation alors qu'il survolait le continent africain, peu après être arrivé sur son orbite définitive le 31 janvier 2003. Il a maintenant devant lui dix bonnes années de travail fructueux, une belle perspective pour un « rescapé de l'espace ».



Lancement :

12 juillet 2001 par Ariane-5, de Kourou

Masse :

3105 kg

Durée de vie :

10 ans

Page de gauche : à 40 000 km de distance l'un de l'autre, Artemis et Spot-4 communiquent par faisceau laser. (Vues d'artistes ESA/J. Huart)

Cartouche gauche : cette vue de Lanzarote est la première image jamais transmise par liaison laser entre deux satellites. (CNES/Spot Image/ESA)

LE PLUS GRAND DES PETITS



Dès qu'un satellite arrive en orbite, l'attention se déplace du pas de tir vers le centre de contrôle de la mission d'où sont envoyées les commandes lui indiquant ce qu'il doit faire, par exemple modifier sa trajectoire, photographier telle cible ou exécuter telle manœuvre pour éviter un accident. Si les satellites étaient plus autonomes, on pourrait consacrer beaucoup moins d'efforts et d'argent à ces opérations de contrôle au sol. Proba, petit satellite bon marché, est précisément en train de tester de nouvelles micro-technologies destinées à conférer plus d'autonomie aux satellites.

Premier prototype de ce genre, Proba (Projet for On-Board Autonomy) réalise aussi d'intéressantes observations. Depuis son lancement en tant que passager auxiliaire sur une fusée indienne, il rapporte de spectaculaires images de la Terre. Si les nouvelles technologies testées sur Proba font leurs preuves – ce que les premiers résultats donnent à penser – elles seront intégrées sur des missions plus importantes et plus coûteuses.

Proba dispose de toute la puissance et des équipements informatiques nécessaires pour calculer lui-même sa position avec une très grande précision. Il est également muni d'une liste des cibles qu'il doit photographier. Il est donc capable de déterminer automatiquement à quel moment il survole une cible à photographier et de donner à ses caméras les instructions correspondantes. Tout comme un photographe se déplace autour de son sujet pour le photographier sous différents angles, Proba peut pivoter pour prendre cinq clichés consécutifs d'une même scène. Habituellement, ce sont les contrôleurs au sol qui calculent la position du satellite et lui donnent l'ordre de pointer ses instruments vers la cible voulue.

Pour obtenir un tel degré d'autonomie, il a fallu mener des travaux de développement technologique dans bon nombre de domaines différents, des suiveurs stellaires (destinés à la mesure précise des angles) au GPS (système mondial de localisation), en passant par les nouveaux logiciels permettant à Proba de

prévoir où il se trouvera à un moment précis dans le temps. Grâce à des systèmes miniaturisés conçus pour résister à l'environnement spatial, des tâches habituellement exécutées depuis le sol peuvent désormais être assurées par le satellite.

Malgré son poids plume, Proba est équipé du système informatique le plus sophistiqué qui ait jamais été embarqué sur un satellite de l'Agence. Doté d'une puissance de calcul cinquante fois supérieure à celle de SOHO, l'observatoire solaire de l'ESA, ce système repose sur des processeurs spécialement développés pour les applications spatiales grâce à un financement mixte de l'ESA et de l'Union européenne. L'instrument le plus innovant embarqué sur Proba est CHRIS, un spectromètre imageur compact de haute résolution de 14 kg seulement capable d'observer la même zone de la Terre sous des angles différents et de photographier une superficie de 18,6 km avec une résolution de 18 m. Les prises de vues sont transmises directement à la station sol de l'ESA située à Redu (Belgique), puis envoyées par Internet aux scientifiques de différents pays.

La charge utile de Proba comprend trois autres instruments scientifiques importants : le système standard de surveillance du rayonnement spatial SREM, le détecteur de débris DEBIE et la caméra haute résolution HRC, qui prend des images en noir et blanc de la Terre avec une résolution de 8 m.

Forte du succès de ce premier prototype, l'ESA travaille à présent sur son successeur, Proba-2, qui doit être lancé en 2005 et servira à tester des systèmes encore plus autonomes ainsi que des composants et des instruments encore plus miniaturisés.



Lancement :

22 octobre 2001, par une fusée PSLV, de la base de Sriharikota (Inde).

Masse :

94 kg

Durée de vie :

2 ans

Page de gauche : le volcan Mauna Kea (Hawaï) photographié par Proba.

Cartouche droit : mosaïque de cultures à El Centro, Californie.

GÉRER LES RESSOURCES DE LA PLANÈTE



Il y a trente ans, observant avec un pincement au cœur la minuscule planète bleue et blanche qu'ils avaient laissée derrière eux, les astronautes en orbite autour de la Lune la décrivent comme une oasis dans l'espace. L'humanité pouvait voir pour la première fois la Terre dans sa globalité et prendre conscience de sa fragilité. Depuis cette époque, notre planète est soumise à une surveillance étroite et étudiée sous toutes les coutures, mais de multiples problèmes et énigmes restent à résoudre. Pourquoi la Terre se réchauffe-t-elle et à quel rythme ? Quelles sont les conséquences de ce réchauffement ? Le trou dans la couche d'ozone est-il en expansion ou en régression ? Quelles sont les conséquences des activités humaines sur l'environnement naturel ?

Telles sont quelques-unes des questions auxquelles cherche à répondre Envisat, le plus gros et le plus doué des satellites de surveillance de la Terre qui ait jamais été lancé. Equipé de dix instruments ultra-perfectionnés, ce puissant observatoire est en train d'effectuer un bilan de santé complet de notre planète.

Placé sur une orbite polaire qu'il parcourt en cent minutes, Envisat enregistre les variations qui se produisent au niveau de l'atmosphère, des océans, des terres émergées et de la couverture glaciaire. En comparant ces nouvelles données à celles recueillies pendant les dix dernières années par les deux satellites ERS de l'ESA, on peut déceler des tendances à long terme et appréhender les relations d'interdépendance complexes au sein de notre environnement, ce qui aide à définir les mesures de protection les mieux adaptées.

Envisat nous transmet un flux continu d'informations. L'une des premières images qu'il a livrée, prise par son radar de pointe, est celle du plus spectaculaire effondrement de banquise qui se soit jamais produit dans la péninsule Antarctique : la grande plate-forme de glace Larsen B, d'une épaisseur de 200 m et d'une superficie supérieure au Grand Londres, s'est fragmentée sous ses yeux en une multitude d'icebergs.

L'altimètre radar d'Envisat ausculte la surface terrestre pour mesurer les variations de l'épaisseur des glaces – paramètre essentiel pour comprendre l'élévation globale du niveau des océans – la hauteur des vagues et la vitesse des vents au-dessus des océans. Ces observations peuvent nous aider à mieux comprendre l'évolution des glaces, le réchauffement planétaire et la circulation océanique.

Un autre instrument établit une carte de la répartition du phytoplancton à partir de mesures de la « couleur » des océans. Ces organismes microscopiques absorbant d'énormes quantités de dioxyde de carbone, ils exercent une grande influence sur les concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre. Ce type d'informations est également utile à la gestion des stocks halieutiques car de très nombreux poissons se nourrissent de plancton. Des dizaines d'autres paramètres seront étudiés pendant la durée de la mission d'Envisat : températures de surface des mers, pollution d'origine humaine, concentration d'ozone, érosion des sols et affaissements de terrain, pour n'en citer que quelques-uns.

L'Europe dispose à présent d'un nouvel et puissant outil de surveillance de certains paramètres essentiels régissant l'évolution du climat et de l'environnement de notre planète. Les mesures précises obtenues grâce à cet outil vont faciliter le suivi de l'application de grandes conventions internationales sur l'environnement, comme le Protocole de Kyoto en vertu duquel l'Europe s'est engagée à réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Envisat sera également la « pierre angulaire » de GMES, initiative européenne de surveillance globale pour l'environnement et la sécurité grâce à laquelle les pouvoirs publics, les scientifiques et les industriels vont pouvoir surveiller la pollution et intervenir en cas d'urgence.



Lancement d'Envisat :

Ter mars 2002, par Ariane-5, de la base de Kourou

Masse :

8200 kg

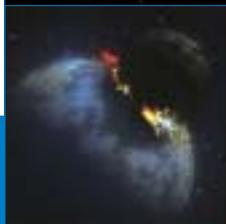
Durée de vie :

5 ans

Page de gauche : la Sicile photographiée par Envisat.

Cartouche droit : Envisat a été témoin de l'effondrement de l'immense banquise Larsen B.

ORIGINES DES PLANÈTES ET VIE DANS L'ESPACE



La Terre n'est pas un monde isolé. Elle fait partie d'un système qui compte neuf planètes, plus d'une centaine de lunes et une infinité d'autres objets plus petits. Tous sont des mondes uniques qui ont leur propre histoire. Certains d'entre eux, comme Vénus et Mars, ont connu une évolution radicalement différente de celle de la Terre. D'autres comme notre Lune et Titan, l'un des satellites de Saturne, sont restées plongées dans le froid pratiquement depuis leur naissance. Etudier ces mondes nous aide à comprendre la place de notre planète dans le Système solaire : quels sont les processus communs à toutes les planètes ou propres à certaines d'entre elles ? Quels sont les facteurs propices au développement de la vie sur Terre ? Existe-t-il ailleurs dans le Système solaire des formes de vie primitive ? Ainsi les récentes découvertes concernant la planète Mars incitent-elles les scientifiques à penser que cette planète pourrait être moins inhospitalière qu'ils ne le pensaient auparavant. Telles sont quelques-unes des questions auxquelles l'ESA cherche à répondre.

L'ESA cherche à comprendre quelles conditions rendent une planète habitable, ce qu'il faut faire pour préserver ces conditions et comment la vie est apparue. La réponse à ces questions se trouve peut-être au cœur des comètes. Ces antiques blocs de glace renferment les éléments chimiques constitutifs de la vie. Au cours de la formation des planètes, les comètes ont ensemencé la Terre et les autres planètes avec certains des éléments indispensables à l'éclosion de la vie. D'où l'importance primordiale de comprendre le rôle joué par les comètes dans la formation des planètes et l'apparition de la vie.

Les missions d'exploration du système solaire de l'ESA participent d'un effort ciblé pour comprendre les relations entre la Terre et les autres planètes et constituent une première étape essentielle vers l'exploration de l'Univers lointain.

SMART-1 Première Etape: la Lune

Une sonde spatiale ne peut pas se ravitailler en cours de route : elle doit donc emporter avec elle tout le carburant nécessaire à son voyage. La petite sonde SMART-1 de l'ESA est en train d'expérimenter un nouveau mode de propulsion qu'il est prévu d'utiliser ensuite dans le cadre de deux importantes missions de longue durée : BepiColombo à destination de Mercure et l'observatoire solaire Solar Orbiter. SMART-1 est la première d'une série de petites missions de recherche sur des technologies de pointe destinées à préparer de futures missions plus ambitieuses.

SMART-1 est équipée d'un moteur ionique dont le principe consiste à charger électriquement les atomes d'un gaz, le xénon, puis à les expulser à très grande vitesse. La poussée ainsi obtenue est faible, mais comme elle peut être délivrée pendant des semaines ou même des années, elle permet de propulser une sonde spatiale jusque dans des régions du Système solaire qu'il serait impossible d'atteindre avec des moteurs conventionnels – qui délivrent une forte poussée mais pendant une brève durée. SMART-1 va pouvoir tester cette technologie pendant son voyage de 16 mois à destination de la Lune, notre plus proche voisine, qu'elle va pouvoir observer de manière inédite à l'aide d'instruments sophistiqués.

Le matériel scientifique embarqué permettra de réaliser l'étude la plus rapprochée et la plus détaillée jamais tentée du relief et de la composition de la surface lunaire. Deux instruments rechercheront la présence de glace d'eau au fond des cratères proches des pôles, là où les rayons du Soleil ne pénètrent jamais. Si de la glace est découverte, les occupants de futures bases lunaires pourront l'utiliser pour produire de l'oxygène et des ergols, ce qui facilitera considérablement les voyages spatiaux. La Lune devient



Lancement de SMART-1 :
27 septembre 2003 par Ariane-5, de Kourou

Masse :
370 kg

Durée de vie :
22 mois

Page de gauche : les instruments miniaturisés de SMART-1 vont pouvoir scruter la Lune de très près.

Cartouche gauche : la Lune est-elle issue d'une énorme collision avec la jeune planète Terre ?

Cartouche droit : le moteur ionique de SMART-1 pendant les essais.

