

Les premiers satellites Galileo

Élément de Validation en Orbite de Galileo

G I O V E



Publié par :	Division Publications de l'ESA ESTEC, BP 299 2200 AG Noordwijk Pays-Bas
Rédaction :	Andrew Wilson
Conception / Maquette :	Eva Ekstrand
Coordination des textes :	Dominique Detain
Copyright :	© Agence spatiale européenne 2006
ISSN :	0250-1589
ISBN :	92-9092-822-0
Prix :	10 €

Imprimé aux Pays-Bas

Les premiers satellites Galileo

Élément de Validation en Orbite de Galileo

Galileo : qu'est-ce que c'est ?	2
GIOVE : élément de validation en orbite de Galileo	4
IOV : les quatre premiers satellites de la constellation	8
Les charges utiles Galileo	10
Les services Galileo	12
Le système Galileo	14
Les récepteurs Galileo	16
EGNOS : ouvrir la voie à Galileo	17
Un peu d'histoire	18
Principes de la navigation par satellite	20

Galileo : q'est-ce que c'est ?

Le premier satellite Galileo, GIOVE-A, a été mis sur orbite par un lanceur Soyouz depuis le cosmodrome de Baïkonour au Kazakhstan, le 28 décembre 2005.

Galileo, premier système satellitaire de localisation, de navigation et de synchronisation spécifiquement destiné à des applications civiles offrira des services de pointe présentant des garanties de précision, de disponibilité et d'intégrité exceptionnelles. Galileo est une initiative commune de la Commission européenne (CE) et de l'ESA.

Le programme Galileo se déroule en trois phases :

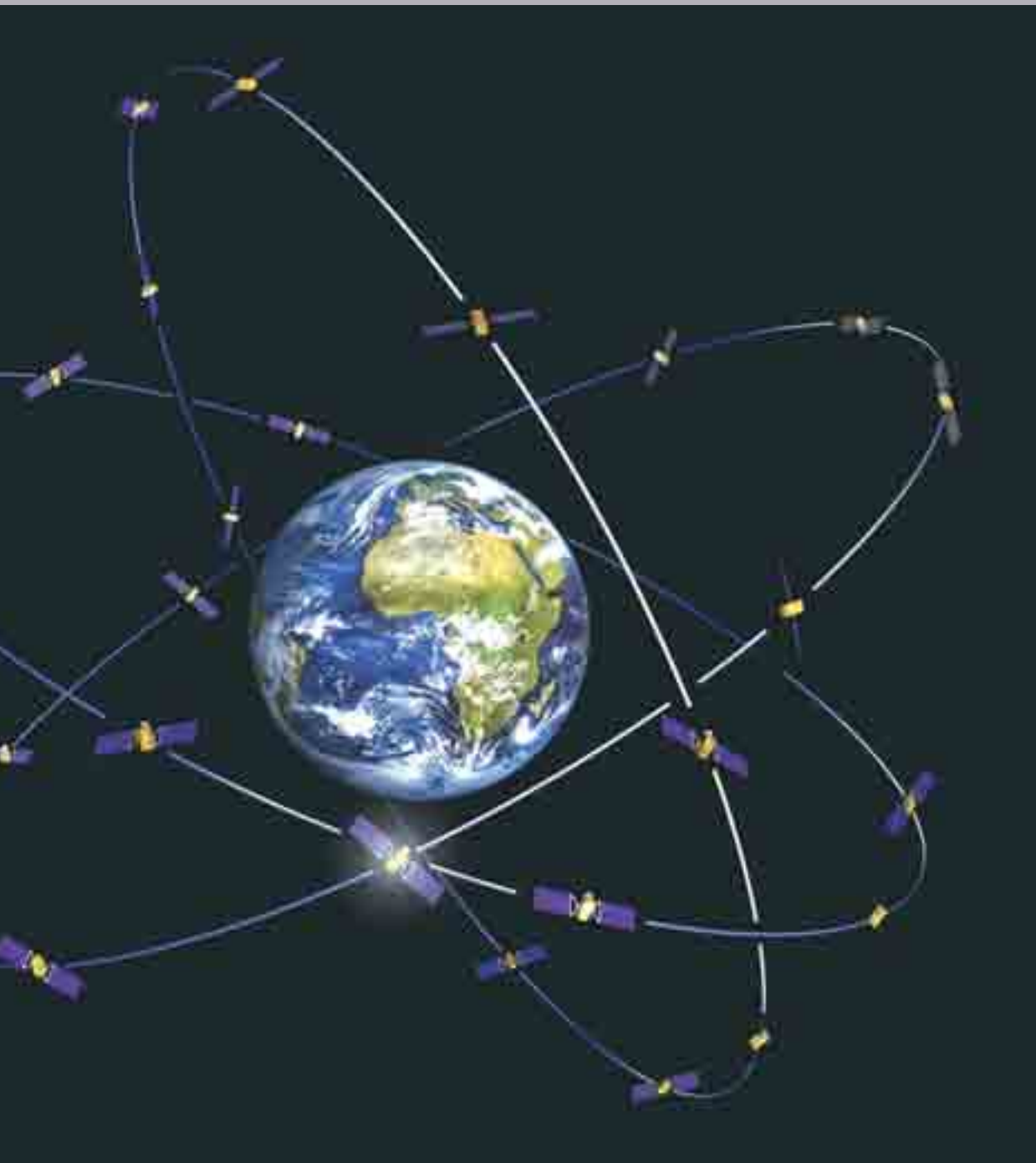
- une phase de définition ;
- une phase de développement et de validation en orbite ;
- une phase de déploiement complet et d'exploitation.

La phase de définition, qui s'est achevée en 2003, a servi à définir les spécifications de base du système qui seront validées par l'intermédiaire des quatre premiers satellites de la constellation ainsi que des stations sol et du centre de contrôle. Pour assurer des services précis de localisation et de synchronisation dans des régions données le nombre minimal de satellites nécessaires est de quatre.

Au début de la phase de validation, la mission GIOVE ('Galileo In-Orbit Validation Element') disposera des deux satellites GIOVE-A et GIOVE-B ainsi que des segments sol et contrôle de la mission correspondants. Cette mission permettra d'occuper les fréquences attribuées à Galileo par l'Union internationale des télécommunications (UIT), de caractériser l'environnement radiatif des orbites terrestres moyennes (MEO) sur lesquelles doivent évoluer les satellites Galileo, de tester les technologies les plus critiques (horloges atomiques embarquées, générateur de signal et récepteurs utilisateurs) ainsi que de vérifier les éléments novateurs du concept du signal Galileo.

