



# Galileo

*Le programme européen de  
navigation par satellite*



Commission  
européenne



# *Galileo*

*Le programme européen de  
navigation par satellite*

**BR-186 (version française)**

Juillet 2002

ISBN 92-9092-730-5

ISSN 0250-1589

**Coordinateur:** Apostolia Karamali, Galileo Interim Support Structure

**Rédacteur:** Andrew Wilson, Division des publications de l'ESA

**Mise en page et infographie:** Carel Haakman, Division des publications de l'ESA

**Publié par:** Division des publications de l'ESA, ESTEC, Boîte postale 299, 2200 AG Noordwijk, Pays-Bas

© 2002 Agence spatiale Européenne

**Prix:** 10 euros

Imprimé aux Pays-Bas



# *Sommaire*

Galileo: des enjeux technique, économique et politique	5
Les atouts de la navigation par satellite	7
Applications: Ouverture d'horizons nouveaux	13
Services: L'espace à portée de l'utilisateur	19
Infrastructure espace-sol	23
Excellence en matière de développement technologique	27
Mise en œuvre et gestion	31

# Galileo

Galileo, premier système de navigation et de positionnement par satellite spécifiquement conçu à des fins civiles, sera plus performant, plus avancé et plus sûr que le système GPS dont les États-Unis ont actuellement le monopole. L'ampleur des besoins futurs en matière de navigation et l'exigence de couverture mondiale ne peuvent être satisfaits par un système unique.



©ESA-J. Huart

# *Galileo: des enjeux techniques, économiques et politiques*

Galileo constituera le premier système de navigation et de positionnement par satellite spécifiquement conçu à des fins civiles. Ses applications déjà rentables couvriront de nombreux domaines de notre vie – à commencer par un transport sûr et efficace. En utilisant simplement de petits récepteurs, nous serons en mesure de déterminer notre position avec une précision de l'ordre du mètre.

Galileo est vital pour l'avenir de la haute technologie en Europe. Il générera des marchés importants et assurera à l'Europe l'avance technologique critique lui permettant d'être compétitive sur le plan mondial.

Il est essentiel pour l'Europe et pour le monde entier de disposer d'une alternative indépendante au monopole que détiennent actuellement les États-Unis avec le Système de Positionnement Global (GPS), moins avancé, moins performant et moins sûr. En outre, le niveau des besoins futurs en matière de navigation et l'exigence de couverture mondiale ne peuvent être satisfaits par un système unique.



Le programme Galileo a finalement été lancé. Bien que le coût de déploiement du système représente quelque 3,2 à 3,4 milliards d'euros, son rejet aurait eu un coût colossal: plus de 100 000 créations d'emplois et un marché des équipements et services de près de 10 milliards d'euros par an d'ici 2010.

Galileo





# Les atouts de la navigation par satellite

## Navigation et synchronisation de temps par satellite

La navigation par satellite identifie une position en mesurant les distances par rapport à, au moins, trois positions connues – les satellites Galileo.

La distance par rapport à un satellite définit une sphère de solutions possibles. La combinaison de trois sphères permet de définir une zone commune unique contenant la position inconnue. La précision des mesures de distance détermine l'étendue de la zone commune et par conséquent la précision de la position finale. Dans la pratique, un récepteur capte les signaux horaires des satellites et les convertit en distances respectives.

La précision de la position sera fonction de la précision de la mesure du temps. Seules les horloges atomiques offrent la précision nécessaire, de l'ordre de la nanoseconde ( $10^{-9}$ s). Ces horloges représentent un élément technologique majeur à bord des satellites Galileo et pourraient contribuer à la définition de normes horaires internationales. L'horloge

du récepteur de l'utilisateur pouvant être décalée par rapport à la référence du temps de la constellation, la mesure de temps nécessite l'utilisation d'un quatrième satellite; il conviendra par conséquent de sélectionner avec soin le nombre de satellites et leurs orbites.

## L'avènement de Galileo

Galileo comprend une constellation de 30 satellites répartis en trois orbites circulaires à une altitude de l'ordre de 24 000 km pour couvrir la surface entière de la Terre. Ils seront épaulés par un réseau mondial de stations terrestres.

Il existe actuellement deux réseaux de satellites de radionavigation: le GPS américain et le système russe Glonass, tous deux conçus pendant la Guerre Froide à des fins militaires. Etant donné que le système russe n'a donné naissance à aucune application civile, Galileo offre une alternative réelle à l'établissement d'un monopole de facto en faveur du système GPS et de l'industrie américaine.

Le GPS est utilisé en grande partie à des fins civiles mais comporte véritablement

plusieurs défauts majeurs:

- une précision du positionnement médiocre et variable (précision parfois seulement de plusieurs dizaines de mètres), en fonction du lieu et de l'heure;
- la fiabilité qui laisse à désirer. La couverture des régions situées à des latitudes élevées (mais traversées par de nombreuses lignes de transport aérien) est aléatoire, tout comme la pénétration des signaux dans les zones denses et centres des villes. De plus, le caractère essentiellement militaire du système GPS signifie qu'il y a toujours un risque de coupure pour les utilisateurs civils en cas de crise.