Illustrations : ESA/Medialab

ORIGINES DES PLANÈTES ET VIE DANS L'ESPACE



Lancement de Rosetta :

2 mars 2004 par Ariane-5, de Kourou

Masse :

~3 000 kg

Durée de vie :

~10 ans et demi

Cartouche gauche : L'atterrisseur de Rosetta sur la comète (ESA/Medialab)

Lancement de Mars Express :

2 juin 2003 par un vaisseau Soyouz Frégate, du cosmodrome de Baïkonour

Arrivée sur Mars :

25 décembre 2003

Masse :

1 120 kg (dont poids de l'atterrisseur : 65 kg)

Durée de vie :

Au moins une année martienne (687 jours terrestres) en orbite autour de Mars

Page de gauche : Mars Express se rapprochant de sa cible avec son atterrisseur. (ESA/Medialab)

Cartouche droit : Mars Express a de bonnes chances de découvrir des nappes

d'eau souterraines sur Mars. (ESA/Medialab)

draît ainsi un poste de ravitaillement pour l'exploration du Système solaire. L'étude de la composition de la Lune nous donnera des indications sur son histoire et son origine. Nous ne savons pas pour le moment d'où vient la Lune. Elle pourrait être constituée de débris arrachés à la Terre, après une collision avec une planète de la taille de Mars. Dans cette hypothèse, la proportion de fer par rapport à celle d'éléments plus légers comme l'aluminium devrait être plus faible dans le sol lunaire que sur Terre. SMART-1 pourrait nous fournir cet indice essentiel.

La Lune est un témoin capital des conditions qui régnaient à la naissance de notre planète. Fille de la Terre, elle détient les secrets de nos origines et peut jouer un rôle clé dans l'exploration future du Système solaire.

Rosetta La Machine à Remonter le Temps

L'espace est parsemé de milliards de boules de glace primitives, résidus d'un vaste halo qui entourait autrefois le Soleil et à partir duquel se sont formées les planètes. Nous savons que les comètes sont constituées de molécules organiques complexes riches en carbone, hydrogène, oxygène et azote – or ce sont précisément les constituants des acides nucléiques et aminés, éléments essentiels au développement de la vie. Faut-il en déduire que des comètes sont à l'origine de la vie ? Quel rôle celles-ci ont-elles joué dans la formation des planètes ? C'est pour tenter de répondre à ces interrogations fondamentales que la sonde Rosetta a été envoyée en direction d'une boule de glace qui accomplit en quelques années sa révolution autour du Soleil : la comète Churyumov-Gerasimenko.

Rosetta est probablement la mission spatiale robotisée la plus ambitieuse réalisée à ce jour. Cette mission comporte un orbiteur chargé d'observer le noyau cométaire avec une précision inégalée et un petit atterrisseur qui tentera pour la première fois de se poser sur le sol d'une comète. Tous deux devront surmonter les dangers d'un voyage de plus de dix ans à travers l'espace qui les conduira à près de 800 millions de km du Soleil. A

mesure qu'elle se rapprochera du Soleil, Rosetta décrira des cercles autour de la comète, la regardera sortir de sa période d'hibernation et recueillera des échantillons de ses jets gazeux et de son halo de poussière. L'atterrisseur, de la taille d'une mallette, s'ancrera au noyau de la comète. Pendant plusieurs semaines ou peut-être plusieurs mois, la Terre recevra des images et d'autres informations passionnantes sur la glace qui compose le noyau de la comète et sur sa surface sombre comprenant des matières organiques. A la fin de la mission, en 2015, nous disposerons d'une mine d'informations sur les mystères de la formation des planètes et l'origine de notre propre existence.

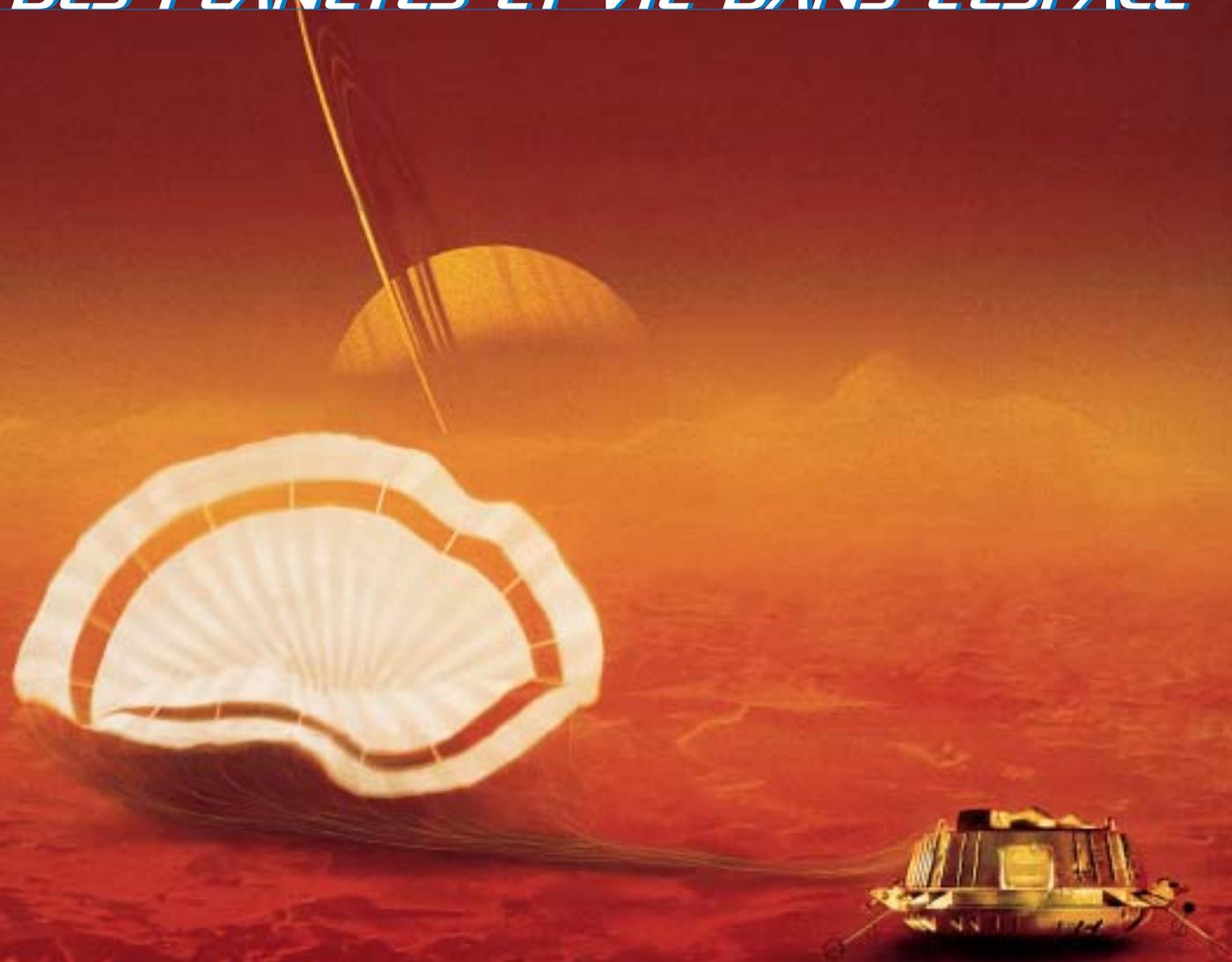
Mars Express Où est Passée l'Eau ?

Mars est aujourd'hui une planète froide et aride entourée d'une fine atmosphère de gaz carbonique, mais son relief nous révèle qu'il n'en a pas toujours été ainsi. De vastes canyons sculptés par de terribles inondations entaillent les plaines de l'hémisphère Nord, tandis que les hauts plateaux du Sud sont entrecoupés d'une multitude de vallées, sans doute creusées par d'anciens fleuves. Autrefois, la planète Mars était probablement chaude et humide. Mais où l'eau est-elle passée ? Mars Express, première sonde européenne à partir à la rencontre d'une planète, va peut-être percer ce mystère.

Les sept instruments embarqués par la sonde vont dresser des cartes détaillées de l'ensemble de la planète pendant leurs deux années de travail en orbite. Ces cartes contribueront à résoudre bon nombre des énigmes qui subsistent à propos de Mars : Pourquoi existe-t-il une telle différence entre les jeunes plaines de l'hémisphère Nord et les hauts plateaux accidentés de l'hémisphère Sud ? Pourquoi trouve-t-on sur Mars les volcans les plus élevés du Système solaire ? Quels processus gouvernent l'atmosphère et le climat martiens ?



ORIGINES DES PLANÈTES ET VIE DANS L'ESPACE



Mais le phénomène le plus captivant est celui de la disparition de l'eau qui coulait autrefois abondamment à la surface de la planète. Chacun des instruments contribuera à la résolution de cette énigme. L'un évaluera la quantité d'eau qui s'est évaporée dans l'espace. Un autre détectera la présence d'eau, de glace et de pergélisol à plusieurs kilomètres de profondeur. Des sondes de la NASA ont récemment trouvé des indices de la présence de grandes quantités de glace d'eau à quelques mètres sous la surface. Mars Express tentera de découvrir quelle quantité d'eau se dissimule à plus grande profondeur. S'il s'avérait que Mars renferme d'importantes nappes aquifères, elle pourrait devenir une destination attrayante pour l'Homme.

Mars Express Sommes-nous Seuls dans l'Univers ?

Plus nous accumulons de connaissances sur notre propre planète, plus il paraît vraisemblable que la vie a pu se développer sur Mars. Ces dernières années, des micro-organismes vivants ont été découverts dans certains des lieux les plus inhospitaliers de notre planète. Il semble que la présence d'eau et d'énergie suffise pour que des formes de vie se développent, même dans les conditions les plus hostiles.

Une fois arrivé à proximité de la planète rouge, Mars Express a largué vers sa surface le petit atterrisseur Beagle-2. Celui-ci n'a malheureusement pas survécu à sa périlleuse descente. L'atterrisseur devait non seulement étudier les environs de son site d'atterrissage, mais aussi fouiller le sol martien à la recherche de traces de vie présente ou passée. Il devait se déplacer sur Isidis Planitia, un bassin plat (peut-être d'origine sédimentaire) situé au Nord de l'équateur martien – précisément le type d'endroit où la vie aurait pu se développer à l'époque où Mars était une planète chaude et humide. Le bras du robot devait recueillir des échantillons et les confier à un mini-laboratoire interne chargé de les analyser. Les processus biologiques que nous connaissons sur Terre privilégient le carbone 12 par rapport au carbone 13, qui est plus lourd. Toute trace d'enrichissement en carbone 12 constituerait donc un indice important en faveur d'une vie

martienne, au moins dans le passé. Si tout avait fonctionné comme prévu, Beagle serait également parti à la recherche de traces de vie actuelle en tentant de détecter la présence de méthane, un gaz qui disparaît assez rapidement en l'absence d'une activité biologique responsable de son émission.

Huygens Comment la Vie est-elle Apparue ?

En janvier 2005, la sonde Huygens de l'ESA s'enfoncera dans l'atmosphère dense et orangée de Titan, le plus gros des trente satellites connus de Saturne et l'un des objets les plus mystérieux du Système solaire. Ce sera comme si l'on remontait 4 milliards d'années en arrière dans l'histoire de notre planète. En effet, la composition chimique de l'atmosphère de Titan serait assez semblable à celle de l'atmosphère primitive de la Terre avant que l'apparition de la vie ne produise l'air que nous respirons aujourd'hui. En étudiant cette soupe chimique, Huygens lèvera peut-être en partie le voile sur nos origines et sur les caractéristiques de cet étrange voisin.

Huygens est transportée par le vaisseau spatial Cassini de la NASA, chargé d'étudier Titan depuis une orbite de Saturne. Cassini et son passager se trouvent déjà entre Jupiter et Saturne et ont entamé la dernière étape de leur périple de sept années. La sonde effectuera des mesures pendant les deux heures trente que durera sa descente à travers un épais brouillard et, avec un peu de chance, pendant les quelques minutes où elle peut espérer survivre à la surface de Titan.

Huygens découvrira un monde dont la taille est légèrement inférieure à celle de Mars. L'atmosphère de Titan se compose pour l'essentiel d'azote, de méthane et d'hydrogène – les principaux constituants de l'atmosphère terrestre à ses débuts, avant l'apparition de l'oxygène produit par les organismes vivants. La pression et la densité sont



Lancement de Huygens :
15 octobre 1997 par Titan-4B, de Cape Canaveral

Arrivée sur Titan :
Janvier 2005

Masse :
~350 kg

Durée de vie :
7 ans (~2h et demi de descente)

Page de gauche : atterrissage de Huygens sur la mystérieuse Titan.

Cartouche gauche : un brouillard chimique masque les secrets de Titan. (NASA)

Cartouche droit : Olympus Mons photographié par Mars Express. D'une altitude de 22 km, c'est le plus haut volcan du Système solaire. (ESA/DLR/FU Berlin, G. Neukum)

ORIGINES DES PLANÈTES ET VIE DANS L'ESPACE



également comparables à ce qui existe sur Terre. Mais l'atmosphère de Titan se caractérise par une température extrêmement basse de -180°C . Et, tandis que sur Terre, l'eau remplit les océans et tombe sous forme de pluie, on suppose qu'il pourrait y avoir sur Titan des pluies et des lacs de méthane et d'éthane liquides. En matière de chimie organique, sa surface pourrait s'apparenter à un véritable laboratoire. En effet, les molécules de méthane présentes dans les couches supérieures de son atmosphère sont cassées par les rayons cosmiques provenant de l'espace et par le rayonnement ultraviolet du Soleil, avant de se transformer en de nouveaux composés chimiques organiques à base de carbone, qui flottent dans l'atmosphère et se déposent à sa surface.