Une fois la phase IOV terminée, il sera procédé au déploiement complet de Galileo avec tout le réseau de stations sol et le lancement des 26 satellites restants pour compléter la constellation.





GIOVE : élément de validation en orbite de Galileo

Afin de préparer le développement du système Galileo, l'ESA a entrepris en 2002 la mise au point d'un système se composant d'un segment sol et de deux satellites.

GIOVE est une grande réussite pour l'Europe à différents égards puisque c'est:

- le premier satellite de navigation européen ;
- le premier satellite européen sur orbite terrestre moyenne (MEO) ;
- la meilleure horloge jamais lancée dans l'espace ;
- l'occupation par l'Europe du nouveau spectre de fréquences attribué à Galileo ;
- la démonstration en orbite par l'Europe des performances de signaux de navigation d'un nouveau type ;
- la mise en œuvre par l'Europe d'une nouvelle génération de satellites de navigation.

Seront mis en place pour GIOVE : un segment sol se composant d'un réseau mondial de stations de détection qui recueilleront les données de grande qualité de Galileo à 1 Hz, une station expérimentale de détermination précise de l'heure, donnant l'échelle de temps de référence sur la base du temps universel et du temps atomique international (UTC/TAI), ainsi qu'un centre de traitement à l'ESA-ESTEC (Pays-Bas). Ce dernier mettra en œuvre les algorithmes de détermination de l'orbite, d'intégrité et de synchronisation temporelle et élaborera des produits de base de navigation et d'intégrité fondés sur des algorithmes de type Galileo.

GIOVE démontrera qu'il est possible de 'radiodiffuser' des données de détermination d'orbite et de synchronisation temporelle en temps quasi-réel avec une grande précision (< 50 cm) et avec un faible taux d'actualisation (2 heures) comme on l'envisage pour Galileo.

Les deux satellites GIOVE constituent la première étape de la validation en orbite du système Galileo. Le premier, GIOVE-A, a été construit par Surrey Satellite Technology Limited (SSTL, GB) et le deuxième, GIOVE-B par Galileo Industries, consortium européen regroupant Alcatel Space Industries (F), Alenia Spazio (I), Astrium GmbH (D), Astrium Ltd (GB) et Galileo Sistemas y Servicios (E).

GIOVE-A et GIOVE-B ont été construits en parallèle pour assurer la redondance du système en orbite. Leurs capacités sont complémentaires. Plus petit, le satellite de Surrey Satellite Technology est équipé d'une horloge atomique au rubidium et émettra un signal sur deux canaux distincts à la fois. Le satellite de Galileo Industries comporte une horloge à maser à hydrogène et émettra un signal sur trois canaux distincts. Leur mise en orbite est assurée par deux lanceurs Soyouz à partir du cosmodrome de Baïkonour.

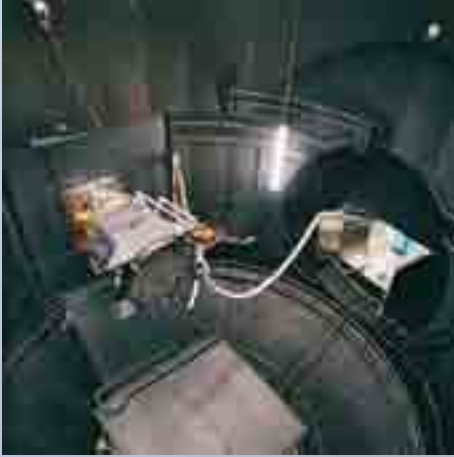
L'expérience acquise à la faveur de la mission GIOVE sera appliquée à la mise en œuvre du système IOV, ce qui limitera les risques et contribuera à assurer le succès de la mission Galileo.



GIOVE-A procède à la première démonstration du fonctionnement de Galileo dans l'espace.

GIOVE-B complètera la première démonstration Galileo.





Essai de GIOVE-A à l'ESTEC.



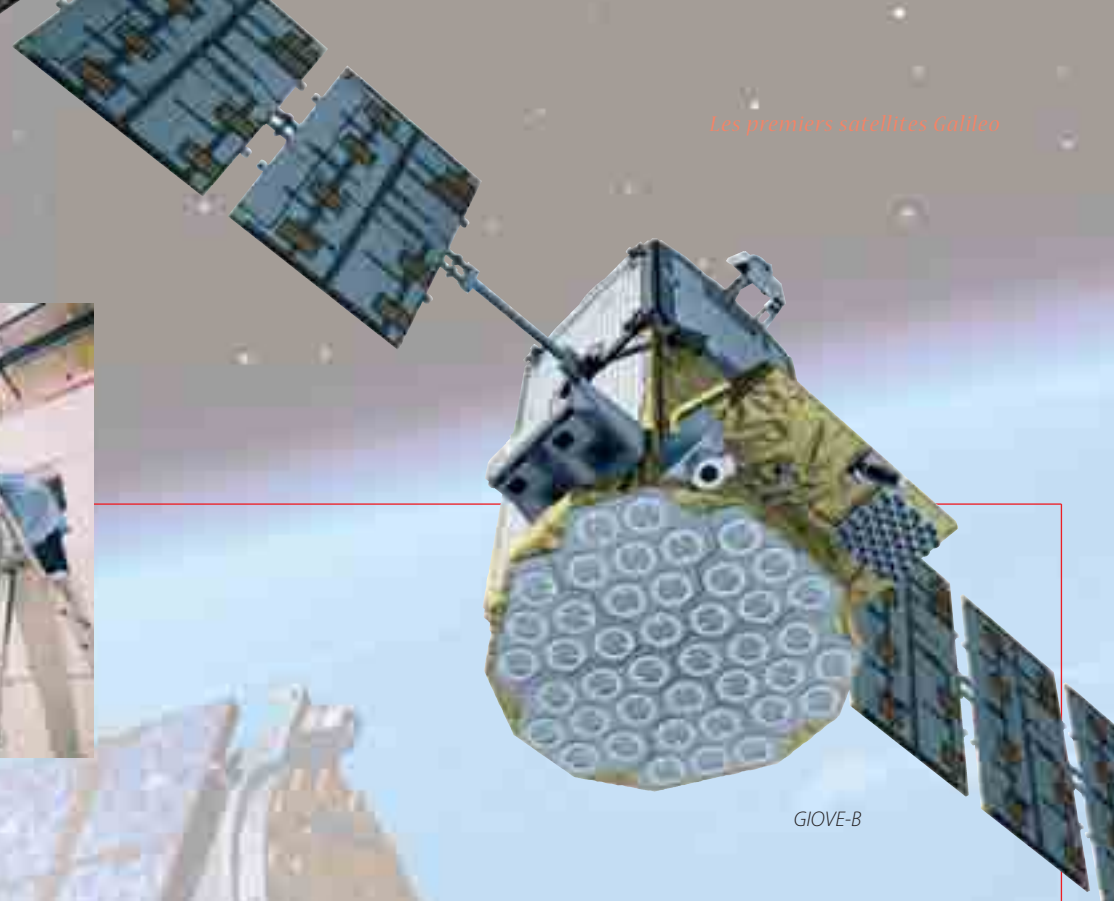
GIOVE-A.