Qu'elles soient volontaires ou non, les interruptions du signal peuvent avoir des conséquences catastrophiques – en particulier parce qu'il n'y a pas d'avertissement et aucune information immédiate concernant les erreurs.

Par exemple, un organisme de recherche canadien a souligné le cas d'un avion frappé par une interruption non





annoncée du signal de plus de 80 minutes, elle-même aggravée par une erreur initiale de positionnement de 200 km lorsque le contact a été rétabli. Les Autorités islandaises de l'aviation ont signalé plusieurs vols trans-atlantiques ayant subi des perturbations similaires dans leur zone de contrôle. Des avions civils ont subi des interruptions du signal de 20 minutes dans trois états du centre des États-Unis, et des commandants de bord ont fait état du même phénomène au-dessus de la Méditerranée.

En août 2001, le rapport du Volpe National Transportation Centre mandaté par le Gouvernement des États-Unis a clairement souligné un certain nombre de défaillances de ce type. Même la mise en place du GPS III optimisé, envisagé par les États-Unis, ne permettrait pas de résoudre tous ces problèmes. Il y a une absence totale de garantie de service et de responsabilité – car celles-ci sont incompatibles avec les objectifs militaires du système – avec toutes les implications que l'on peut imaginer en cas d'accident d'avion ou de naufrage de pétrolier.

L'Union européenne a décidé par conséquent, en étroite collaboration avec l'Agence spatiale européenne, de développer son propre système répondant aux critères de précision, fiabilité et sécurité.

Galileo offre une précision supérieure et constante grâce en particulier à la structure de sa constellation de satellites et de son système de relais au sol. Une précision garantie d'un mètre est nécessaire pour certaines applications telles que l'arrivée dans un port maritime ou la localisation d'un véhicule volé, même s'il se trouve dans un garage.

Le système Galileo offre une fiabilité supérieure parce qu'il comporte un message d'intégrité informant immédiatement les utilisateurs d'erreurs possibles, et parce qu'il couvre des zones difficiles telles que l'Europe septentrionale.

Pour certains services, Galileo offrira le niveau de continuité très élevé qu'exigent aujourd'hui le monde des affaires, en particulier pour satisfaire aux obligations contractuelles.

### Marchés d'applications

La transmission satellitaire est maintenant passée dans les mœurs dans des domaines tels que la téléphonie, la télévision, les réseaux informatiques, l'aviation, le transport maritime et bien d'autres. La gamme d'applications offerte par le système Galileo est extrêmement variée et le nombre de retombées potentielles est immense.

Par exemple, le bénéfice uniquement pour les compagnies aériennes et maritimes est estimé à quelque 15 milliards d'euros entre 2008 et 2020. Ceci comprend les économies générées par des vols plus directs grâce à une meilleure gestion du trafic aérien, un contrôle au sol plus efficace, des retards de vol moins nombreux et un système de navigation unique, polyvalent et global. On peut s'attendre à des avantages similaires dans le domaine du transport maritime.

Les avantages pour les systèmes d'aide à la conduite du futur sont également extrêmement importants. A l'heure actuelle, les accidents de la route (dont



40 000 mortels) induisent des coûts sociaux et économiques représentant 1,5 à 2,5% du produit national brut (PNB) de l'Union européenne. L'encombrement routier entraîne des coûts supplémentaires estimés à environ 2% du PNB européen. Une réduction importante de ces chiffres grâce à Galileo aura par conséquent des avantages socio-économiques énormes, sans parler du nombre de vies sauvées.

Le nombre d'applications dans le domaine des transports terrestres augmente. Les constructeurs de véhicules automobiles proposent maintenant à leurs clients des systèmes de navigation qui combinent le positionnement par satellite et les données routières afin d'éviter les embouteillages et de réduire le temps de trajet, la consommation de carburant et par conséquent la pollution. Les sociétés de transport routier et ferroviaire pourront suivre le déplacement de leurs camions, wagons ou conteneurs d'une manière plus efficace, et mieux lutter contre le vol et la fraude. Les sociétés de taxis utilisent maintenant ces systèmes pour offrir à

leurs clients un service plus rapide et plus fiable.

La valeur de Galileo ne se limite pas à l'économie et aux entreprises. Ce sera à l'évidence également un outil précieux pour les services d'urgence (pompiers, police, personnel médical, sauvetage en mer et en montagne), qui répondront plus rapidement aux personnes en danger. Galileo peut guider les aveugles, surveiller les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer avec perte de mémoire, et guider les explorateurs, les randonneurs pédestres ou les amateurs de voile.

Bien d'autres secteurs bénéficieront également de Galileo. Il sera utilisé comme outil topographique pour le développement urbain et les grands travaux publics, pour les systèmes d'information géographique, pour une gestion plus efficace des terres agricoles, et pour faciliter la protection de l'environnement. Ce sera un moyen favorisant le développement des téléphones mobiles de troisième génération avec applications Internet.

Il facilitera l'interconnexion de réseaux et systèmes de télécommunications, d'électricité et de services bancaires grâce à la précision extrême de ses horloges atomiques. Il sera également de toute première importance pour aider les pays en voie de développement à préserver leurs ressources naturelles et à développer leur commerce international.