Les six instruments de Huygens, qui fonctionneront pendant toute la durée de sa descente spectaculaire, fourniront des détails sur la composition chimique de l'atmosphère de Titan, sur son climat et ses nuages, et ensuite sur sa surface proprement dite. Huygens n'observera peut-être pas les processus exacts qui ont transformé des composés organiques complexes en organismes vivants, mais il devrait au moins nous permettre de mieux comprendre les phénomènes chimiques qui ont débouché sur l'apparition du vivant.

Venus Express A la Découverte de la Planète-sœur de la Terre

Bien qu'elle soit la planète la plus proche de la Terre, Vénus n'en reste pas moins un mystère. Après avoir été longuement observée pendant quatre décennies par de nombreuses sondes spatiales russes et américaines, ce monde masqué par les nuages refuse toujours de livrer la plupart de ses secrets. D'une taille tout à fait comparable à celle de la Terre, Vénus en diffère considérablement à de nombreux égards, cela pour des raisons qui nous échappent encore. Ainsi, nous ne connaissons pas bien les mécanismes qui sont à l'origine de l'effet de serre et maintiennent sa surface à une température de 460°C , suffisante pour faire fondre du plomb. Son atmosphère écrasante est 90 fois plus dense que celle de la Terre. Mais sa circulation

atmosphérique est le phénomène le plus surprenant : à haute altitude, des vents comparables à de véritables ouragans font le tour de Vénus en seulement quatre jours à une vitesse de 360 km/h , ce qui est extrêmement rapide pour une planète qui effectue une révolution sur elle-même en 243 jours terrestres. Toutefois, à sa surface, l'atmosphère ressemble à un sirop stagnant.

L'explication de ces différences surprenantes entre des planètes sœurs nous permettra de mieux comprendre la météorologie de la Terre et les changements climatiques qui s'y produisent. Malgré ses objectifs ambitieux, Venus Express est un véhicule spatial peu onéreux, dont la construction ne nécessitera que trois années avant son lancement. Cela s'explique par le fait que sa conception s'inspire de celle de Mars Express et que six de ses huit instruments réutilisent des éléments provenant de missions antérieures. Des capteurs de ce type n'ayant jamais été envoyés sur Vénus auparavant, la planète pourra ainsi faire l'objet d'études entièrement nouvelles.

Certains instruments, provenant de Mars Express et de Rosetta, étudieront la composition, la température et la densité de l'atmosphère. Un instrument de conception nouvelle photographiera les atomes à haute énergie qui s'échappent de l'atmosphère. Contrairement à la Terre, Vénus est dépourvue de champ magnétique protecteur, de sorte que le vent puissant de particules atomiques chargées électriquement, qui souffle depuis le Soleil, vient frapper sans interruption les hautes couches de son atmosphère.

Lorsque cette mission a reçu le feu vert définitif fin 2002, il était prévu que des missions de l'ESA seraient envoyées vers la Lune et vers toutes les planètes du Système solaire interne.



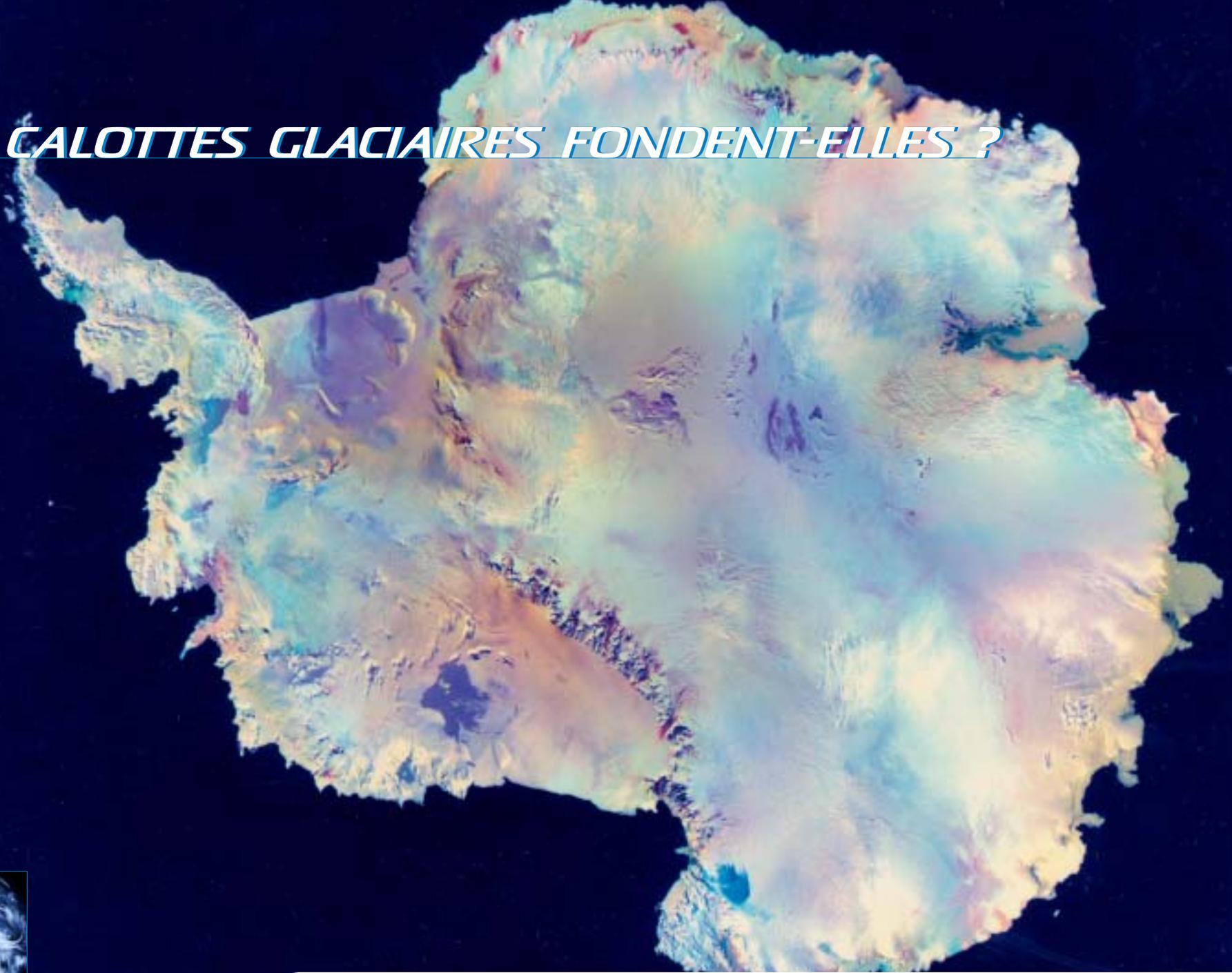
Lancement de Venus Express :
Novembre 2005 par Soyouz Frégate depuis Baïkonour

Masse :
~1200 kg

Durée de vie :
2 ans

Un terrien sortant sur Vénus serait immédiatement empoisonné, écrasé et brûlé. (ESA/Medialab)

LES CALOTTES GLACIAIRES FONDENT-ELLES ?



Au cours des 100 dernières années, le niveau des mers s'est élevé de 18 cm. Dans quelle proportion cette élévation résulte-telle de la fonte des inlandsis de l'Antarctique et du Groenland ? Les mesures effectuées par les satellites ERS, lancés par l'Europe il y a plusieurs années, indiquent que les zones centrales de ces inlandsis résistent bien. Se pourrait-il alors qu'ils fondent par les bords ?

Jusqu'à présent, les techniques spatiales n'ont pas permis de mesurer les changements d'épaisseur des bords des principaux inlandsis, ni des masses de glace moins volumineuses comme les glaciers. Mais tout cela va changer en 2004, lorsque l'ESA lancera CryoSat, la première mission destinée à mesurer les changements d'épaisseur de tous les types de couvertures de glace. Durant les 3,5 années de durée de vie de CryoSat, on devrait ainsi pouvoir étudier de quelle manière l'épaisseur de la glace varie dans les régions polaires, même sur leur pourtour.

L'altimètre de CryoSat mesurera la distance entre le satellite et la surface de la glace. Les variations de distance enregistrées au cours de la mission correspondront à des épaisseurs de glace différentes.

La sensibilité de CryoSat est telle que ce satellite pourra détecter, au niveau des grands inlandsis, des variations d'épaisseur inférieures à sept millimètres par an. En ce qui concerne les glaciers ou le pourtour des grands inlandsis, l'altimètre pourra repérer des variations de 3,3 cm par an. Des mesures aussi précises ne seront possibles que si la position du satellite sur son orbite est connue très précisément, condition requise pour que les instruments embarqués puissent fournir de telles informations.

L'amincissement des inlandsis témoigne des changements climatiques en cours et accélère ces derniers. Il en est de même pour la diminution du volume des glaces de mer. Bien que ce dernier phénomène ne contribue pas à l'élévation du niveau des mers (car ces glaces flottent déjà sur les océans), une réduction

du volume des glaces de mer peut perturber considérablement le climat de l'Arctique, avec des conséquences pour les régions voisines, en particulier celles qui bordent l'Atlantique nord. En effet, en hiver, la couverture constituée par les glaces de mer empêche les courants provenant de l'océan, réchauffés durant l'été précédent, d'atteindre les régions arctiques. Les glaces de mer peuvent ainsi réduire de 10 à 100 fois les échanges thermiques avec la haute mer.

La fonte des glaces de mer a également des répercussions sur la quantité d'eau douce qui s'écoule dans les océans, et par conséquent sur les courants océaniques et sur le climat.

Des mesures antérieures de l'épaisseur des glaces de mer semblent indiquer que celle-ci diminue. Toutefois, il n'est pas possible de tirer des conclusions définitives. En effet, la plupart de ces données résultent de forages dans des glaces flottantes ou proviennent de mesures sonar effectuées par des sous-marins. CryoSat procédera régulièrement à un échantillonnage de 70 % des glaces flottantes, ce qui permettra d'obtenir pour la première fois des mesures exhaustives de l'épaisseur des glaces de mer.

Première mission circonstancielle d'exploration de la Terre du nouveau programme Planète vivante de l'ESA, CryoSat est une mission de petite taille qui a été conçue dans des délais rapides pour un coût relativement faible, de manière à apporter une réponse à un problème environnemental urgent.

Lancement :

Novembre 2004 par une fusée Rockot depuis Plessetsk (Russie)

Masse :

~740 kg

Durée de vie :

3 ans et demi

L'Antarctique vu de l'espace. (NASA/NOAA/NRSC)



VIVRE DANS L'ESPACE



ASTRONAUTS

Les astronautes européens écrivent l'histoire de l'espace

Au moment où le monde entier était bouche bée devant les exploits de Neil Armstrong et des autres astronautes d'Apollo marchant sur la Lune, la NASA invitait l'Europe à participer à un programme post-Apollo. Ce qui a débouché sur le Spacelab et sur la sélection des premiers astronautes de l'ESA en 1978.

Les premiers astronautes européens ont été l'allemand Ulf Merbold, le néerlandais Wubbo Ockels et le suisse Claude Nicollier. Depuis le premier vol de Merbold en 1983, 42 missions spatiales ont été accomplies par 29 astronautes de l'ESA et de ses États membres, ce qui donne à l'Europe plusieurs années d'expérience très précieuse dans le domaine des vols spatiaux. Dans leur grande majorité, les autres missions prévues pour la prochaine décennie prévoient des séjours à bord de la Station spatiale internationale (ISS).

Aujourd'hui, le Corps des astronautes européens comporte 15 membres, citoyens de l'Allemagne, de la France, de la Belgique, des Pays-Bas, de la Suède, de la Suisse, de l'Espagne et de l'Italie. Chacun d'entre eux a été en concurrence avec des milliers de candidats souhaitant rejoindre cette véritable élite d'explorateurs de l'espace et chacun apporte au programme ses talents et ses compétences propres.

Les membres de ce Corps sont, pour environ la moitié d'entre eux, des pilotes qui ont débuté leur carrière dans l'armée de l'air. Ces pilotes-astronautes ont une formation en sciences aérospatiales ou en ingénierie. Les autres possèdent une expérience scientifique importante, généralement en physique. Tous ont mené des recherches de pointe au niveau universitaire.

Quelques-uns ont un double profil professionnel. Ainsi, Claude Nicollier, l'astronaute de l'ESA qui a volé le plus souvent, est à la fois un pilote très expérimenté et un astrophysicien. Sur ses quatre séjours en orbite, deux ont été consacrés à la remise en état du télescope spatial Hubble.

Les activités initiales d'entraînement des équipages se déroulent pour l'essentiel au Centre des Astronautes européens, situé à Cologne (Allemagne). Des compétences supplémentaires sont acquises au cours de longues périodes de formation aux États-Unis ou en Russie. Certains astronautes ont appris à utiliser le bras robotisé de la Navette spatiale, qui permet de manœuvrer les satellites et les modules de fret et de guider les astronautes lors de leurs sorties dans l'espace. D'autres sont qualifiés pour voler à bord du véhicule russe Soyouz qui assure la desserte de l'ISS, certains sont même habilités à le piloter.