GIOVE-A

Lancé le 28 décembre 2005 et fabriqué par la firme britannique SSTL, ce satellite stabilisé 3 axes de forme cubique mesure 1,3 x 1,8 x 1,65 m pour une masse au lancement de 600 kg. Les deux panneaux solaires, longs de 4,54 m chacun, fournissent la puissance électrique nécessaire au fonctionnement du satellite (700 W). Le système propulsif du satellite est alimenté par deux réservoirs de butane de 25 kg chacun.

Sa charge utile à triple redondance émet le signal Galileo sur deux canaux de fréquences différents. Elle se compose essentiellement des éléments suivants :

- l'antenne-réseau à commande de phase composée d'éléments individuels en bande L qui arrose toute la zone de visibilité au sol du satellite ;
- les générateurs de signaux émettant deux signaux représentatifs de Galileo ;
- les horloges : deux horloges atomiques compactes au rubidium, redondantes, d'une stabilité de 10 ns par jour ;
- deux instruments de surveillance du rayonnement destinés à caractériser l'environnement MEO ;
- le récepteur de navigation afin de tester la localisation autonome en orbite MEO.



GIOVE-B

GIOVE-B

Fabriqué par le consortium Galileo Industries, ce satellite stabilisé 3 axes mesure 0,95 x 0,95 x 2,4 m en configuration repliée pour une masse au lancement de 530 kg. Ses deux panneaux solaires, longs de 4,34 m chacun, lui fourniront une puissance allant jusqu'à 1100 W. Le réservoir alimentant son système de propulsion contient 28 kg d'hydrazine.

Sa charge utile à double redondance émettra un signal Galileo sur trois canaux de fréquences différents. Elle se compose essentiellement des éléments suivants :

- l'antenne-réseau à commande de phase composée d'éléments individuels en bande L qui arrosera toute la zone de visibilité au sol du satellite ;
- le générateur de signaux, capable de produire des signaux de différents types ;
- les horloges : un maser à hydrogène passif (PHM) d'une stabilité d'une nanoseconde par jour qui sera l'horloge la plus précise jamais envoyée dans l'espace, et deux horloges atomiques compactes au rubidium (d'une stabilité de 10 ns par

jour) utilisées l'une en redondance active et l'autre en redondance passive ;
— un instrument de surveillance du rayonnement conçu pour caractériser l'environnement MEO.

La durée de vie prévisionnelle de ces deux satellites est de deux ans.



Préparation de GIOVE-B chez Galileo Industries.

The background of the entire page is a dark space filled with stars. Several Galileo satellites are depicted in various orientations. Each satellite has a central body and two large, rectangular solar panel arrays extending outwards. The satellites are shown in different colors, including purple, yellow, and orange. Some are positioned as if they are about to be launched or are in the process of being launched, with white smoke trails or launch paths visible. The overall scene represents the constellation of Galileo satellites in orbit.

IOV : les quatre premiers satellites de la constellation

Les quatre premiers satellites Galileo construits et lancés dans le cadre de la phase de développement et de validation en orbite (IOV), seront pleinement représentatifs des 30 satellites de la constellation Galileo. Chacun diffusera des signaux horaires précis, des éphémérides et d'autres données commerciales et de navigation. L'optimisation de la constellation Galileo se traduit par les caractéristiques suivantes :

- orbites circulaires de 23 222 km d'altitude ;
- inclinaison orbitale de 56° ;
- trois plans orbitaux équidistants ;
- neuf satellites opérationnels équidistants sur chacun de ces plans ;
- un satellite de réserve (émettant lui aussi des signaux) sur chaque plan.

A l'issue de la phase IOV, la phase de déploiement en grandeur réelle verra la fabrication et le lancement de 26 satellites et l'achèvement du segment sol, vaste réseau de stations et de centres de services locaux et régionaux.

Le futur exploitant de Galileo, sélectionné par l'entreprise commune Galileo, assurera la fin du déploiement de la constellation et son exploitation.

GalileoSat (1 à 30) : faits et chiffres

Dimensions de la plate-forme	2,7 x 1,1 x 1,2 m
Envergure des panneaux solaires	13 m
Puissance maximale	1600 W
Masse au lancement	700 kg
Signaux de navigation	10 signaux émis sur la plage 1200-1600 MHz

Les charges utiles Galileo

L'horloge-mère à maser passif de Galileo a une stabilité de une nanoseconde par jour et l'horloge au rubidium une stabilité de 10 ns par jour. Chacun des satellites est équipé de deux horloges à maser passif et de deux horloges au rubidium mais une seule horloge de chaque type fonctionne en permanence. Normalement, c'est l'horloge-mère en fonctionnement qui produit la fréquence de référence à partir de laquelle est émis le signal de navigation. En cas de défaillance de cette horloge, l'horloge au rubidium en fonctionnement prendrait instantanément le relais et les deux horloges de réserve seraient activées.



Antenne-réseau bande L de GIOVE-A.

Les quatre horloges équipant les satellites garantissent qu'ils puissent émettre des signaux de navigation en toutes circonstances.