Les perspectives d'application sont énormes. Tout comme avec le micro-ordinateur il y a 20 ans ou Internet il y a 10 ans, il est fort probable que nous ne distinguons actuellement que la partie visible de l'iceberg.

Pour répondre à toutes ces demandes, Galileo offrira plusieurs niveaux de service:

- un niveau de base gratuit, mettant l'accent sur les applications grand public et les services d'intérêt général. Le système GPS est également gratuit pour ces applications mais Galileo offre une qualité et une fiabilité supérieures;
- des niveaux de service à accès





restreint pour les applications commerciales et professionnelles exigeant des performances supérieures pour générer des services à valeur ajoutée. Ces niveaux vont jusqu'à un service à accès très restreint pour les applications qui ne doivent en aucun cas être perturbées.

Les services payants contribueront à financer le système.

### **Enjeux critiques pour l'Europe**

Galileo permettra à l'Europe de gagner son indépendance technologique, comme elle le fit avec les projets Ariane et Airbus. Il est essentiel que l'Europe ait sa place dans l'un des principaux secteurs industriels du XXI<sup>e</sup> siècle, un domaine déjà largement reconnu aux États-Unis. Sans Galileo, le développement, voire même la survie des secteurs européens de la nouvelle technologie, seraient sérieusement menacés. L'avance technologique de Galileo confèrera aux secteurs européens participants un avantage concurrentiel considérable dans ce domaine et dans les nombreuses applications qui en découlent.

Selon différentes études, le marché des équipements et services résultant du programme est estimé à environ 10 milliards d'euros par an, avec la création en Europe de plus de 100 000 emplois hautement qualifiés. En revanche, si l'Europe manque ces nouveaux développements, de nombreux emplois dans l'électronique et l'aérospatiale finiront par disparaître.

En termes de coopération internationale, les technologies de pointe sont l'atout principal garantissant la position de l'Europe dans le monde.

L'UE a clairement indiqué qu'elle souhaite impliquer les pays non membres qui seraient intéressés aux activités de recherche, développement et démarrage industriel de Galileo. Ceci ne peut que renforcer nos liens et notre intérêt commun, sans parler du choix qui sera offert au monde entier.

### **Investissement et viabilité économique**

Il convient de souligner que Galileo n'est pas cher. Son coût de développement et de déploiement, y compris le lancement

de 30 satellites et l'installation des équipements au sol, est de 3,2-3,4 milliards d'euros. Ce coût est équivalent à celui de la construction de 150 km d'autoroute semi-urbaine ou d'un tunnel principal pour la future liaison ferroviaire à grande vitesse entre Lyon et Turin. C'est moins que la liaison d'Øresund entre le Danemark et la Suède ou que le cinquième terminal en cours de construction à l'aéroport de Heathrow. C'est environ les deux tiers du coût de la liaison ferroviaire à grande vitesse entre Liège, Cologne et Frankfurt, ou des 160 km du projet Betuwe d'infrastructure ferroviaire pour le transport de conteneurs aux Pays-Bas.

Les différentes études réalisées montrent que le projet est économiquement viable. La dernière étude en date, réalisée par PricewaterhouseCoopers, s'appuyant sur des projections mises à jour sur une période de 20 ans, indique un ratio avantages/coûts de 4,6 – ce qui est supérieur à tout autre projet d'infrastructure en Europe. Le rapport précise que ces estimations sont prudentes et que les avantages calculés



ne prennent en compte que l'aviation, le transport maritime et dans une certaine mesure les applications routières.

### Une structure originale et innovante

Galileo adopte une structure originale et innovante pour encourager le partenariat public-privé. Pour achever la phase de développement et de validation, et préparer la phase de déploiement, une forme originale de société prévue à l'article 171 du traité instituant la Communauté européenne doit être mise en place: une entreprise commune. Ses membres fondateurs sont l'UE et l'ESA. En outre, la Banque européenne d'investissement et, dans une phase ultérieure, des sociétés souscrivant un minimum de 5 millions d'euros (250 000 euros pour les PME souscrivant individuellement ou collectivement) peuvent également devenir membres.

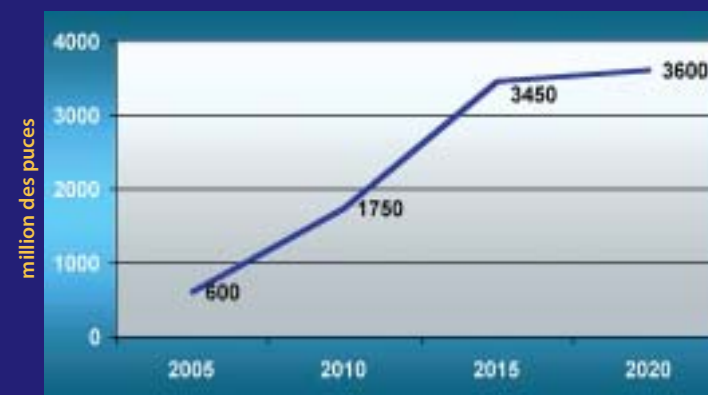
Cette structure est prévue pour encourager le secteur privé à s'engager. D'une part elle évite aux sociétés d'avoir à prendre le train en marche, mais de l'autre, les sociétés industrielles qui seront les principaux bénéficiaires des marchés

gigantesques générés par Galileo auraient tort d'attendre passivement que des contrats publics leur soient octroyés.