Les missions de longue durée à bord de la Station bénéficient de l'expérience que Thomas Reiter, Jean-Pierre Haigneré et Ulf Merbold ont acquise au cours de leurs longs séjours sur la vénérable station russe Mir. Certains astronautes ont également vécu l'expérience exceptionnelle et excitante des activités extra-véhiculaires, lesquelles consistent à travailler à l'extérieur de la Station tout en volant autour de la Terre à une vitesse de 28 000 km/h : compétence essentielle qui permettra d'exploiter au maximum les capacités de la Station au cours des prochaines années.

L'ESA étant l'un des cinq partenaires au programme ISS, les astronautes européens auront de nombreuses occasions de poursuivre des recherches scientifiques de pointe en orbite, notamment après le lancement du laboratoire Columbus en 2006. Pendant au moins 10 ans, les astronautes pourront effectuer des centaines d'expériences concernant par exemple l'étude des effets de l'impesanteur sur les organismes animaux et humains, et travailler à l'élaboration de nouveaux matériaux et médicaments.



Page de gauche : Claude Nicollier au travail dans l'espace. (NASA)

Cartouche gauche : le Corps des astronautes européens.

Cartouche droit : Roberto Vittori flotte dans la Station spatiale. (NASA)

L'EUROPE ET L'ISS



En ce moment, à 400 km au-dessus de nos têtes, la Station spatiale internationale (ISS) – le projet spatial le plus important et le plus ambitieux jamais conçu à ce jour – est en train de prendre forme. Dans le cadre de cette entreprise internationale sans précédent, quinze États procèdent à l'assemblage de cette structure de 450 tonnes. L'ESA en est un partenaire essentiel.

L'assemblage de la Station spatiale a débuté en novembre 1998 et ses premiers occupants pour de longs séjours sont arrivés en décembre 2000. Après avoir régulièrement effectué des visites durant sa phase de construction, les astronautes européens assumeront des responsabilités dévolues aux équipages dès que la Station sera pleinement opérationnelle.

L'une des principales raisons de la construction de cette structure géante de 100 m de long est la possibilité de mener des recherches scientifiques de pointe. Lorsqu'elle sera achevée, la Station comportera jusqu'à six laboratoires scientifiques, dont la plus importante contribution spécifiquement européenne : le module de recherche Columbus. À l'instar de Christophe Colomb, auquel il doit son nom, ce laboratoire entreprendra un long périple d'exploration et de découvertes.

Ce cylindre de 4,2 m de diamètre et de 6,7 m de long donnera une impulsion considérable aux capacités de recherche de la Station. Durant ses dix années de vie prévisionnelle, des chercheurs au sol – secondés par l'équipage – pourront conduire des milliers d'expériences.

Ce laboratoire spacieux comporte un ensemble complet d'installations scientifiques. Dix bâtis standard, chacun de la taille d'une cabine téléphonique, sont encastrés dans ses quatre parois. Chaque bâti peut accueillir un laboratoire miniature, doté d'une alimentation électrique, d'un système de refroidissement ainsi que de liaisons vidéo et de données avec les chercheurs sur Terre. L'ESA en fabrique actuellement une série, tous conçus pour exploiter au maximum le volume

disponible à des fins scientifiques. Ils offriront aux scientifiques européens la possibilité de travailler dans un environnement affranchi des lois de la pesanteur, qui ne peut être reproduit sur Terre.

Biolab, par exemple, permet de faire des expériences sur des micro-organismes, des cultures de cellules et de tissus, et même sur des plantes et des animaux de petite taille. Un autre bâti accueille les modules de physiologie européens, ensemble d'expériences destinées à étudier la manière dont l'organisme humain se comporte en l'absence de gravité. Sur Terre, de telles recherches pourraient déboucher sur de meilleurs traitements de divers maux, dont la décalcification osseuse liée au vieillissement. Pour des expériences plus modestes nécessitant moins de temps en orbite, l'ESA est en train de fabriquer le bâti à tiroirs européen, grâce auquel il sera possible d'exécuter en même temps jusqu'à huit expériences facilement substituables les unes aux autres.

A l'extérieur de sa coquille protectrice, Columbus est équipé de plates-formes sur lesquelles il est possible d'installer des expériences exposées au vide spatial. Au nombre de ces expériences figurent l'étude de la survie de bactéries dans les conditions extrêmes de l'espace, un nouveau type d'horloge atomique, ainsi que des télescopes pour l'étude du Soleil, des étoiles et des galaxies.

Grâce aux télécommunications à large bande, des centaines voire des milliers de scientifiques conduiront des recherches à bord de Columbus comme s'ils s'y trouvaient véritablement. Dans toute l'Europe, des chercheurs pourront contrôler directement leurs expériences, ce qui sera presque aussi exaltant que d'être astronaute !

L'ESA a tiré pleinement parti d'un

Lancement de Columbus :
2006 (par la Navette spatiale)

Masse au lancement :
**12 800 kg (charge utile 2500 kg) ;
maximum de 19 800 kg en orbite**

Durée de vie :
10 ans

Cartouche gauche : Claudie Haigneré travaillant à bord de l'ISS. (NASA/ESA)
Page de gauche : ESA/D. Ducros ; cartouche droit NASA



ensemble d'accords passés avec les autres partenaires à l'ISS en ce qui concerne les échanges de biens et de services ayant trait à la Station, ce qui lui permet d'attribuer à l'industrie européenne des travaux supplémentaires pour un montant supérieur à 300 millions d'euros.

Dans le cadre de ces accords de compensation, l'ESA fournit à la Russie le système de gestion de données de son module principal Zvezda, qui constitue un élément essentiel du « cerveau » de la Station depuis son lancement en juillet 2000. En contrepartie, la Russie fournit deux systèmes d'amarrage destinés au véhicule de transfert automatique (ATV) de l'Europe.

Afin que les utilisateurs européens puissent avoir accès à la Station avant le lancement de Columbus, l'ESA a négocié avec la NASA la mise à disposition d'un volume destiné à des expériences sur le laboratoire américain Destiny (en orbite depuis début 2001), ainsi que des vols pour des astronautes européens.

En échange, l'industrie européenne fabrique l'équipement de soutien de laboratoire, lequel comprend la boîte à gants pour la recherche en microgravité, désormais installée à bord de Destiny et qui permet aux astronautes d'exécuter une large gamme d'expériences concernant les matériaux, la combustion, les fluides et les biotechnologies.

Plutôt que de verser de l'argent à la NASA pour couvrir les coûts du lancement de Columbus à bord de la Navette spatiale, l'ESA a préféré développer un ensemble d'éléments destinés à la Station, ainsi que des services et des équipements de laboratoire à la pointe de la technologie.

Les compétences et technologies européennes sont ainsi mises à profit pour réaliser deux éléments de jonction qui permettent de relier des modules de laboratoire et d'habitation de l'ISS. L'élément de jonction n° 2, qui connectera entre eux Destiny,

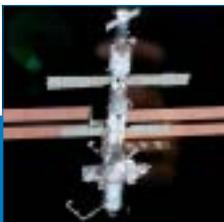
Columbus, le module d'installation de centrifugeuse et le module de recherche japonais Kibo, a été livré à la NASA en 2003 ; l'élément de jonction n° 3 devrait suivre en 2006.

La coupole en forme de dôme – poste d'observation vitré d'où l'équipage aura une vue panoramique sur l'espace et pourra surveiller la manipulation des équipements – est fournie à la NASA, en contrepartie de l'envoi à bord de la Navette (et du retour sur Terre) de cinq charges utiles européennes qui seront installées à l'extérieur de l'ISS.

En outre, l'ESA a fourni à la NASA un avion de transport Super Guppy, qui était utilisé par Airbus Industries, et a reçu en retour la possibilité d'emporter 450 kg de charges utiles sur des vols de Navette à destination de la Station.

L'ESA a également conclu de nombreux accords de coopération avec les partenaires à la Station, ce qui se traduira là encore par des activités de développement confiées à l'industrie européenne. Ainsi, le bras télémanipulateur européen (ERA) permettra d'exploiter des charges utiles sur une plate-forme russe externe qui sera déployée ultérieurement, et la coopération avec la NASA en ce qui concerne le véhicule X-38 devrait anticiper les activités relatives au véhicule de retour de l'équipage (CRV).

Ces accords de compensation ont réduit de manière significative les coûts globaux à la charge des participants à la Station et ont favorisé l'esprit de partenariat au sein de ce programme international. Mais ils constituent surtout un moyen très pratique de mener des coopérations étroites sans échange de fonds.



Pourquoi utiliser l'ISS pour des recherches ?

Les modules-laboratoires de la Station, ses différentes installations de recherche, ses nombreux instruments et équipements de laboratoire permettent de conduire des activités de recherche fondamentale et appliquée dans l'espace dans les domaines de la physique, de la chimie, de la biologie, des biotechnologies et de la médecine. Les plates-formes externes, orientées vers la Terre ou vers l'espace lointain, accueilleront des charges utiles de science spatiale et d'observation de la Terre, et permettront de tester de nouvelles technologies et de nouveaux produits dans un environnement spatial hostile.

Pour comprendre en quoi l'ISS et les conditions de microgravité qui y règnent sont intéressantes pour la recherche, il est judicieux de rappeler quels sont les effets de la gravité sur notre existence. La gravité façonne notre monde : elle a permis l'apparition et l'évolution de la vie, elle a déterminé la forme et la composition de nos organismes ainsi que notre manière de nous mouvoir. Elle influence fortement le comportement des matériaux, en particulier celui des fluides, en ayant des effets sur leur mouvement thermique, leur masse et leurs caractéristiques chimiques.

La gravité est à l'origine de nombreux phénomènes fondamentaux comme la sédimentation et la flottabilité, la convection dans les liquides et les gaz, ou la pression hydrostatique. On en trouve de multiples exemples dans la nature. Ainsi, les végétaux déterminent la direction de leur croissance en fonction de la sédimentation gravitationnelle de certaines particules à haute densité présentes dans leurs cellules.

Ces effets, quasiment inexistant dans les conditions d'impesanceur de la Station spatiale, jouent sur Terre un rôle important (souvent indésirable) dans les processus physiques, biologiques et physiologiques. La gravité exerce une influence notable sur les « briques » des systèmes vivants et sur les forces faibles qui lient entre elles les grosses molécules.

Grâce aux centrifugeuses installées sur l'ISS, les scientifiques pourront « contrôler » la gravité et mieux comprendre ces effets fondamentaux, ce qui permettra également d'élaborer de nouveaux produits et technologies et d'améliorer certains procédés de fabrication. Il sera ainsi possible d'effectuer des recherches concernant le comportement de grandes flammes d'intensité constante (lesquelles ne peuvent exister qu'en l'absence de flux de convection induits par la gravité), l'influence de la gravité sur la division des cellules et le développement de tissus d'embryon ou de plante, ou encore le traitement de liquides et de matières fondues en suspension afin d'éviter leur contamination par des impuretés provenant des parois de conteneurs.

Ces expériences seront exécutées dans les différentes installations à utilisateurs multiples, équipées de connexions et de services standardisés. L'Europe offre en particulier l'accès au laboratoire de science des fluides, au Biolab, aux modules de physiologie européens, au laboratoire de science des matériaux et au bâti à tiroirs européen (EDR). Ce dernier recevra des modules pour des expériences autonomes dans divers domaines.

Compte tenu de son large éventail d'activités scientifiques, de sa grande visibilité auprès du public et du fait que les astronautes peuvent exercer un rôle d'enseignants, l'ISS constitue également une plate-forme idéale pour mener des activités éducatives dans l'espace.

La « marque ISS », qui correspond à des recherches et des innovations scientifiques de haute qualité au service de l'ensemble de l'humanité, offre des possibilités de parrainage, de publicité et de promotion de produits.



LIVRAISONS A DOMICILE



La Station spatiale internationale (ISS) est comparable à une île flottant dans l'espace. Tout ce dont cette structure géante et ses habitants ont besoin doit être livré depuis la Terre : air, nourriture, eau, carburant, pièces détachées et équipements scientifiques. Or l'approvisionnement de l'ISS n'est pas une tâche aisée, car elle tourne autour de la Terre à une altitude de 400 km. Il faut construire et envoyer régulièrement plusieurs fois par an des véhicules spécialisés, capables d'emporter des tonnes de cargaisons de natures différentes.

Aujourd'hui, des petits vaisseaux-cargos russes automatisés Progress et des modules réutilisables logés à l'intérieur de la Navette spatiale américaine suffisent à répondre à presque tous les besoins de la Station. Toutefois, lorsque la Station passera de trois à six (voire sept) occupants et que le temps consacré aux recherches scientifiques s'accroîtra, de plus en plus d'équipements et de fournitures seront nécessaires. Le véhicule de transfert automatique (ATV) de l'ESA pourra alors jouer un rôle essentiel.