L'unité de commande et contrôle sert d'interface entre les autres horloges et le générateur de signaux de navigation (NSGU). Le NSGU et le générateur/convertisseur-élévateur de fréquences génèrent les signaux de navigation au moyen des données fournies par l'unité de contrôle des horloges et des données d'intégrité et de navigation transmises en liaison montante par l'antenne en bande C. Les signaux de navigation sont convertis en bande L pour être transmis aux utilisateurs. L'unité terminale assure l'interface entre chacune des unités de la charge utile et l'ordinateur de bord.

Les horloges de bord Horloge au rubidium

L'horloge au rubidium se compose d'un résonateur atomique et de son électronique de contrôle. Dans la cavité du résonateur contenant la vapeur de rubidium, les atomes sont maintenus à l'état gazeux à haute température. Pour déclencher la résonance, les atomes sont portés à un état d'excitation supérieur grâce à la lumière émise par une lampe à décharge au rubidium située à l'une des extrémités du résonateur. A l'autre extrémité, une photodiode détecte la quantité de lumière qui passe à travers la cavité. Après excitation, les atomes retournent à un état énergétique inférieur. De ce dernier état, ils sont à nouveau excités jusqu'à un niveau intermédiaire par injection d'énergie hyperfréquence dans le résonateur à une fréquence donnée. Le passage à ce niveau intermédiaire ne survient que si la fréquence correspond exactement à la fréquence associée à cette transition. Lorsque les atomes se trouvent dans cet état intermédiaire, l'absorption de lumière est à son maximum. La sortie de la photodiode est connectée à un circuit de contrôle qui ajuste les hyperfréquences. La bonne fréquence est maintenue par un réglage fin de la source des hyperfréquences afin d'obtenir une absorption de lumière maximale. La résonance est entretenue par l'énergie de la lampe au rubidium étant donné que les atomes se trouvant à l'état intermédiaire sont à nouveau portés à l'état d'excitation supérieur avant de retourner à l'état d'excitation le plus faible, à partir duquel le cycle recommence.



Les charges utiles de GIOVE-B.



Horloge maser à hydrogène

L'horloge maser à hydrogène se compose d'un résonateur atomique et de son électronique de contrôle. Un petit réservoir alimente en hydrogène moléculaire un ballon à décharge gazeuse où les molécules sont décomposées en hydrogène atomique. Les atomes d'hydrogène passent alors dans une cavité de résonance à travers un collimateur et un sélecteur d'état magnétique. Ce sélecteur n'autorise l'entrée qu'aux atomes ayant le niveau d'énergie

souhaité. Dans la cavité, les atomes sont confinés dans un ballon de stockage à quartz où ils ont tendance à retourner à leur état énergétique fondamental en émettant une hyperfréquence. Cette fréquence est détectée par un circuit interrogateur qui verrouille un signal extérieur sur la transition naturelle de l'atome d'hydrogène. Le verrouillage survient lorsque la fréquence injectée est la même que la fréquence de résonance des atomes ; le signal hyperfréquence est ainsi amplifié.

Les services Galileo



Galileo sera le standard mondial civil en matière de navigation par satellite à des fins civiles. Le système européen sera pleinement compatible avec le système américain (un accord entre l'Union européenne et les États-Unis a été signé à cet effet en juin 2004 à Dublin) ainsi qu'avec le système russe Glonass. Les accords de coopération que la Commission européenne négocie actuellement avec des pays tiers confèrent une réelle dimension mondiale à Galileo, premier système civil de navigation par satellite.





Essai EGNOS : voile dans les îles grecques.

Le système Galileo offrira un large éventail de services. Les services suivants seront fournis au niveau mondial, indépendamment des autres systèmes de navigation :

- Le service ouvert (OS : Open Service) résulte d'une combinaison de signaux ouverts. Gratuit pour l'utilisateur, il fournit des informations de positionnement et de synchronisation compétitives avec les autres systèmes satellitaires ;
- Le service de sauvegarde de la vie (SoL : Safety of Life) améliore les performances du service ouvert en avertissant à temps l'utilisateur de l'impossibilité d'assurer tel ou tel degré de précision ou la continuité du service (intégrité). Il est envisagé de fournir une garantie de service pour le SoL ;
- Le service commercial (CS : Commercial Service) donne accès à deux signaux supplémentaires de façon à permettre un plus haut débit de données et à offrir une plus grande précision à l'utilisateur. Les signaux du CS sont cryptés. Il est envisagé de fournir une garantie de service pour le CS ;
- Le service public réglementé (PRS : Public Regulated Service) fournit des données de positionnement et de synchronisation à des utilisateurs agréés par les gouvernements et nécessitant un service d'une grande continuité, à accès contrôlé. Deux signaux de navigation PRS utilisant des codes et données chiffrés seront disponibles ;
- Le soutien de Galileo au service de recherche et sauvetage représente la contribution de l'Europe au système international COSPAS-SARSAT. Galileo jouera un rôle important dans le système de recherche et sauvetage en MEO (MEOSAR). Les satellites Galileo pourront capter les messages d'alerte émis par les balises de détresse des navires, des avions ou de particuliers et les retransmettre aux centres de secours nationaux. Le centre de secours pourra ainsi savoir précisément où s'est produit l'accident. Un satellite Galileo au moins sera visible de n'importe quel point de la Terre à tout moment de sorte qu'il sera possible de recevoir les appels de détresse en temps réel.



Essai EGNOS : guidage d'un aveugle à Madrid.



Essai EGNOS : gestion du trafic ferroviaire.



Essai EGNOS : atterrissage en Afrique.

Le système Galileo

Le système Galileo comportera des composantes globales, régionales et locales.

La composante globale, au cœur du système, comprend les satellites, le segment de contrôle au sol et le segment sol de la mission.

Les deux centres de contrôle Galileo constitueront l'essentiel du segment sol de Galileo. Chacun gèrera des fonctions «contrôle» avec le soutien d'un segment de contrôle au sol (GCS) spécialisé et des fonctions « mission » reposant sur un segment sol de la mission (GMS), spécialisé lui aussi. Le GCS assurera le maintien à poste des satellites et la maintenance de la constellation tandis que le GMS aura la charge du système de navigation et de synchronisation.