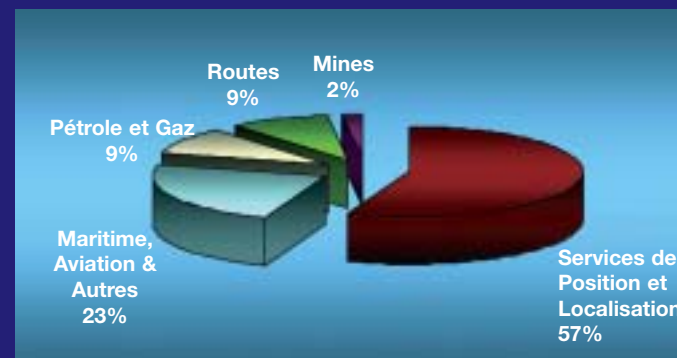
En plus du secteur spatial, qui tire traditionnellement profit des programmes de recherche de l'UE, les bases d'un partenariat public-privé doivent être définies avec un grand nombre de sociétés. En contribuant au capital de l'entreprise commune, les sociétés assumeront leur part des risques normaux associés aux activités industrielles. On ne peut pas s'attendre à ce que les fonds publics couvrent tous les coûts engagés.

Bien qu'il incombe au secteur public de réaliser des analyses prospectives, de détecter les marchés émergents futurs et d'encourager leur développement – comme avec Ariane et Airbus – il convient également que les grandes sociétés, qui dans certains cas et jusqu'à très récemment ont été protégées par les pouvoirs publics, se projettent au-delà du court terme si elles veulent survivre face à la concurrence mondiale.