L'ATV servira principalement à livrer à la Station jusqu'à 7,5 tonnes de cargaison à chaque voyage. Lancé par une fusée européenne Ariane-5 depuis Kourou en Guyane, l'ATV sera d'abord placé sur une orbite de 300 km au-dessus de la Terre. Après la séparation avec Ariane-5, ses quatre panneaux solaires en forme de X se déploieront pour fournir de l'électricité, tandis que son système de navigation embarqué commencera à mettre le cap vers la Station. Après trois jours, guidé par des lasers, l'ATV s'approchera de sa cible à très faible vitesse, avant de s'y amarrer automatiquement. Si son ordinateur ou les astronautes constatent le moindre problème au cours de l'approche finale, ils pourront lui donner l'ordre de reculer. En effet, l'interconnexion de deux véhicules spatiaux pesant plusieurs centaines de tonnes et se déplaçant à 28 000 km/h n'est pas une mince affaire !

Le manifeste variera selon chaque mission. Il pourra inclure jusqu'à 5,5 tonnes de cargaison sèche stockée dans des bûts

à l'intérieur du compartiment pressurisé. Les astronautes y flotteront alors simplement afin de décharger les précieuses livraisons, dont des aliments frais, du courrier et des enregistrements vidéo envoyés par les familles. Parmi les autres produits indispensables, il y aura aussi de l'eau (840 kg au maximum), de l'air (100 kg au maximum) et des ergols. Du carburant sera injecté dans les réservoirs de la Station pour contrôler son attitude et corriger son orbite. Mais la plus grande partie – jusqu'à 4,7 tonnes – sera brûlée par les propres moteurs-fusées de l'ATV afin de relever l'orbite de la Station, de façon à contrecarrer la traînée atmosphérique. En effet, à cette altitude, l'air est très ténu mais encore suffisamment dense pour abaisser l'orbite de la Station de 2 km par semaine.

Après environ 6 mois, l'ATV sera transformé en véhicule d'évacuation des déchets de l'ISS. Chargé de quelque 6,5 tonnes de déchets, il se séparera alors de la Station, allumera ses moteurs et se précipitera vers la Terre avant de se consumer au contact de son atmosphère.

En fonction de la durée de vie opérationnelle de la Station, l'ESA construira environ sept ATV. Le premier, dénommé Jules Verne en l'honneur de l'écrivain visionnaire du XIXe siècle, volera en 2005. Les autres suivront chaque année ou presque.

Premier lancement :

2005 par une Ariane-5 lancée depuis Kourou

Masse :

20 750 kg (7500 kg de cargaison)

Durée de vie :

Jusqu'à 6 mois

Cartouche gauche : déchargement des précieuses cargaisons.

Cartouche droite : une fois sa mission accomplie, l'ATV se consume dans l'atmosphère.

Ensemble des illustrations ESA/D. Ducros



LOCALISATION ET GUIDAGE PAR SATELLITES



46

GALILEO Va améliorer notre vie quotidienne

Dans le monde entier, les avions et les navires sont déjà largement tributaires de la navigation par satellite. Or, il n'existe à ce jour qu'un seul système de ce type qui puisse être utilisé pour des applications civiles. Mais cela va changer lorsque le système européen Galileo indépendant va entrer en service. Plus précis et plus fiable que le système actuel mondial de localisation (GPS) de l'armée américaine, Galileo ouvrira la voie à une multitude de nouveaux services commerciaux, comme la gestion du trafic, l'amélioration de l'utilisation des sols et une plus grande sécurité, pour n'en citer que quelques-uns. Pour l'Europe, les retombées commerciales pourraient être énormes et représenter chaque année de l'ordre de 10 milliards d'euros sous forme d'équipements et de services, en plus de la création de 100 000 emplois hautement qualifiés.

Galileo se composera de 30 satellites régulièrement espacés sur trois orbites circulaires à une altitude de 24 000 km, ainsi que d'un réseau mondial de stations sol. Les lancements de satellites commenceront en 2005 et le système devrait être pleinement opérationnel en 2008. N'importe où sur Terre, toute personne disposant d'un petit récepteur de poche pourra capter des signaux provenant d'au moins trois satellites et déterminer ainsi sa position à quelques mètres près. Les utilisateurs pourront également synchroniser leurs montres avec les horloges atomiques – parmi les plus précises au monde – installées sur les satellites. L'horodatation homologuée des milliards de transactions bancaires électroniques effectuées chaque jour permettra de réduire les activités illégales.

La constellation de satellites et le réseau sol, en cours de réalisation, permettront d'obtenir une localisation plus précise qu'avec le GPS, notamment dans des régions comme l'Europe du nord où la couverture GPS est incomplète. La fiabilité et la précision de Galileo seront notamment mises à profit pour des applications vitales en matière de sécurité et pour lesquelles il n'existe aucune marge d'erreur possible, comme l'atterrissage d'avions ou la navigation sur des routes maritimes très

fréquentées. Contrairement au GPS élaboré pour l'armée américaine et géré par celle-ci, le fait que Galileo soit contrôlé par une autorité civile signifie que le système ne pourra être mis hors tension qu'en cas d'extrême urgence.

Offrant plusieurs niveaux de service, Galileo répondra aux besoins de différents types de clients. Le « service en libre accès » sera gratuit pour tout le monde, tandis que le « service commercial » sera crypté et payant. On estime que les fournisseurs commerciaux développeront de nombreuses applications nouvelles. Peut-être pourrions-nous alors demander au récepteur embarqué sur notre voiture de nous diriger vers le cinéma le plus proche où est joué tel ou tel film. Autre exemple : afin de pouvoir faire face aux situations de crise avec plus d'efficacité, les services de police et autres services d'urgence doivent à tout moment savoir où sont déployées leurs forces. Des balises de secours actionnées depuis n'importe quel point du globe pourront être localisées presque immédiatement, à quelques mètres près, ce qui alertera automatiquement les autorités concernées.

Le coût de Galileo équivaut à celui de la construction de 150 km d'autoroute en zone semi-urbaine. Chaque euro dépensé pour Galileo devrait en principe générer un retour sur investissement de plus de quatre euros au cours des 20 prochaines années. Les bénéfices potentiels sont si importants que l'ESA et l'Union européenne ont officiellement approuvé le projet en 2002. Une Entreprise commune encourage la participation du public comme du privé ; le secteur privé prenant à sa charge la plus grande partie du financement des satellites, avant d'exploiter le système dès que celui-ci sera complet.

Il se pourrait tout à fait qu'à l'horizon 2010, la navigation par satellite joue dans notre vie quotidienne un rôle aussi important que celui des téléphones mobiles ou d'Internet.



Lancement :

30 satellites entre 2005 et 2008

Masse :

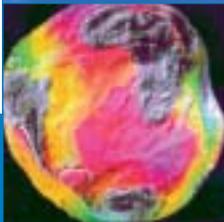
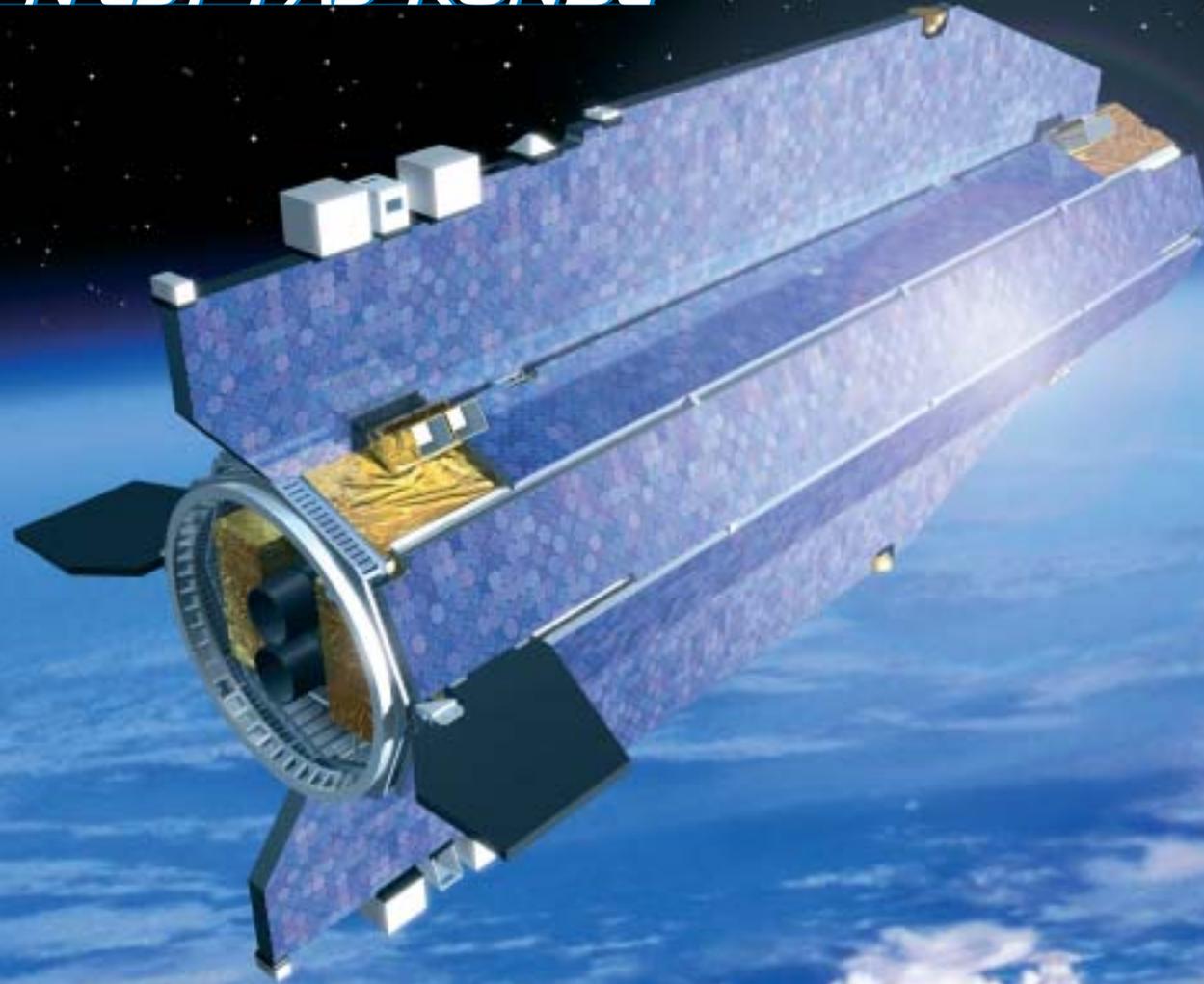
650 kg

Durée de vie :

15 ans pour chaque satellite

Illustrations ESA/J. Huart

LA TERRE N'EST PAS RONDE



En principe, l'altitude d'une montagne désigne son altitude par rapport au niveau de la mer. Or, le « niveau de la mer » n'est pas identique partout ni en tout temps. Comment pouvons-nous donc être certains que des altitudes mesurées à différents endroits et à différents moments sont bien les mêmes ? Et comment, dans ces conditions, sans point de référence standard, suivre les changements qui surviennent sur Terre ?

Pour régler ce problème, l'ESA va lancer la Mission Gravité et circulation océanique en régime stable (Mission GOCE). GOCE mesurera la gravité de la Terre avec une précision sans précédent, en prenant comme unité de mesure des parcelles de 100 kilomètres carrés au sol. La gravité locale étant subordonnée à la forme et à la composition de la croûte et du manteau terrestres, ces mesures apporteront une moisson d'informations nouvelles concernant les structures géologiques qui se trouvent sous nos pieds.

Et ce n'est pas tout. Si la Terre était recouverte en totalité par un océan entièrement calme, sa surface ne serait pas pour autant parfaitement lisse et régulière. Les irrégularités de son champ gravitationnel créeraient des sortes de vallées et de collines, la dépression la plus forte se trouverait à environ 200 m en dessous du pic le plus élevé. La forme de la surface de cet océan imaginaire, qui est appelée « géoïde », constitue une référence beaucoup plus précise pour mesurer les altitudes que le niveau réel de la mer qui change constamment. En soi, ce concept n'est pas nouveau, mais GOCE mesurera la forme du géoïde avec une précision d'1 cm. Une telle précision est en effet requise pour mesurer les modifications du niveau des mers, la circulation océanique ou le mouvement des glaces.

Pour prendre des mesures aussi précises, GOCE doit connaître très exactement sa propre position et ses mouvements dans l'espace. Ce satellite a une forme symétrique et ne comporte aucune partie mobile, ce qui l'empêchera d'osciller sur lui-même. Il mesurera avec précision sa position dans l'espace en

s'appuyant sur les données fournies par les satellites du GPS (Système mondial de localisation) et en réfléchissant un faisceau laser vers une station sol. Mais comment fera-t-il pour mesurer la gravité ? GOCE possède trois jeux de balances (ressemblant à des balances traditionnelles), dont chacune est dotée de poids aux extrémités de ses bras de 50 cm de long. Lorsque la gravité est uniforme, l'action qui s'exerce sur les poids est identique. Dans le cas contraire, un plateau de la balance s'incline et GOCE mesure très précisément l'infime différence constatée.