Le GMS fera appel à un réseau global qui comportera normalement 30 stations de détection Galileo (GSS) en bande L pour superviser les signaux de navigation de l'ensemble des satellites. Le récepteur de référence constitue le principal élément du GSS. Les données du GSS seront communiquées en permanence aux centres de contrôle Galileo (GCC) par l'intermédiaire d'un vaste réseau de télécommunications faisant appel à des connexions satellitaires et terrestres. Toutes ces liaisons seront redondantes. Les installations de traitement GMS des GCC traiteront les données et produiront les messages de navigation et d'intégrité, qui seront transmis aux satellites Galileo par un réseau de stations de liaison montante (ULS) fonctionnant en bande C. Les signaux de navigation, générés à bord

des satellites Galileo, seront diffusés en bande L auprès des utilisateurs.

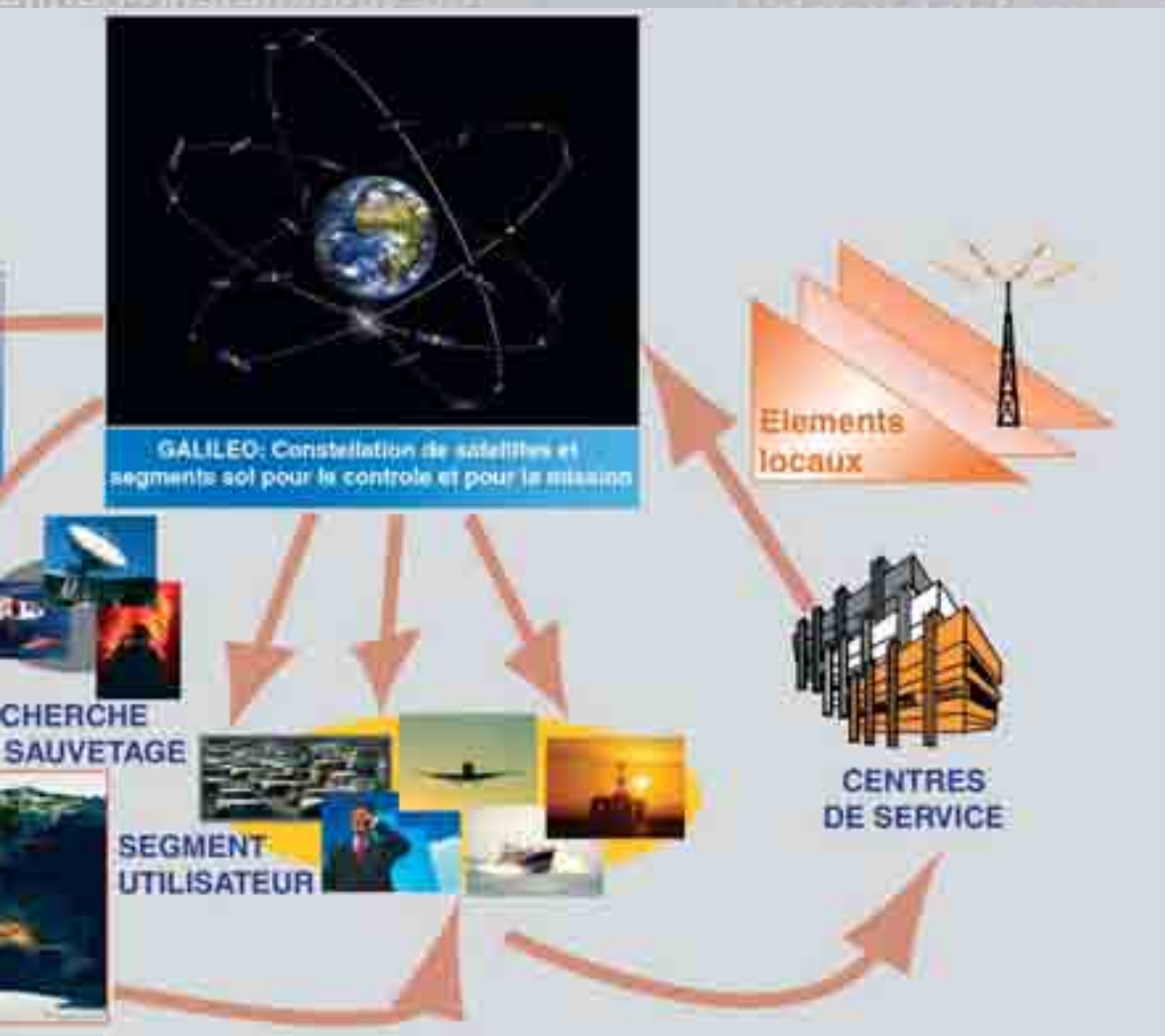
La constellation de satellites sera contrôlée à partir des installations du GCS situées au GCC et bénéficiera du soutien d'un réseau mondial de stations de télémessure et de télécommande (TT&C) en bande S.

La composante régionale de Galileo



pourrait comporter un certain nombre de systèmes d'intégrité régionaux externes (ERIS) mis en œuvre et exploités par des organisations, des pays ou des groupes de pays extérieurs à l'Europe pour disposer de services d'intégrité indépendants du système Galileo, notamment dans le but de satisfaire à des contraintes juridiques issues des garanties liées au système.

Des composantes locales pourraient être mises en œuvre pour améliorer les performances de Galileo dans des zones données. Elles permettraient notamment la fourniture de signaux de navigation dans des régions où les signaux des satellites ne peuvent être reçus. La mise en œuvre des composantes locales sera assurée par des prestataires de services à valeur ajoutée.



Les récepteurs Galileo

Galileo tirera parti de nombreuses méthodes et technologies novatrices, de sorte qu'il offrira des performances et une fiabilité supérieures. Le développement des récepteurs de pointe nécessaires à l'exploitation du système se poursuit mais la mise au point du premier prototype est d'ores et déjà terminée.

Trois récepteurs sont en cours de développement au titre de la phase IOV de Galileo. Ils correspondent aux différents besoins du processus de développement du système et couvrent la gamme de signaux et services qui seront offerts :

- les récepteurs des signaux émis par les premiers satellites ;
- le segment utilisateur d'essai, pour la validation du système et la diffusion du signal ;
- les stations de détection Galileo équipées de récepteurs très performants et ultra-fiables.