### Prévision du marché mondial des puces GNSS

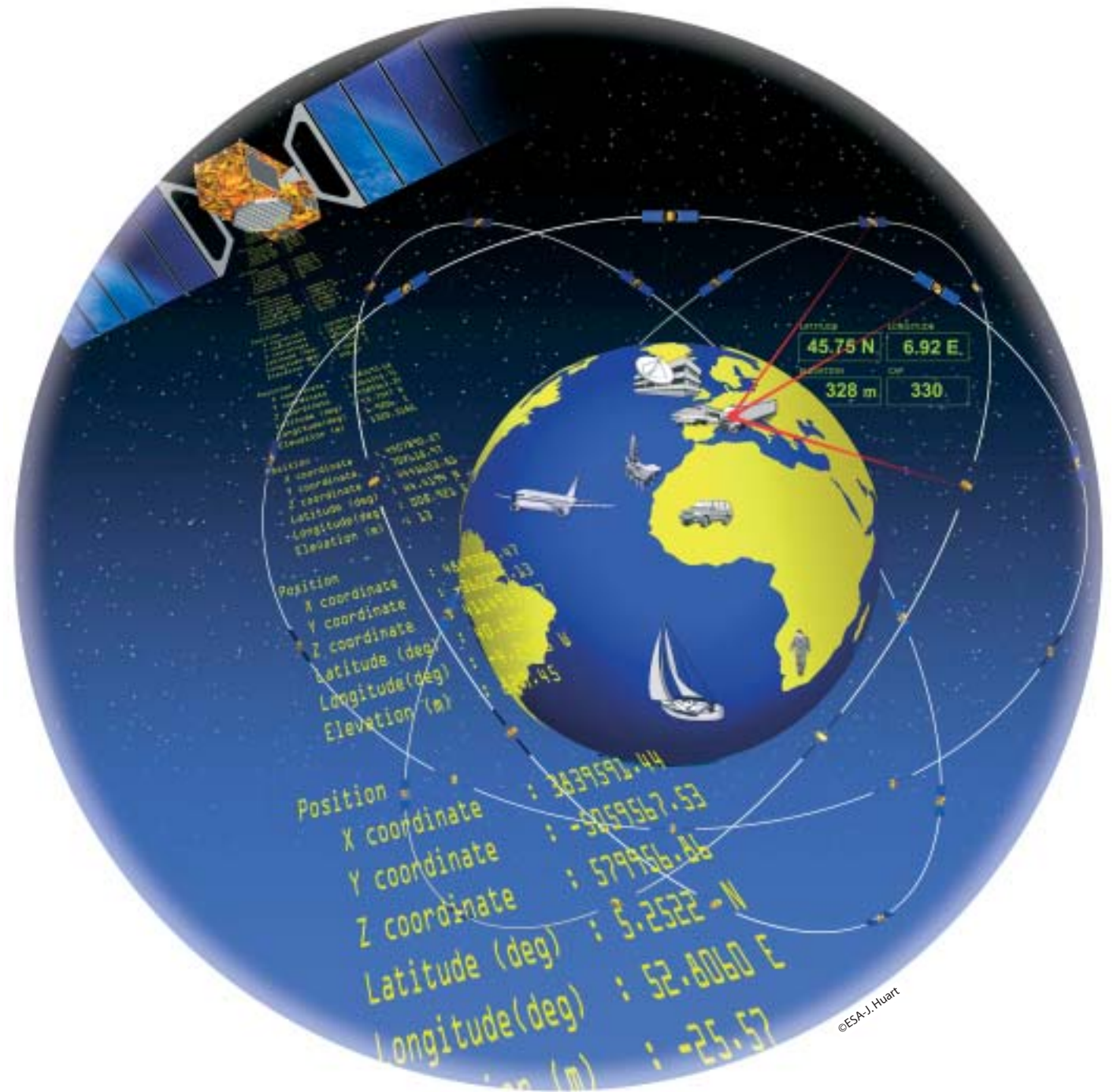


### Prévision du marché GNSS pour GALILEO en 2020 par application





# Galileo



# *Applications: Ouverture d'horizons nouveaux*

Le système Galileo est conçu comme une infrastructure centrale sur laquelle des applications seront élaborées. Il fait partie de l'infrastructure technique de la société, comprenant des systèmes de communication et de radiodiffusion, dont nous sommes tous fortement dépendants. Les applications que Galileo rend possibles vont au-delà de la détermination de l'heure et de la position d'un utilisateur, et intègrent en fait des technologies nouvelles pour satisfaire les besoins émergents des utilisateurs.

Les applications soutiennent et favorisent l'innovation européenne dans l'industrie, la recherche et les petites et moyennes entreprises. Dans certains domaines, elles peuvent générer des avantages directs pour les citoyens et leur environnement social en améliorant l'efficacité et la rentabilité des systèmes, ou simplement en facilitant les activités quotidiennes.

Les applications Galileo reposeront sur des services intégrés: les données de navigation sont combinées à des couches d'informations complémentaires. Les nombreux domaines d'applications vont

du transport (aérien, ferroviaire, maritime, routier, pédestre) à la synchronisation, l'ingénierie, les sciences, l'environnement, la recherche, le sauvetage, et même les loisirs. Ces domaines ont à leur tour une incidence directe sur des secteurs de marché tels que le pétrole et le gaz, la banque, les assurances, les télécommunications et l'agriculture.

Certaines applications exigent du système des fonctions spécifiques. Ces fonctions n'existent pas dans les systèmes de positionnement actuels et constitueront une valeur ajoutée pour Galileo en tant que système civil. Elles peuvent inclure une garantie de service, la responsabilité de l'opérateur de services, la traçabilité des actions passées, la transparence des opérations, la certification et un service compétitif en termes de précision et de disponibilité. De nouvelles applications apparaissent chaque jour sur ce marché énorme qui devrait atteindre au moins 1750 milliards d'utilisateurs en 2010 et 3,6 milliards en 2020. Les quelques exemples développés ci-dessous illustrent le potentiel de Galileo.

## **Transport**

Les applications dans le domaine des transports constituent la catégorie d'utilisateurs par excellence de Galileo. Les services du système seront utilisés dans tous les domaines du transport – aérien, maritime, routier, ferroviaire et même pédestre. Chaque segment d'utilisateurs a ses besoins spécifiques, et Galileo a été conçu pour les satisfaire tous.

Dans l'aviation civile, Galileo peut être utilisé au cours de différentes phases de vol: navigation en route, approche d'aéroport, atterrissage et guidage au sol. Galileo sera particulièrement utile en l'absence d'infrastructures telles que les radars de mouvement au sol.

Dans le domaine maritime, Galileo sera utilisé pour la navigation embarquée dans toutes les formes de transport, y compris la navigation hauturière et côtière, l'approche et les manœuvres portuaires. Les caractéristiques de Galileo, qui en font un système convenant même aux applications actuelles les plus exigeantes, permettront la définition et le développement de nouvelles applications,

telles que le système d'identification automatique, pour améliorer la sécurité de la navigation. La navigation fluviale, notamment dans des environnements critiques, bénéficiera également de Galileo et de son interopérabilité avec d'autres systèmes et capteurs.

Les applications routières comprennent l'aide à la navigation pour l'automobile, la gestion de parc de taxis, camions et bus, et l'assistance au conducteur. Les services d'information pour les usagers de la route peuvent également s'appuyer sur Galileo. Le comportement routier peut être contrôlé au moyen d'enregistreurs de navigation embarqués afin de générer des informations utiles aux autres usagers de la route. Les données des véhicules peuvent être stockées avec l'heure exacte et des données précises de positionnement afin de déterminer les responsabilités en cas d'accident. Pour que les données enregistrées soit utilisables devant un tribunal et par les compagnies d'assurance, elles doivent être d'une grande fiabilité, garanties et provenir d'un système certifié. Galileo répond à ces exigences.

Les niveaux de performance de Galileo – souvent appuyés localement par des composantes terrestres – et sa fiabilité optimisée (continuité et intégrité garanties) amélioreront la sécurité et la mobilité de la circulation routière. Des systèmes évolués d'assistance au conducteur combinés aux récepteurs Galileo intégreront des fonctionnalités telles que l'avertissement de collision, les aides à la vision et aux manœuvres à vitesse réduite.

La communauté ferroviaire bénéficiera également de service de régulation des trains, de contrôle des trains, de gestion du parc de véhicules et de conteneurs, de mesure préalable des voies et d'information aux voyageurs. Galileo peut contribuer à réduire le nombre d'accidents susceptibles de faire des centaines de victimes. Pour maîtriser des risques tels que le transport de matières dangereuses dans des zones fortement peuplées, un niveau de précision élevé est nécessaire ainsi que des niveaux élevés d'intégrité, de disponibilité et de garantie de service. La certification du service est une condition *sine qua non* pour déployer un système

répondant aux exigences de sécurité des applications ferroviaires.