Plus important encore, GOCE révélera la manière dont les courants circulent dans les couches profondes de l'océan. En comparant l'altitude réelle du niveau des mers avec le géoïde, il sera possible de connaître la circulation des courants en profondeur. La circulation des eaux chaudes et des eaux froides dans les océans constitue le principal mode d'échanges thermiques autour de la planète et détermine les conditions climatiques qui y règnent. GOCE dévoilera également la forme de la surface de la Terre sous les inlandsis polaires, ce qui livrera des informations sur l'épaisseur et la forme de la couverture glaciaire en tant que telle. Ce géoïde d'une précision inégalée permettra de mesurer, à l'échelle du globe, les modifications du niveau des mers, lesquelles sont l'une des manifestations les plus spectaculaires des changements climatiques en cours.

GOCE est la première mission de base d'exploration de la Terre du programme Planète vivante de l'ESA, qui fera de l'Europe une autorité de tout premier plan pour les questions d'environnement à l'échelle de la planète. Ces missions de base constituent une réponse directe à des préoccupations des citoyens dans tel ou tel domaine et sont sélectionnées à l'issue d'une vaste consultation de la communauté scientifique. GOCE est à l'évidence une priorité majeure pour les spécialistes européens des questions environnementales et spatiales

Lancement :

Février 2006

Masse :

1200 kg

Durée de vie :

20 mois

Cartouche gauche : vue agrandie des protubérances du champ gravitationnel de la Terre.

Autres illustrations ESA/P. Carril



UN NOUVEAU LANCEUR



De manière générale, les satellites voient leur taille et leur masse s'accroître continuellement, ce qui impose aux lanceurs de suivre la même évolution. Mais la tendance inverse existe également. En effet, la taille des satellites remplissant certains types de missions, comme l'observation de la Terre et des études scientifiques, diminue. Ceci est principalement dû aux progrès technologiques, qui permettent de mettre au point des instruments scientifiques et des systèmes satellitaires plus compacts, et à la nécessité de réduire les coûts.

Le lancement d'un satellite de petite taille par un lanceur lourd comme Ariane-5 peut poser problème : le lancement d'un seul satellite coûtant trop cher, il faut alors attendre un partenaire qui souhaite lancer un grand satellite ou plusieurs petits vers des destinations identiques. Mais il est également possible de se tourner vers un petit lanceur. Or, l'Europe n'en possède pas actuellement. Pour combler cette lacune, l'ESA est en train de développer Vega, un lanceur de petite taille capable de placer sur des orbites très variées des satellites pesant entre 300 et 2500 kg au maximum.

C'est l'Italie qui, la première, a proposé en 1998 de mettre au point un petit lanceur européen. A l'heure actuelle, sept pays participent à ce projet sous la direction de l'ESA. Afin de réduire les coûts et d'optimiser l'efficacité, Vega réutilise autant que faire se peut les technologies existantes développées pour Ariane-5. Cependant, un nouveau moteur hautes performances, destiné spécifiquement à Vega et utilisant du propergol solide, est en cours de mise au point. Ce nouveau moteur devrait à son tour servir à une version améliorée d'Ariane-5 et lui permettre de lancer des satellites de taille encore supérieure.

Vega mettra en orbite des satellites destinés à une très large palette d'applications, à des altitudes variant entre 300 km et 1500 km. Le site de lancement sera Kourou, en Guyane, très proche de l'équateur. Un satellite type d'observation de la Terre, pesant 1500 kg, doit être mis en orbite à une altitude de

700 km et survoler les pôles de la Terre. Vega est capable de répondre à ces impératifs. Il lancera également les petits satellites SMART que l'Agence met au point pour tester de nouvelles technologies avant de les appliquer à de coûteuses missions scientifiques.

En ce qui concerne les communications, les petits satellites en orbite basse, constituant des constellations destinées à transmettre des données ou à réaliser des enregistrements puis des retransmissions d'informations, ne pèsent généralement que quelques centaines de kilogrammes. Vega pourra en lancer deux ou trois à la fois. Il pourra aussi permettre de remplacer rapidement un satellite de télécommunication défaillant dans une constellation.

Vega devrait commencer par lancer trois à quatre satellites par an, chiffre qui passera à cinq ou six lorsque le service aura atteint son régime de croisière. A l'instar de la famille Ariane, Vega sera commercialisé par une entreprise privée comme Arianespace lorsque la production régulière débutera. Ce lanceur devrait attirer des clients en proposant des coûts de lancement inférieurs d'au moins 15 % à ceux de ses concurrents.

Lancement

Premier vol depuis Kourou en 2006

Masse

132 t au décollage

Illustrations : ESA/J.Huart



SENTIR L'HUMIDITÉ ET LA SALINITÉ DE LA TERRE



Notre climat et notre météorologie dépendent pour une grande part des échanges thermiques et d'eau entre les terres émergées, les océans et l'atmosphère. Des nuages provient la pluie, qui se déverse sur les sols où elle alimente les plantes et les animaux, puis rejoint les fleuves et les océans et finit par s'évaporer pour retourner dans l'atmosphère. Bien que la quantité d'humidité présente dans les sols soit un élément essentiel à connaître, elle n'a été mesurée que sur une partie de notre planète.

Cette situation est sur le point de changer grâce au lancement de SMOS, satellite destiné à étudier l'humidité des sols et la salinité des océans. Les nouvelles données essentielles qu'il fournira seront prises en compte dans les paramètres climatiques et contribueront grandement à une meilleure compréhension des changements affectant le climat.

SMOS mesurera les hyperfréquences émises naturellement à la surface de la Terre. Lorsque l'eau est en contact avec le sol, des hyperfréquences spécifiques particulièrement puissantes sont émises ; SMOS pourra ainsi mesurer l'humidité contenue dans le sol sur une épaisseur de quelques centimètres.

Au-dessus des océans, des mesures identiques mettront en évidence la salinité de l'eau, élément tout aussi important pour la compréhension du climat et de la météorologie. Par exemple, la salinité des eaux de surface s'accroît lorsque l'eau s'évapore dans l'atmosphère, mais chute suite à de nouveaux apports en eau, qu'ils soient dus à la pluie, aux courants océaniques ou aux fleuves. Une eau très salée est plus dense, ce qui explique que la salinité influe sur les déplacements des masses d'eau entre la surface et les profondeurs. Ce phénomène très puissant, à l'origine des courants marins, provoque non seulement des déplacements d'eau mais aussi de chaleur, à l'échelle du globe. Le Gulf Stream réchauffe l'Europe pendant l'hiver en transportant depuis les Caraïbes des eaux de surface chaudes. En se dirigeant vers le nord, l'eau se refroidit et devient plus salée en

raison de l'évaporation qui se produit. Lorsqu'elle atteint une certaine densité, elle s'enfonce et retourne dans les profondeurs jusqu'à l'équateur où elle se réchauffe de nouveau, devient moins saline et remonte à la surface.

La salinité joue également sur la capacité des océans à absorber le dioxyde de carbone, l'un des gaz à effet de serre. Comme nous disposons de peu d'informations sur la salinité des océans, il est difficile de prévoir, par des calculs informatiques, le courant El Niño, phénomène météorologique extrême qui se produit dans le Pacifique lorsque des masses d'eau chaude viennent recouvrir les eaux froides au large des côtes du Pérou. El Niño provoque des inondations catastrophiques sur le continent américain et des sécheresses sur l'autre rive du Pacifique.

Tous les trois jours, SMOS mesurera avec une grande précision l'humidité des sols pour l'ensemble de la planète, en « découpant » les terres émergées en carrés de 50 x 50 km. Les changements de salinité étant plus lents, les mesures seront réalisées au moins une fois par mois, les océans étant quant à eux « découpés » en carrés de 200 x 200 km.

SMOS, seconde mission circonstancielle d'observation de la Terre du programme Planète vivante de l'ESA, s'appuie sur un satellite assez petit, peu onéreux, qui fait néanmoins appel à des technologies de pointe, provenant de techniques développées à l'origine pour la radio-astronomie, afin de mesurer le rayonnement hyperfréquence de la Terre. Comme pour les autres missions circonstancielles d'observation de la Terre, sa mise au point est rapide, car elle est destinée à répondre à une préoccupation actuelle en matière d'environnement.

Lancement

Février 2007

Masse

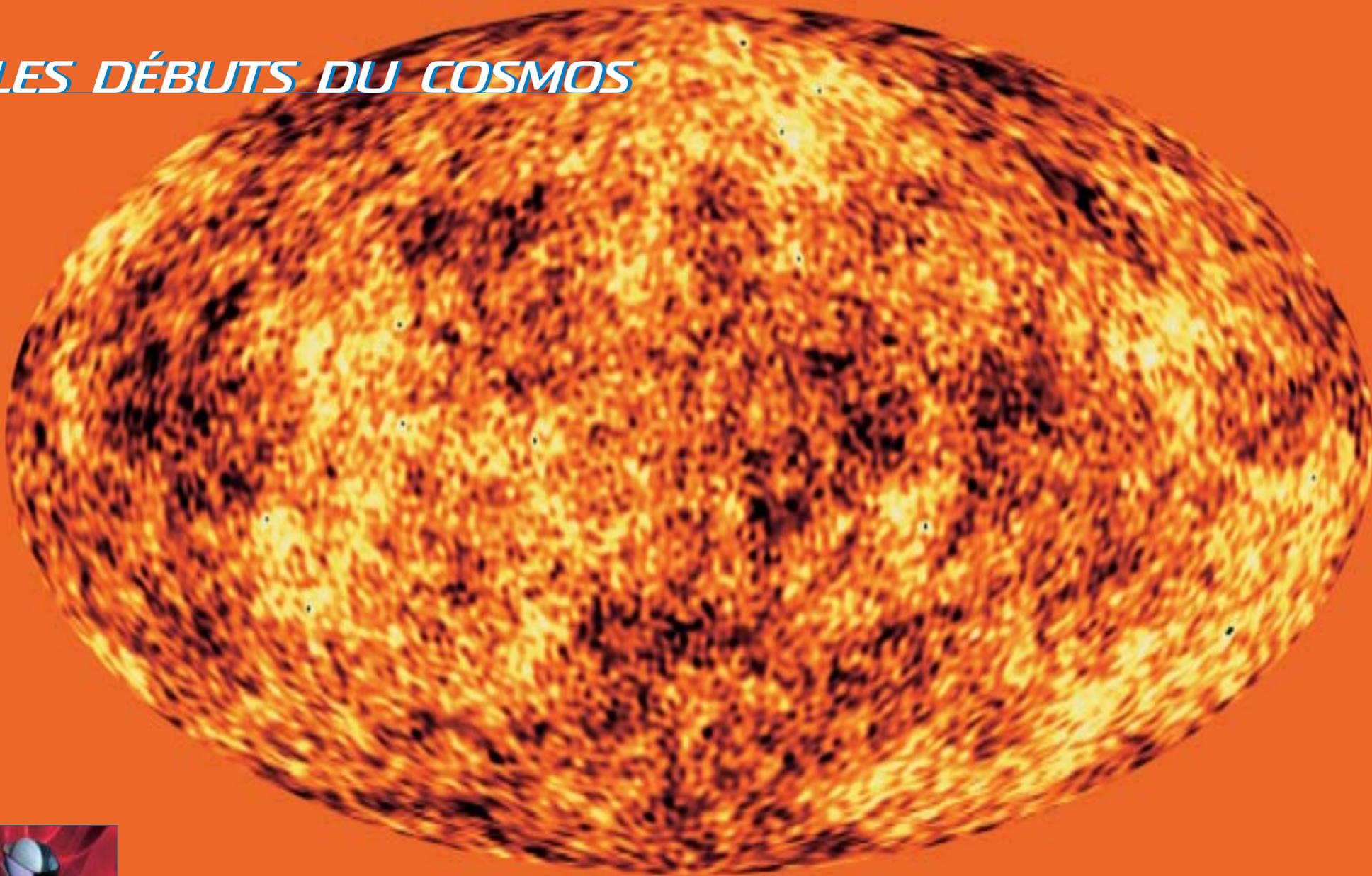
600 kg (charge utile de 300 kg)

Durée de vie

3 ans



LES DÉBUTS DU COSMOS



Où nous mène l'étude de l'Univers ? En général, à nous poser deux questions fondamentales : comment tout cela a-t-il commencé et comment tout cela finira-t-il ? Pour y répondre, il faut remonter aux origines non seulement des objets célestes mais de l'Univers lui-même.

Quasiment toutes les étoiles sont regroupées dans de grands ensembles dénommés galaxies. Mais on ne sait pas encore exactement comment ces étoiles et ces galaxies se sont formées. Certes, les astronomes ont identifié, dans notre galaxie, les zones de formation des étoiles, mais il faudra encore attendre avant d'en savoir davantage. Et ce sont précisément ces informations manquantes qui permettraient d'élucider le mystère de la formation des planètes autour des étoiles. Si les astronomes pouvaient observer ce phénomène, ils pourraient peut-être lever une partie du voile qui masque encore la formation de notre Terre.

Les premières étoiles elles-mêmes restent à ce jour une énigme, comme les toutes premières galaxies. Mais l'ESA a entrepris de se pencher sur ces mystérieux ancêtres célestes.