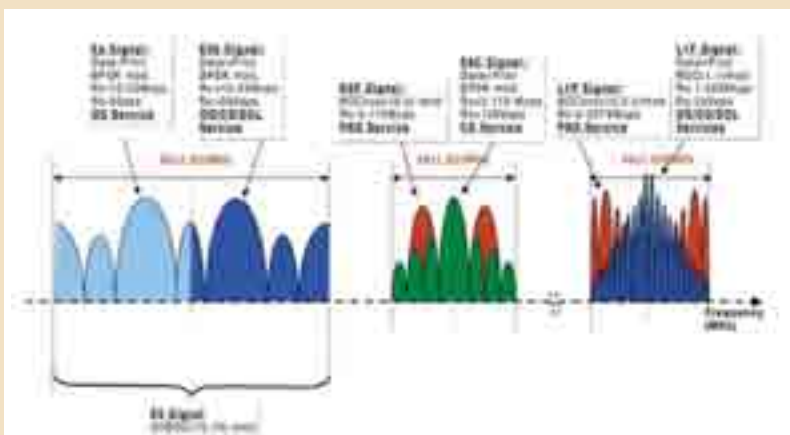


Récepteur Galileo : essai d'un prototype à l'ESTEC.

Les récepteurs Galileo traitent les signaux diffusés par les satellites afin de calculer des positions. Les récepteurs extraient les mesures indiquant la distance de l'utilisateur par rapport à chaque satellite. Ils décodent également les données de navigation de Galileo qui contiennent des éléments d'information fondamentaux pour calculer la position des utilisateurs, comme la position des satellites et les erreurs des horloges des satellites établies par le segment sol et régulièrement transmises à la constellation.

Les fréquences utilisées par les satellites sont comprises dans la bande 1,1 à 1,6 GHz, plage de fréquences particulièrement bien adaptée à la navigation et aux télécommunications du service mobile.

Chacun des satellites Galileo diffusera 10 signaux de navigation distincts ce qui permettra à Galileo d'offrir différents types de services : le service ouvert (OS), le service de sauvegarde de la vie (SoL), le service commercial (CS) et le service public réglementé (PRS). Un signal d'intégrité est prévu pour Galileo afin de garantir la qualité des signaux reçus. Les signaux Galileo auront une précision garantie jusqu'à 1 m et certains services à valeur ajoutée offriront une précision en temps réel de 10 cm.



Chaque satellite Galileo diffusera 10 signaux de navigation distincts.

EGNOS : ouvrir la voie à Galileo



Avec EGNOS, service de complément géostationnaire européen pour la navigation, c'est la première fois que l'Europe travaille dans le domaine de la navigation par satellite. EGNOS est un projet conjoint de l'ESA, de la Commission européenne et de l'Organisation européenne pour la sécurité de la navigation aérienne, Eurocontrol.

EGNOS est le système complémentaire satellitaire (SBAS) mis en place pour compléter les services offerts en Europe à des utilisateurs se trouvant en mer, dans l'espace aérien ou à terre. Il a pour mission de compléter les deux systèmes de navigation par satellite existant à l'heure actuelle, à savoir le GPS américain et le système russe Glonass, pour permettre des applications critiques sur le plan de la sécurité telles que la navigation aérienne ou le guidage des navires à travers des passes étroites.

EGNOS est conçu pour satisfaire aux critères extrêmement sévères qui régissent l'aide à l'atterrissage des avions, de sorte qu'il répond également aux exigences de la plupart des utilisateurs. Il présente en outre les avantages suivants :

- disponibilité améliorée par la diffusion de signaux semblables à ceux du GPS en utilisant jusqu'à trois satellites géostationnaires ;
- précision améliorée : 1 à 2 m horizontalement et 3 à 5 m verticalement ;
- il offre intégrité (contrairement au GPS) et sécurité en prévenant les utilisateurs dans un délai de 6 s en cas de défaillance d'EGNOS ou du GPS.

Composé de trois satellites géostationnaires et d'un réseau de stations sol, EGNOS émet un signal

contenant des informations sur la fiabilité et la précision des signaux de localisation émanant du GPS. Il permettra aux utilisateurs en Europe et au delà, de déterminer leur position au mètre près alors que l'incertitude est actuellement de 20 m.

Les services EGNOS sont déjà assurés dans l'ouest de l'Europe et en Méditerranée et pourraient être étendus à d'autres régions dont l'Afrique, le Proche-Orient, l'Europe orientale, l'Amérique du Sud et l'Asie.

EGNOS n'est pas le seul complément des systèmes satellitaires de navigation actuels mais l'un des nombreux systèmes similaires qui sont d'ores et déjà en fonctionnement ou en cours de développement dans le monde, comme aux États-Unis et au Canada (WAAS), au Japon (MSAS) et en Inde (GAGAN). EGNOS sera interopérable avec ces autres systèmes puisqu'ils reposent sur des normes internationales communes.

EGNOS pourra avoir des applications dans l'aviation civile, car il respecte les normes de l'Organisation de l'Aviation civile internationale (OACI). Il aura également de nombreuses applications dans les transports quel qu'en soit le mode et dans bien d'autres domaines. EGNOS sera intégré à Galileo dans le cadre de l'infrastructure GNSS.

L'exploitation préliminaire d'EGNOS a déjà commencé et c'est en 2006 que le service ouvert EGNOS doit être déclaré accessible aux applications non critiques sur le plan de la sécurité. La qualification du fonctionnement d'EGNOS et l'établissement d'une structure de fourniture de services (par l'intermédiaire du concessionnaire Galileo) permettront ensuite au service de sauvegarde de la vie d'être déclaré opérationnel.

Un peu d'histoire



GIOVE

Galileo Galilei, dit Galilée (1564-1642), l'un des premiers hommes à avoir observé les étoiles avec un télescope, découvre le 7 janvier 1610 les quatre premières lunes de Jupiter ('Giove' en italien). Sidereus Nuncius, le livre dans lequel il relate sa découverte et qui le rendra célèbre, sera imprimé à Venise à la mi-mars 1610.

Quelques années plus tard, ces quatre lunes seront baptisées Io, Europa, Ganymède et Callisto.