La navigation par satellite jouera un rôle dans l'amélioration des contrôles aux frontières. Les contrôles physiques pourraient se limiter aux marchandises ou personnes non surveillées par cette technique. Cette plus grande efficacité sera profitable aux autorités douanières et au public.

Galileo jouera un rôle essentiel dans toutes les applications précitées en raison de ses caractéristiques intrinsèques de certification, transparence des opérations et garantie de service découlant de sa nature civile. En outre, la gestion d'intégrité ('indicateurs d'intégrité' en temps réel) des performances de navigation sur l'ensemble des services de navigation fait de Galileo un système adéquat pour toutes les applications de sauvegarde de la vie.

## **Energie**

La synchronisation très précise qui peut être obtenue avec Galileo permettra d'optimiser le transport d'électricité sur les

lignes de transport d'énergie électrique. Galileo pourrait également faciliter la maintenance des infrastructures de distribution d'électricité. Les réseaux d'énergie électrique sont gérés en permanence par toute une gamme d'instruments répartis autour du réseau. Les informations en provenance de ces instruments sont utilisées pour réparer le réseau en cas de rupture d'une ligne de transport d'électricité ou d'apparition de faiblesses. Galileo améliorera le temps nécessaire aux instruments pour assurer le rétablissement intégral du service.

Le secteur pétrolier et gazier peut tirer profit de l'utilisation de Galileo dans un grand nombre de domaines. Par exemple, l'exploration sismique marine utilisera le service de positionnement à la fois pour le navire d'acquisition de données sismiques et pour les ensembles de flûtes marines et de perforateurs. Ceci renforcera la sécurité des opérations de forage, en permettant d'effectuer un relevé haute résolution des nouveaux sites et l'identification des risques géo-morphologiques ou géophysiques éventuels.





Le positionnement de l'installation de forage et du navire manipulateur d'ancres associé sera amélioré grâce à Galileo. Des données de positionnement précises seront fournies lors du transit et du positionnement final des remorqueurs par rapport à l'installation de forage, à l'ancrage des plates-formes semi-submersibles et des éventuelles installations de forage indépendantes. La position finale de l'installation de forage ainsi que l'orientation finale de la plate-forme seront déterminées avec un degré de précision élevé.

La tendance dans le secteur pétrolier et gazier est de s'écarter des gisements établis pour se tourner vers des sites éloignés dépourvus d'infrastructure locale. Dans ces régions, le positionnement et les communications par satellite ont une importance vitale. La transmission de données en temps réel associée à la détermination de la position permet aux compagnies pétrolières de prendre des décisions en temps réel concernant les opérations de forage. Les informations d'intégrité fournies par Galileo sont d'une importance capitale lorsque l'on approche de la cible et que l'on se prépare à ancrer

ou à abaisser les pieds de la plate-forme de forage.

### **Finance, banque, assurance**

A mesure que les transactions financières en ligne prennent une importance croissante dans la vie quotidienne, l'intégrité, l'authenticité et la sécurité des données transmises apparaissent comme des questions capitales en matière d'échange électronique de documents. Par exemple, l'une des préoccupations majeures dans le domaine du commerce électronique est la sécurité des informations fournies par le client lors du processus d'achat. Ceci nécessite généralement un système de chiffrement dédié. De même, les services bancaires en ligne sont exposés à des risques tels que la falsification de transactions et l'accès non autorisé aux documents, comptes et cartes de crédit. Les activités boursières sont exposées à des risques similaires. L'estampillage des données basé sur une référence horaire légale et traçable permettra de limiter ces risques.

Les systèmes en ligne ont créé le besoin d'une documentation précise et

juridiquement valable, fournissant des informations détaillées sur l'utilisateur ainsi que sur la nature et la taille de la transaction. Des signatures électroniques sont actuellement utilisées, mais un horodatage améliorera considérablement la sécurité de ces systèmes. Un signal horaire sécurisé reposant sur le système Galileo pourrait être utilisé dans un système de chiffrement fiable offrant comme valeur ajoutée la traçabilité et la fiabilité des données horaires.

Dans le secteur des assurances, Galileo fournit un moyen efficace de contrôle et de surveillance des marchandises précieuses. Ceci s'applique au transfert de lingots d'or entre les banques nationales, aux œuvres d'art, et au transport de billets de banque en grande quantité en vue de leur distribution aux banques ou de leur destruction. Un suivi continu réduit les risques et profite ainsi aux compagnies d'assurance et à leurs clients.

Les services certifiés qu'offre Galileo fournissent non seulement des informations valides sur le plan juridique, mais permettent également la mise en



place d'un grand nombre de services en rapport avec l'assurance automobile et l'assurance des biens. Ceci devrait avoir des conséquences importantes pour le secteur des assurances ainsi que pour les utilisateurs finaux, car il pourrait en résulter des conditions nouvelles en matière de prime et de police.