Qu'en est-il de l'origine de l'Univers lui-même ? Si l'œil humain pouvait discerner les hyperfréquences, il verrait dans le ciel nocturne la lueur de la toute première lumière jamais émise dans l'espace. Celle-ci a été provoquée par le Big Bang, explosion gigantesque d'où a surgi l'Univers. Capter cette lumière originelle nous permettrait de comprendre l'origine de l'Univers et, plus étonnant encore, de savoir également comment il prendra fin.

Depuis sa naissance, le destin de l'Univers est prédéfini par la quantité de matière et d'énergie qu'il renferme. Décrypter les empreintes laissées dans cette lumière originelle nous permettra de savoir si l'Univers va continuer de s'étendre indéfiniment ou s'il s'effondrera sur lui-même, dans quelques dizaines de milliards d'années.

Aussi surprenant que cela puisse paraître, étudier l'Univers dans sa globalité donne des informations très pointues sur les processus physiques à toute petite échelle. En ce début de XXI^e siècle, l'ESA nous ouvre les portes du plus grand laboratoire scientifique existant : l'Univers !

Planck Comment Tout Cela a-t-il Commencé ?

Les télescopes nous montrent que l'Univers s'étend, quelle que soit la direction où l'on regarde. Mais va-t-il s'agrandir indéfiniment jusqu'à ce que le ciel paraisse vide ? Y a-t-il eu une période avant le Big Bang où tout notre Univers était condensé dans un point minuscule ? Si nous pouvions, en remontant le temps, observer cet Univers nouveau-né, peut-être aurions-nous des réponses. C'est justement ce que le satellite Planck de l'ESA doit faire.

Nous sommes habitués à un Univers froid et sombre, alors qu'au cours de ses 300 000 premières années d'existence, sa chaleur et sa densité étaient telles que la lumière ne pouvait s'échapper de la matière. Ensuite, lorsque la température est descendue à 3000° C, les premiers atomes se sont formés et la lumière a pu circuler librement dans tout l'Univers. Cette lumière originelle, dont la découverte remonte à 1964, peut encore être observée aujourd'hui, sous la forme d'une faible lueur de fond. Bien évidemment, l'Univers s'est refroidi au cours des 15 derniers milliards d'années : de 3000° C, il est passé à -270° C, ce qui représente seulement 2,7° C de plus que le zéro absolu, température la plus basse possible.

Le rayonnement de fond cosmologique hyperfréquences éclaire l'ensemble du ciel, mais avec de légères différences selon les endroits, de l'ordre de une sur un million. Ces variations constituent une véritable mine d'informations. Elles ne sont en effet rien moins que les empreintes



Lancement

Février 2007 (avec Herschel)

par une Ariane-5 depuis Kourou

Masse

~ 1500 kg

Durée de vie

5 ans

Page de gauche : voici comment Planck verra le ciel.

LES DÉBUTS DU COSMOS



Lancement

Février 2007 (avec Planck)

par une Ariane-5 depuis Kourou

Masse

~ 3000 kg

Durée de vie opérationnelle

3 ans

Page de gauche : la nébuleuse Orion, pouponnière d'étoiles. Des étoiles, que la poussière cache en lumière normale, apparaissent dans le rayonnement infrarouge. (NASA/ESA/HST/NICMOS)

Cartouche droit : ces épais nuages de poussière froide pourraient abriter des étoiles en formation. (ESA/ISOCAM)

laissées par la matière lorsqu'elle a libéré la lumière. A cette période, l'Univers était 50 fois plus jeune qu'aujourd'hui et contenait déjà les embryons de ce qui allait devenir ces structures gigantesques que sont les galaxies et les amas de galaxies, tels que nous les voyons à l'heure actuelle.

Les cartes que Planck nous fournira sur ce passé aideront à savoir ce qui a déclenché le Big Bang et la date exacte à laquelle il s'est produit. Elles nous informeront sur la densité de l'Univers et nous révéleront s'il abrite une grande quantité de matière noire, invisible autrement, qui risque, un jour, de provoquer un nouvel effondrement. Les capteurs de Planck doivent être très froids de sorte que leur chaleur intrinsèque ne puisse pas absorber le signal glacé provenant des confins de l'Univers. L'ensemble des instruments sera refroidi à -253°C ou moins, certains atteindront même ce chiffre sidérant d'un dixième de degré au-dessus du zéro absolu.

Herschel – Avant l'apparition des galaxies

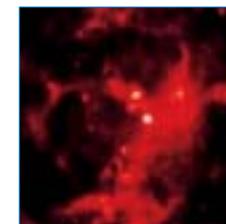
Passé la zone des galaxies visibles, aux frontières de l'Univers connu, se trouvent des nuages de gaz et de poussière riches d'informations sur les débuts de l'Univers, avant la naissance des galaxies. A une certaine période, ces nuages se sont condensés, probablement pour donner naissance aux étoiles puis aux galaxies, lors d'intenses flambées de formation d'étoiles. Herschel sera la première mission spatiale capable d'assister à ces phénomènes.

Les flambées d'étoiles n'ont pu être observées en détail auparavant parce qu'aucun télescope n'était en mesure de recueillir une quantité suffisante de lumière émise par la poussière et les gaz. Herschel pourra visualiser ces deux éléments avec un niveau de sensibilité jamais égalé. Aucun télescope au sol ne peut le faire car l'atmosphère terrestre bloque la plupart des signaux et ceux qui nous parviennent sont absorbés par les rayonnements de la Terre elle-même.

D'un diamètre de 3,5 m, le miroir de Herschel concentrera la lumière captée sur trois instruments scientifiques dont la température sera maintenue à un niveau très bas, dans une sorte de bouteille thermos géante contenant de l'hélium liquide, afin que leur chaleur intrinsèque ne masque pas les signaux qu'ils tenteront de mesurer. Certains objets astronomiques sont si froids qu'ils sont proches du zéro absolu et n'émettent que de très faibles signaux. Herschel ouvrira une fenêtre sur les régions poussiéreuses de l'Univers invisibles pour les autres télescopes car la lumière infrarouge peut traverser la poussière, contrairement aux autres types de rayonnements. Cette capacité de voir à travers la poussière et d'observer la poussière elle-même donne à Herschel la possibilité d'observer la formation des étoiles, des planètes et des galaxies.

Herschel pourra observer la poussière éclairée par les premières grandes flambées de formation d'étoiles qu'a connues l'Univers, premières périodes très agitées au cours desquelles les étoiles se sont constituées. Il devrait également distinguer le moment exact de la formation des étoiles, qu'elle se produise dans les nuages de poussière et de gaz aux confins de l'Univers ou dans des galaxies plus proches. Les étoiles naissent de l'effondrement de ces nuages sous l'effet de leur propre gravité, processus qui, par nature, est masqué par la poussière. Après la naissance des étoiles, les planètes commencent à se former par condensation des restes de ces nuages. Dès qu'un nouveau système solaire est entièrement constitué, il ne reste pas grand chose de la nébuleuse planétaire initiale, excepté, parfois, quelques anneaux de poussière et des comètes, corps primitifs qui ne se sont jamais suffisamment condensés pour former des planètes et contiennent par conséquent l'empreinte la plus exacte de la nébuleuse originelle.

Grâce à son exceptionnelle acuité, Herschel pourra voir tous ces phénomènes.



SAVOIR D'OÙ VIENT LE VENT



58

AEOLUS Suivre tous les vents sur Terre pour améliorer les prévisions météorologiques

Prévoir le temps est une nécessité absolue, dans le monde entier. Les prévisions météorologiques pourront être améliorées, à l'échelle du globe, lorsque le satellite européen Aeolus sera mis en orbite. Pour la première fois, les météorologues et les climatologues pourront « voir » l'ensemble des vents atmosphériques. Connaître avec précision la vitesse des vents est indispensable pour réaliser par calcul des prévisions météo à court et moyen termes et pour prévoir les changements climatiques sur des échelles de temps allant de quelques années à plusieurs siècles.

A l'heure actuelle, les satellites mesurent la vitesse des vents de façon indirecte, à partir des déplacements de nuages ou des relevés de températures atmosphériques à différentes altitudes. Des mesures directes et précises sont faites par des stations météorologiques au sol ou par des ballons atmosphériques dont les instruments renvoient au sol des données par ondes radio. Même si ces radiosondes effectuent plusieurs relevés par jour sur plus de 500 sites répartis dans le monde entier, leurs résultats sont médiocres comparés à la couverture mondiale que procurent les satellites. Les zones éloignées des sites où se trouvent ces stations sont mal desservies et les méthodes au sol ne permettent pas de mesurer la vitesse des vents à différentes altitudes.

Aeolus braquera un étroit faisceau laser en direction de l'atmosphère et, comme les radars classiques, mesurera les modifications de la lumière réfléchiée par les particules et les molécules transportées par les vents dans les différentes couches atmosphériques. Il sera possible d'effectuer à tout moment des mesures dans des portions d'atmosphère de plusieurs centaines de mètres de large et d'un kilomètre de haut au maximum. En 12 heures, Aeolus sera capable de brosser un tableau de la vitesse des vents dans l'ensemble de l'atmosphère, depuis le sol jusqu'à des altitudes supérieures à 20 km. Les mesures prises alimenteront des modèles informatiques afin de prévoir l'évolution de la situation sur quelques jours. Une amélioration considérable des prévisions météorologiques est attendue,

notamment pour l'hémisphère sud et les tropiques où les observations actuelles sont souvent fragmentaires. Les scientifiques espèrent également pouvoir mieux comprendre les changements climatiques, car les vents influent sur les échanges d'eau (et donc d'énergie) entre les océans et l'atmosphère. Mieux connaître ces phénomènes devrait nous éclairer sur les mécanismes à l'origine des changements climatiques.

Les climatologues sont particulièrement intéressés par les informations qu'Aeolus pourra apporter concernant ce phénomène climatique extrême qu'est El Niño. Certaines années, peu après Noël, les vents dominants au-dessus des tropiques, dans le Pacifique, changent de direction et des masses d'eau chaude viennent recouvrir les eaux froides qui se trouvent normalement au large des côtes du Pérou. El Niño provoque alors des inondations sur la côte ouest de l'Amérique du Sud, habituellement sèche, et des sécheresses en Indonésie et en Australie, dont le climat est généralement humide. Des modifications de la direction des vents dans la haute atmosphère au niveau des tropiques peuvent également déclencher des phénomènes climatiques extrêmes dans des zones bien plus éloignées. Jusqu'à présent, ces vents ont fait l'objet de mesures sommaires, mais Aeolus sera capable de détecter les changements de vitesse des vents qui annoncent El Niño.

Aeolus, deuxième mission de base d'exploration de la Terre du programme Planète vivante de l'ESA, permettra à l'Europe de devenir un acteur de premier plan en ce qui concerne les problèmes d'environnement au niveau mondial. Ces missions de base, qui visent à apporter une réponse directe à une préoccupation du grand public dans des domaines spécifiques, sont sélectionnées à l'issue d'une large consultation. Aeolus représente un projet hautement prioritaire pour les spécialistes européens de l'environnement et de l'espace.



Lancement
Octobre 2007

Masse
~ 1500 kg

Durée de vie
3 ans

EUROPEAN FUTURE LAUNCHER PREPARATORY PROGRAMME

EN ROUTE POUR L'ESPACE





Aller dans l'espace n'est ni simple, ni bon marché. L'un des principaux obstacles auxquels se heurtent le tourisme spatial et les vols spatiaux commerciaux est le coût. En effet, à l'heure actuelle, placer en orbite un seul kilogramme coûte de l'ordre de 20 000 euros. Et les prix s'envolent littéralement lorsqu'il s'agit de vols habités, car il faut alors prévoir des systèmes de soutien complexes et de sécurité redondants. Cela constitue une entrave majeure pour la conquête de l'espace.

Pour rendre les voyages spatiaux abordables, de la même façon que le transport aérien est désormais accessible à des millions de gens, il faudra entreprendre des efforts considérables afin de réduire les coûts tout en accroissant la sécurité et la fiabilité.

L'ESA travaille depuis de nombreuses années aux côtés des agences nationales et des entreprises aérospatiales européennes afin de recenser et de mettre au point les technologies nécessaires au transport spatial du XXI^e siècle. Entre 1994 et 2000, l'Agence a soutenu le Programme européen de recherche appliquée sur les futurs systèmes de transport spatial (FESTIP), qui a permis de développer plusieurs concepts de lanceurs réutilisables (RLV). Les ingénieurs ont ainsi pu étudier les difficultés techniques correspondantes et le matériel qui devrait alors être mis au point.

Dans l'intervalle, l'Agence a collecté de précieuses données lors du vol, en 1998, de son démonstrateur de rentrée atmosphérique et a travaillé en coopération avec l'Allemagne pour aider la NASA à développer le prototype X38 du véhicule de retour de l'équipage destiné à la Station spatiale internationale. Le projet d'avion spatial Hermes a, quant à lui, permis d'acquérir un savoir-faire considérable au début des années 1990.