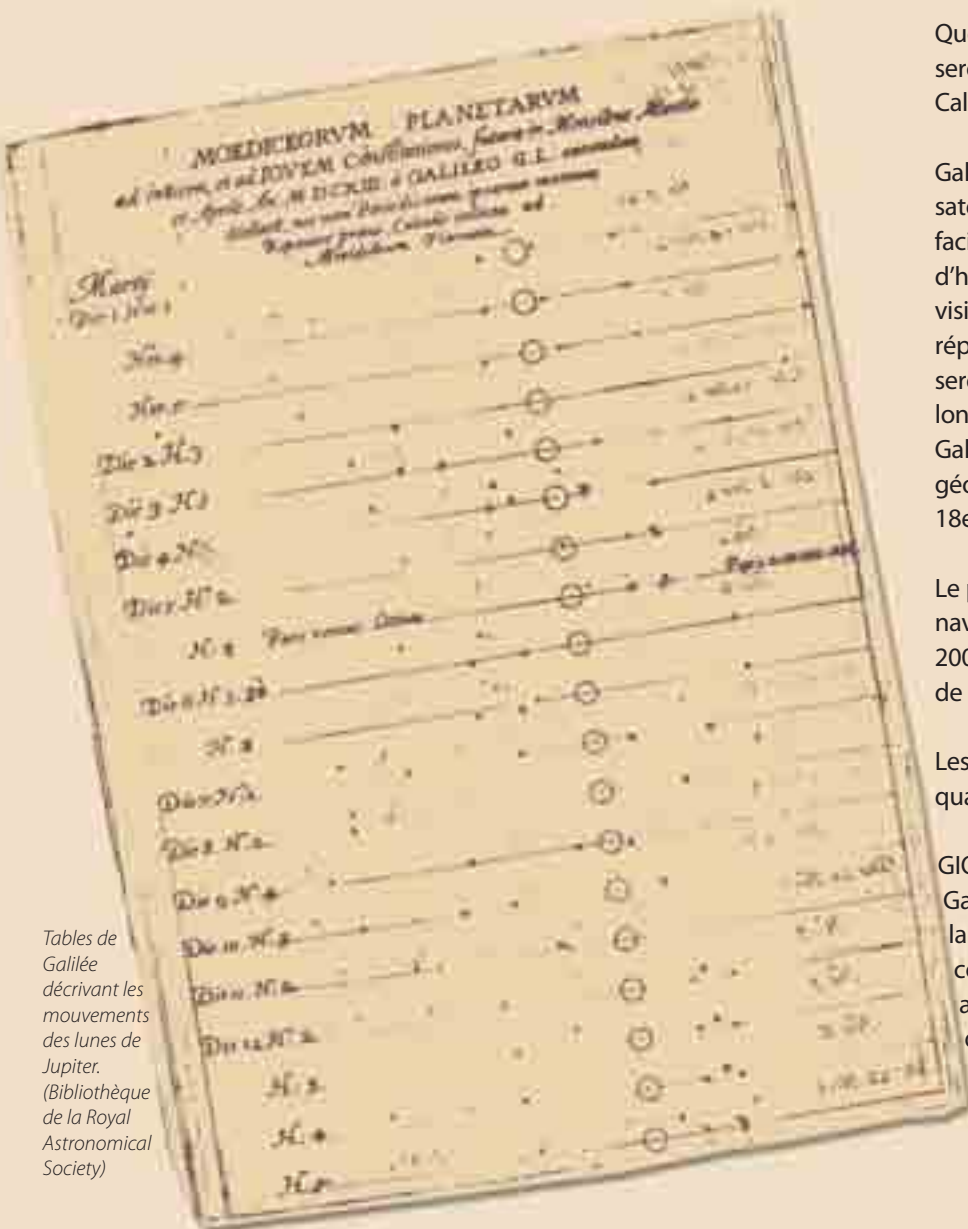
Galilée réalise que la position de ces quatre satellites, fréquemment éclipsés par Jupiter et facilement observables, peut faire office d'horloge et que cette horloge est en outre visible en tout point de la Terre. Des tables répertoriant le mouvement de ces satellites seront désormais utilisées pour déterminer la longitude en mer et à terre. La méthode de Galilée va révolutionner la navigation, la géodésie et la cartographie au cours des 17e et 18e siècles.

Le premier satellite du programme européen de navigation par satellite Galileo a été lancé fin 2005 en tant qu'Élément de Validation en Orbite de Galileo – GIOVE en abrégé.

Les deux satellites GIOVE-A et -B seront suivis des quatre premiers satellites opérationnels en 2008.

GIOVE-A et -B et les quatre premiers satellites GalileoSat ouvriront la voie au déploiement de la constellation Galileo en vraie grandeur. Cette constellation sera constituée de 30 satellites et assurera un service satellitaire de localisation, de navigation et de synchronisation marquant l'entrée de l'Europe dans le 21e siècle.

Tables de Galilée décrivant les mouvements des lunes de Jupiter. (Bibliothèque de la Royal Astronomical Society)