### **Agriculture et pêche**

Avec l'importance croissante de la sécurité des aliments aux yeux des décideurs, les risques alimentaires et les préoccupations des consommateurs, la réalisation à tout prix des objectifs traditionnels de rendement n'est plus le moteur principal de l'agriculture. Au contraire, les agriculteurs visent des produits agricoles de meilleure qualité, tout en respectant l'environnement et en maintenant un niveau de revenu acceptable.

La navigation peut contribuer à gérer le rendement et la pulvérisation d'engrais, d'herbicides et d'insecticides afin de régénérer les zones à faible rendement et maîtriser les mauvaises herbes et insectes nuisibles. Des récepteurs Galileo peuvent être facilement installés sur des

moissonneuses, tracteurs et pulvérisateurs automoteurs.

Une bonne maîtrise des rendements signifie non seulement une gestion efficace des ressources et par conséquent un retour important sur investissement, mais contribue de plus à la sauvegarde de l'environnement agricole, qui, à son tour, est souvent réglementé par une série de règles. Les agriculteurs pourraient avoir l'obligation légale de fournir des cartes indiquant les zones exactes où des produits chimiques ont été pulvérisés.

Le secteur de la pêche bénéficiera aussi du système Galileo. En plus de la navigation quotidienne et du positionnement des navires, Galileo peut aider à contrôler les ressources halieutiques grâce aux données provenant de la mer et des environs.

Les services certifiés de Galileo permettront aux autorités de s'assurer que les navires de pêche opèrent uniquement dans les zones désignées. Ceci s'applique tout particulièrement au niveau international, où des règles strictes

régissent la pénétration dans les eaux territoriales.

De même, Galileo permettra de créer ou d'améliorer les cadastres. Ceci contribuera à instaurer une sécurité juridique alors que les informations cadastrales aujourd'hui sont souvent imprécises voire inexistantes.

### **Navigation personnelle**

Galileo ouvre la voie à plusieurs services selon l'emplacement en intégrant le positionnement aux communications, en général dans des terminaux de poche. L'appareil déterminera sa position soit uniquement à l'aide de Galileo ou en combinaison avec d'autres systèmes.

Les services selon l'emplacement reposent sur la connaissance par les fournisseurs d'accès ou les opérateurs de réseau de la position de l'appelant mobile pour lui fournir des informations appropriées. Les données adressées à l'appareil de l'utilisateur peuvent être automatiquement adaptées pour fournir des services à la demande tels que des informations sur les restaurants, hôtels et théâtres les plus proches, et des prévisions météorologiques.

Cette technique est particulièrement importante dans des situations d'urgence pour identifier les appelants en ayant seulement une vague idée – ou pas d'idée du tout – de leurs positions. Les positions peuvent être déterminées automatiquement et communiquées au service d'urgence le plus proche. Ce concept s'intègre dans le développement, en Europe, du programme E-112 d'appel d'urgence.

Le suivi des personnes est une autre application permettant une meilleure coordination du personnel extérieur: personnel de santé ou des services sociaux visitant des patients, policiers, pompiers, commerciaux. Ce service peut être utilisé de façon générale pour contrôler et coordonner les activités d'un groupe. La même technique peut permettre d'améliorer la sécurité des enfants sur le chemin de l'école.

Le système de facturation des réseaux de communications mobiles pourrait être amélioré. Aujourd'hui, les opérateurs de réseaux mobiles appliquent des tarifs différents en fonction de l'heure du jour.



Bientôt, en localisant les portables, ils pourront également facturer en fonction de la position, en accordant des tarifs d'entreprise dans des zones limitées. La facturation selon l'emplacement pourrait s'étendre à des services tels que les péages routiers et les guides touristiques automatiques.

### Recherche et sauvetage

A l'heure actuelle, la majorité des balises de détresse utilisent le réseau de satellites COSPAS-SARSAT. Malheureusement, la précision est très faible (généralement de quelques kilomètres) et l'alerte n'est pas toujours émise en temps réel. L'avènement de Galileo devrait améliorer considérablement les opérations de recherche et sauvetage (SAR), tout en maintenant la compatibilité avec les émetteurs de secours existant à bord des navires et avions.

Les signaux de détresse doivent être détectés dans des conditions sévères en tout point du globe. Galileo améliorera sensiblement le système en détectant les balises de détresse en temps réel et en les localisant avec une précision de quelques mètres. L'adjonction d'une liaison retour –

des sauveteurs vers la balise – facilitera encore les opérations de sauvetage. L'élément SAR de Galileo sera la contribution européenne à un effort humanitaire international de grande envergure.

### Gestion des crises

La gestion des crises exige des temps de réponse rapides et une utilisation particulièrement efficace des ressources. Une réponse efficace aux incendies de forêt, par exemple, nécessite une alerte précoce ainsi que des informations fiables et précises concernant la position de l'incendie. La police et les services d'urgence doivent connaître avec précision et certitude la position des forces déployées afin de pouvoir les coordonner de façon efficace.

Les inondations, catastrophes maritimes, marées noires, tremblements de terre et opérations d'aide humanitaire sont également des situations de crise.