Sur la base de l'expérience FESTIP et des résultats obtenus par les programmes nationaux, l'Agence a prévu de lancer son nouveau Programme préparatoire des lanceurs futurs (FLPP) en

2004. Au titre de ce programme, l'Europe continuera d'étudier différents concepts de lanceurs, de développer des technologies clés et de réaliser des vols d'essai avec des véhicules expérimentaux. Dès le début, l'accent sera mis sur la propulsion de lanceurs réutilisables et les structures faisant appel à des technologies avancées. Les progrès réalisés dans ces domaines permettront à l'Agence de sélectionner, d'ici 2006, un concept de véhicule réutilisable et de conduire, d'ici 2008, des études comparatives sur les concepts de systèmes consommables et réutilisables, pour la prochaine génération de lanceurs.

A l'heure actuelle, les véhicules semi-réutilisables bi-étages ou multi-étages sont à notre portée ; ils pourraient constituer une solution ouvrant la voie aux lanceurs totalement réutilisables. Un concept de lanceur réutilisable bi-étage suppose l'utilisation d'un grand avion aérospatial réutilisable larguant un second véhicule réutilisable, de plus petite taille, à une altitude élevée à partir de laquelle celui-ci pourra atteindre par lui-même son orbite. Le premier étage reviendra sur Terre pour être rapidement remis en état, comme le serait un avion, avant son prochain voyage.

Après d'autres études approfondies sur les concepts les plus prometteurs et plusieurs vols de démonstration de véhicules expérimentaux menés dans le cadre du FLPP, une décision concernant la réalisation du lanceur de prochaine génération pourrait être prise vers 2012. Cependant, pour que ces projets deviennent réalité, il faudra faire des progrès considérables dans plusieurs domaines, notamment la motorisation, le guidage, la navigation et les structures légères réutilisables.



UTILISER L'ESPACE SUR TERRE



Si on demande à quiconque de citer des produits utiles issus de l'exploration spatiale, la réponse la plus fréquente sera très certainement : la poêle anti-adhésive... puis ce sera le silence. En réalité, le Téflon n'a pas été inventé directement dans le cadre d'activités spatiales, même s'il en découle, à l'instar de milliers d'autres produits qui améliorent notre vie quotidienne.

Chaque année, l'ESA investit environ 250 millions d'euros dans des activités de recherche et développement. Afin d'encourager une utilisation plus large des technologies mises au point par les communautés spatiales européennes et canadiennes, le Programme de transfert de technologie (TTP) de l'Agence vise à transposer savoir-faire, technologies et systèmes innovants dans le domaine plus vaste des activités non-spatiales. En douze ans, des résultats remarquables ont été obtenus. Aidé par le groupe Spacelink de courtiers en technologies, l'Agence a pu mettre en avant plus de 600 technologies développées par des universités et des entreprises européennes spécialisées dans l'espace. Ces dernières ont ainsi réalisé un chiffre d'affaire supplémentaire total de plus de 200 millions d'euros. En outre, près de 2500 emplois ont été créés et plus de 25 entreprises ont vu le jour. De nombreux secteurs ont bénéficié des technologies spatiales, parmi lesquels la santé, l'automobile et le transport, la protection de l'environnement et l'énergie.

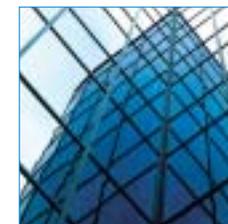
Dans le domaine médical, des instruments et des capteurs complexes, mis au point pour sonder l'Univers, sont en cours d'adaptation pour être utilisés par les médecins et les chercheurs. Des méthodes perfectionnées de traitement des données sont utilisées pour analyser le volume croissant d'informations dont disposent les biologistes. Les observatoires spatiaux européens, tels que XMM-Newton, font office de pionniers dans l'exploration de l'Univers à haute énergie, mais les progrès réalisés en astronomie dans le rayonnement X contribuent également à mettre au point de nouvelles armes puissantes pour lutter contre le cancer.

Des ingénieurs qui travaillent au Centre de recherche et de

technologie (ESTEC) de l'Agence au Pays-Bas ont développé une nouvelle caméra pour rayons X qui pourrait permettre de réaliser des diagnostics immédiats et de localiser avec précision les zones cancéreuses. Après injection au patient d'un marqueur qui émet des rayons X, une micropuce placée dans une petite caméra peut photographier des tissus atteints. En retransmettant en direct ces images sur un écran de télévision, la caméra est un outil précieux pour les chirurgiens au moment de l'intervention.

Les logiciels mis au point pour détecter, malgré le bruit de fond, les signaux provenant de faibles sources de rayons X aident également les médecins à détecter les cancers de la peau à un stade précoce. Un ordinateur utilisant ce type de logiciel peut repérer d'infimes différences dans la couleur d'une portion de peau grossie plusieurs fois, ce qui permet de mettre en évidence la croissance anarchique de cellules, associée aux mélanomes cutanés.

Les alliages à mémoire de forme, mis au point par l'Agence pour des actionneurs légers à régulation de température, trouvent de nombreuses applications dans d'autres secteurs. Comme des élastiques, ces métaux extraordinaires peuvent être étirés et pliés, puis reprendre leur forme d'origine. Au début des années 1990, Tony Anson, alors chercheur à l'Université Brunel (Royaume-Uni), a réalisé qu'ils pourraient servir à réparer les fractures. Après avoir obtenu le soutien de l'Agence, par le biais de son programme TTP, pour développer des produits commerciaux, Anson a fondé une entreprise spécialisée dans l'utilisation de ces alliages en médecine. Cette société a mis au point de nombreux produits novateurs, dont un ressort de redressement orthodontique et des dispositifs peu invasifs qui peuvent être implantés dans l'organisme à l'aide d'un cathéter. En 2001, Anson Medical a été rachetée par une importante société britannique pour un montant de 27 millions d'euros.



UTILISER L'ESPACE SUR TERRE



Les technologies mises au point pour les combinaisons spatiales ont aussi trouvé des applications sur Terre. Les capteurs destinés à suivre les mouvements des astronautes sont désormais adaptés pour prévenir la mort subite du nourrisson. Les pyjamas Mamagoose, mis au point par la société belge Verhaert Design and Development, en coopération avec l'Université de Bruxelles, comportent cinq capteurs. En surveillant le rythme cardiaque et la respiration des bébés pendant leur sommeil, ces pyjamas rassurent pleinement les parents.

Autre type de capteur spatial, le nez électronique, qui trouve de nombreuses applications dans notre vie quotidienne. Mis au point pour détecter les fuites de gaz sur les véhicules spatiaux, il peut reconnaître une vaste palette d'odeurs et avertir de façon précoce d'un danger ou d'une contamination. Sa capacité à détecter les bactéries pathogènes, les champignons et les moisissures explique son utilisation récente dans les milieux médicaux, les entreprises intervenant dans le contrôle de l'environnement et l'industrie agro-alimentaire, en vue de déceler des maladies et de vérifier la fraîcheur des aliments.

Bien que les voitures ne se déplacent pas aussi vite que les véhicules spatiaux, les technologies employées par l'ESA ont une influence considérable sur l'industrie automobile. Par exemple, les piles à combustible, mises au point pour les satellites, sont considérées par beaucoup comme la source d'énergie de demain pour les automobiles. Capables de générer de l'électricité à partir d'une simple réaction chimique entre hydrogène et oxygène, les piles à combustibles ne comportent aucune pièce mobile et l'eau est leur seul produit résiduel. Lorsque l'entreprise aéronautique allemande Dornier a été intégrée à DaimlerChrysler, la technologie de pile à combustible qu'elle avait développée a été adaptée aux automobiles et a ensuite évolué rapidement. Fin 2000, deux nouveaux véhicules faisant appel à cette technologie ont été annoncés : la Mercedes-Benz Classe A et la Jeep Commander 2. Tous deux sont silencieux, respectent l'environnement et leurs systèmes de

pile à combustible à base de méthanol n'occupent pas plus de place qu'un moteur conventionnel. Cette technologie est si prometteuse que DaimlerChrysler envisage d'investir plus d'1 milliard d'euros en vue d'une production en série.

Toute une série d'autres technologies spatiales ont été adaptées à l'automobile. Citons par exemple les pare-brise utilisés comme des antennes, les systèmes transparents de chauffage des pare-brise, l'utilisation de cartes fournies par les satellites de navigation ou les microrevêtements métalliques des phares. Il s'agit aussi de matériaux composites spéciaux, de panneaux de plastique, de résines et de fibres de carbone, employés en aéronautique, qui servent désormais pour les carrosseries. Des tissus et des dispositifs pyrotechniques issus de la recherche spatiale sont utilisés pour les airbags et les ceintures de sécurité. Même des technologies initialement mises au point pour la propulsion des fusées trouvent un emploi dans l'industrie automobile : joints de pompes d'alimentation, tubulures de refroidissement des moteurs, alliages à mémoire de forme destinés à optimiser les performances des convertisseurs catalytiques, matériaux isolants à base de microfibrilles et de céramique pour silencieux d'échappement et systèmes amortissant les vibrations.

L'aventure spatiale offre aux entreprises une large palette de possibilités nouvelles et innovantes. L'ESA, avec le soutien de la Commission européenne, met actuellement en place un réseau européen indépendant de pépinières d'entreprises afin de réduire le temps nécessaire pour transférer les technologies du secteur spatial vers le secteur marchand. L'incubateur spatial européen qui se trouve à proximité de l'ESTEC fournira des services opérationnels et apportera son savoir-faire, notamment en matière de financement, d'assistance pratique et de soutien technique.

L'avenir du Programme de transfert de technologie semble assuré !



Qu'est-ce que l'ESA?

L'Agence spatiale européenne (ESA) est la porte de l'Europe vers l'espace. Sa mission consiste à piloter le développement des capacités spatiales de l'Europe et à garantir que les investissements dans le spatial seront réalisés au bénéfice de tous les citoyens européens.

L'ESA réunit 15 États membres : l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, le Danemark, l'Espagne, la Finlande, la France, l'Irlande, l'Italie, les Pays-Bas, la Norvège, le Portugal, le Royaume-Uni, la Suède et la Suisse. La Grèce et le Luxembourg doivent devenir États membres en 2005. Le Canada bénéficie d'un statut particulier et participe à certains projets dans le cadre d'un accord de coopération. En coordonnant les ressources financières et intellectuelles de ses membres, l'ESA peut entreprendre des programmes et des activités dépassant largement les compétences d'un pays européen unique. L'ESA est une organisation totalement indépendante, qui maintient toutefois des liens étroits avec l'Union européenne, avec laquelle elle partage une stratégie spatiale commune.

L'ESA définit la politique spatiale européenne et la met en œuvre. Ses projets sont destinés à améliorer notre connaissance de la Terre, de son environnement spatial proche, du Système solaire et de l'Univers, ainsi qu'à mettre au point des technologies reposant sur les satellites et à promouvoir les industries européennes. L'ESA travaille également en étroite collaboration avec d'autres organisations spatiales dans le monde, afin que l'ensemble de l'humanité puisse bénéficier des retombées des activités liées à l'espace.

Le siège de l'ESA se trouve à Paris, où sont sélectionnés les projets à réaliser. L'ESA possède en outre différents

centres en Europe, chacun chargé de tâches bien définies :

- l'ESTEC, Centre européen de recherche et de technologie spatiales, regroupe les activités de conception de la plupart des satellites de l'Agence. Il est situé à Noordwijk, aux Pays-Bas.
- l'ESOC, Centre européen d'opérations spatiales, est chargé du contrôle des satellites de l'ESA en orbite. Il est implanté à Darmstadt, en Allemagne.
- l'EAC, Centre des astronautes européens, est situé à Cologne, en Allemagne : c'est là que les astronautes reçoivent leur formation aux missions.
- l'ESRIN, Institut européen de recherche spatiale, est implanté à Frascati, près de Rome, en Italie. Il est notamment chargé de recueillir, de stocker et de diffuser les données des satellites aux partenaires de l'ESA ; il abrite également le centre informatique de l'Agence.

L'ESA dispose également de bureaux de liaison aux États-Unis, en Russie et en Belgique, et exploite une base de lancement en Guyane française, ainsi que des stations sol et de poursuite dans le monde entier, notamment à Villafranca en Espagne, à Redu en Belgique et à Kiruna en Suède. Le site Villafranca a été récemment renommé le Centre européen d'astronomie spatiale (ESAC).

Les activités obligatoires de l'ESA (Programme scientifique et budget général) sont financées par les contributions de tous les États membres de l'Agence, calculées en fonction du produit national brut de chaque pays. En outre, l'ESA dirige un certain nombre de programmes facultatifs. Chaque pays décide alors des programmes auxquels il souhaite participer, ainsi que du montant de ses contributions.

LE DÉFI SPATIAL

L'AGENCE SPATIALE EUROPÉENNE

BR-190(F) janvier 2004

ISBN 92-9092-723-2

ISSN 0250-1589

Auteurs

Judy Redfearn
Peter Bond
Andrew Wilson

Rédacteur

Andrew Wilson
Division Publications de l'ESA

Editeur

Division Publications de l'ESA
ESTEC, Noordwijk
Pays-Bas

**Infographie
et mise en page**

Leigh Edwards

Prix

10 €

© Agence spatiale européenne 2004

*Les illustrations ont principalement été fournies par l'ESA
et la NASA*