Le programme Galileo

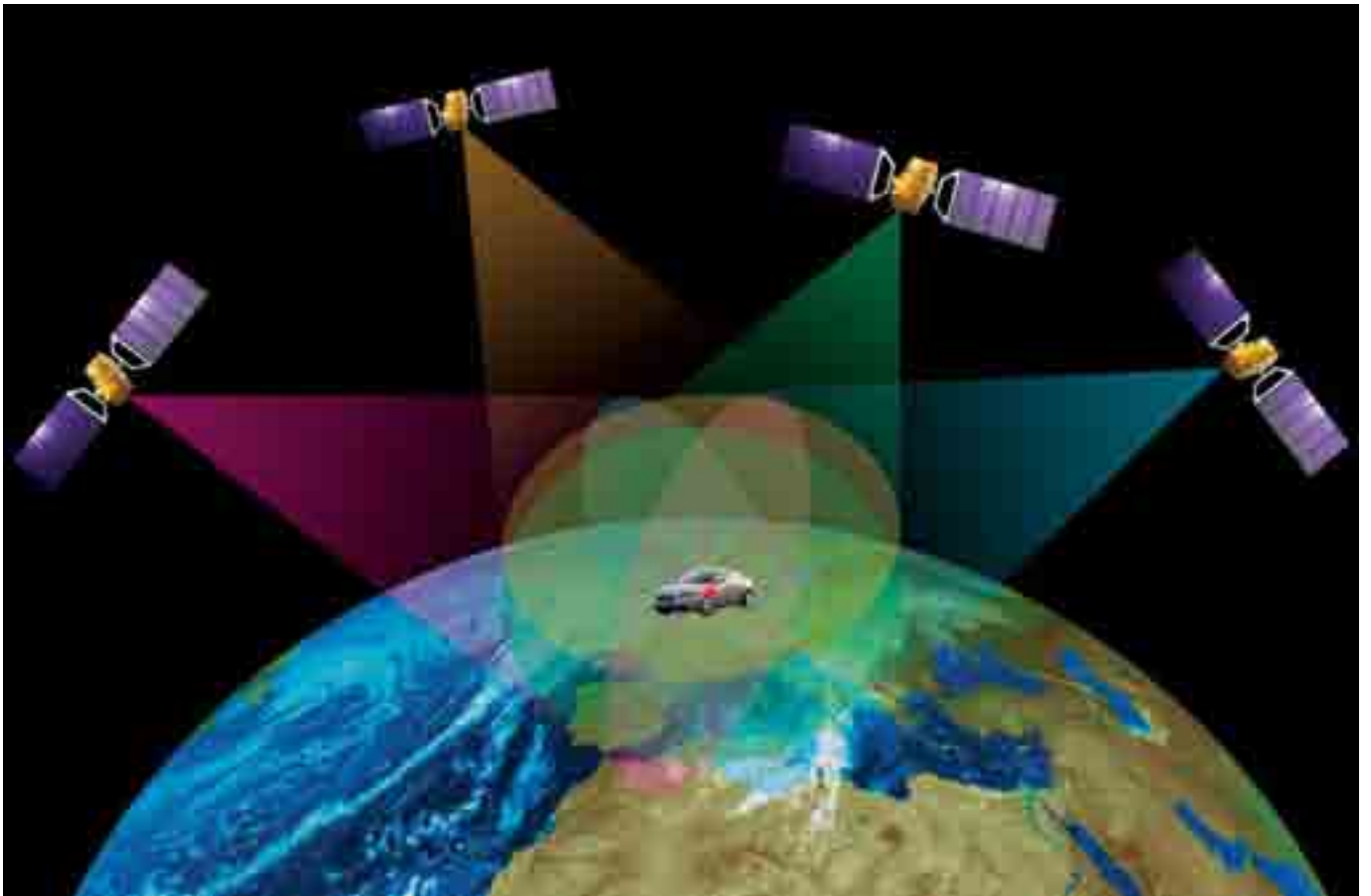
Galileo est le fruit d'une série de décisions politiques et d'études techniques qui ont commencé au début des années 1990. L'ESA avait même procédé en 1982 à l'étude d' « un segment utilisateur de Navsat ».

A l'ESA, les premières propositions ont été élaborées dans le cadre du Système mondial de navigation par satellite (GNSS). La proposition de programme relative à EGNOS (GNSS-1) établie par l'ESA, la CE (Commission Européenne) et Eurocontrol en 1994, a été approuvée par les États membres de l'ESA en octobre 1998. Auparavant, en mars 1998, le Conseil transports de la CE avait demandé que l'Europe prenne position sur le GNSS. Le Conseil de l'ESA a approuvé le programme GalileoSat en mai 1999 au niveau ministériel et, en

juin de la même année, le Conseil transports de l'UE a adopté une première résolution sur Galileo. En novembre 2001, le Conseil de l'ESA réuni au niveau ministériel approuve le développement de Galileo (Phase C/D avec un budget de 550 M€) et en mars 2002, le Conseil transports de l'UE fait de même (450 M€). En mai 2003, les États membres de l'ESA conviennent des conditions de participation au programme Galileo.

Le coût global du système Galileo avait initialement été estimé à 3,4 milliards d'euros sur lesquels la participation du secteur public à la phase de développement et de validation devait représenter un investissement de 1,1 milliard d'euros réparti entre l'ESA et la CE. En 2005, le coût de cette phase a été réévalué à 1,5 milliard d'euros.

Principe de la navigation par satellite



La navigation par satellite permet d'établir précisément une position en mesurant la distance séparant des satellites d'un récepteur. Le récepteur enregistre les signaux horaires de plusieurs satellites et détermine sa position en calculant son éloignement par rapport à ceux-ci. Il effectue ce calcul en mesurant le temps que les signaux mettent à lui parvenir à partir des satellites. Pour connaître sa position, le récepteur a besoin des signaux d'au moins quatre satellites de navigation.

La précision de la position calculée dépend de la précision avec laquelle le temps est mesuré. Seules les horloges atomiques apportent la précision nécessaire, de l'ordre de la nanoseconde. Ces horloges constituent l'une des principales technologies novatrices des satellites Galileo et contribuent à la définition de références de temps internationaux. La mesure du temps est meilleure si l'on dispose du signal de quatre satellites de sorte qu'une attention particulière a été portée au choix du nombre de satellites de la constellation et à leurs orbites.

Crédits photographiques : Royal Astronomical Society Library (p.18), Bridgeman (p.18), Galileo Industries (pp. 7, 11) ;
ESA : P. Carril (page de couverture, pp. 4, 5, 6, 7), S. Corvaja (page de couverture, P. 12), D. Detain (p. 13), J. Huart (pp. 3, 8, 9),
A. Le Floch (pp. 4, 10, 16), E. Pedoussaut (p.13), P. Sebirot (page de couverture), Trimaran (p. 12), J. Van Haarlem (pp. 6, 7),
Zig Zag (page de couverture, pp. 2, 3, 19)

Entreprise commune Galileo
Rue du Luxembourg 3
B-1000 Bruxelles
Belgique
Tél. : +32 2 507 80 00
Fax : +32 2 507 80 01
Courrier électronique : info@galileoju.com
<http://www.galileoju.com>

Agence spatiale européenne
Direction Union européenne et programmes industriels
8-10 rue Mario Nikis
F-75738 Paris CEDEX 15
France
Tél. : +33 1 53 69 77 26
Fax : +33 1 53 69 72 86
Courrier électronique : dominique.detain@esa.int
<http://www.esa.int/navigation/>

Commission européenne
Direction générale de l'énergie et des transports
Unité E.4 - Système de navigation par satellite (Galileo), Transport intelligent DM28 1/64
B-1049 Bruxelles
Belgique
Tél. : +32 2 295 60 40
Fax : +32 2 296 53 72
Courrier électronique : tren-galileo@cec.eu.int
http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/galileo/



European Space Agency
Agence spatiale européenne

Contact: *ESA Publications Division*
c/o ESTEC, PO Box 299, 2200 AG Noordwijk, The Netherlands
Tel (31) 71 565 3400 - Fax (31) 71 565 5433