### Gestion environnementale

Galileo devrait jouer un rôle important pour la communauté scientifique. Par

exemple, la collecte continue de données permettra de réaliser de nouvelles expériences dans différents domaines de la recherche. Galileo pourrait contribuer à la cartographie des océans et de la cryosphère, y compris à la détermination de l'étendue des zones polluées (et la localisation des pétroliers fautifs jusqu'à leur origine), aux études des marées, courants et niveaux des mers, et au suivi des icebergs. Il contribuera à la surveillance de l'atmosphère, l'analyse de la vapeur d'eau pour les prévisions météorologiques et les études de climat, les mesures ionosphériques pour les radiocommunications, l'astronomie et même la prévision des tremblements de terre. Dans la nature, il sera possible de suivre le déplacement des animaux sauvages afin de préserver leur habitat.

### Loisirs

Le marché des loisirs connaîtra des développements que nous ne pouvons pas même imaginer aujourd'hui. Des services GPS sont déjà établis pour l'aviation et la navigation de loisir, mais Galileo étendra ces services à la navigation personnelle grâce à des portables avec

affichage de carte et fonctions de communications auxiliaires. L'intégration avec la technologie de la communication mobile créera de nouveaux horizons et des applications nouvelles pour la mobilité des personnes.

Des offres intéressantes pour les touristes pourraient avoir pour base le système Galileo associé à des communications multimédias interactives liées à des fournisseurs d'information locaux.

Le principal avantage de Galileo est son interopérabilité, qui facilitera son intégration – aux niveaux système et utilisateur – avec les systèmes existants et futurs tels que GSM et UMTS.

De la même manière qu'aujourd'hui personne ne peut ignorer l'heure, chacun dans le futur devra connaître sa position précise.

*Galileo*



# Services: L'espace à portée de l'utilisateur

Les services de navigation, de positionnement et de synchronisation par satellite deviennent un élément indispensable pour de nombreuses activités. La gestion et le contrôle des différents modes de transport ainsi que les aspects connexes de sauvegarde de la vie, les réseaux de communication et bien d'autres utilitaires devraient s'appuyer fortement sur la navigation par satellite. Les applications grand public, y compris les systèmes combinés de navigation et de communication mobile, se développent rapidement et ont leurs propres besoins. Galileo est conçu pour répondre aux exigences de toutes ces applications.

## L'approche des services Galileo

Contrairement au GPS, Galileo diffusera des informations d'intégrité pour certaines applications critiques, assurant ainsi la précision du positionnement. Les usagers recevront un message d'avertissement en temps réel chaque fois que le système ne pourra respecter la précision annoncée. Le système Galileo garantit que cet avertissement sera diffusé suffisamment vite, même pour les applications les plus

exigeantes telles que l'atterrissage des avions.

Le fait de garantir la précision et l'intégrité du signal constitue un avantage concurrentiel pour l'introduction rapide des services Galileo en présence du système GPS existant. Galileo donnera aux fournisseurs d'accès ainsi qu'aux usagers la confiance nécessaire dans leurs investissements.

La garantie de précision et d'intégrité nécessite un programme définissant le rôle des partenaires publics et privés. Des standards reconnus mondialement sont essentiels pour l'acceptation internationale de la navigation par satellite et permettront une adoption plus rapide du système par toutes les communautés d'utilisateurs. La certification des éléments ou fonctions du système, nécessaires pour des applications de sécurité assurera aux autres utilisateurs la fiabilité du système.

Ce cadre sera défini en consultation avec des organisations internationales telles que celles régissant la navigation aérienne ou maritime, ainsi qu'avec les autorités

nationales réglementant des applications spécifiques.

## Galileo: un système mondial et ouvert

Il est clair que Galileo doit avoir une couverture mondiale, non seulement pour offrir un service transparent aux utilisateurs de la navigation maritime et de l'aviation civile mais également pour permettre aux équipementiers et opérateurs européens de vendre leurs produits dans le monde entier. Les synergies entre navigation et communication sont évidentes et doivent être encouragées dès le début du programme. Il existe des opportunités immédiates avec les réseaux mobiles terrestres tels que GSM et UMTS, les réseaux de communication par satellite assurant les extensions nécessaires.

Pour garantir l'indépendance européenne, Galileo doit être une infrastructure autonome, tout en étant compatible et interopérable avec des systèmes tels que GPS, non seulement pour offrir la meilleure disponibilité possible mais également pour faciliter l'introduction des services propres à Galileo. De plus, Galileo devrait



pouvoir accepter l'intégration ultérieure d'éléments régionaux.

### **Cartographie des besoins et services utilisateurs**

La nécessité de disposer de plusieurs catégories de service, en termes de précision, garantie de services, intégrité et autres paramètres, a été reconnue. La plupart des exigences seront satisfaites essentiellement par le signal satellite, souvent associé à des capteurs auxiliaires pouvant, par exemple, se trouver dans le véhicule de l'utilisateur. Les exigences d'amélioration du service peuvent être satisfaites de façon optimale par des composantes locales proposées par des opérateurs privés sous forme de services à valeur ajoutée. Les différentes exigences de service ainsi que le niveau de performance et les critères de sécurité qui leur sont associés peuvent être répartis en cinq groupes de services distincts, comme indiqué ci-dessous.

Le **Service ouvert** (OS) Galileo est défini pour les applications grand public. Il fournira gratuitement des signaux pour la synchronisation et le positionnement. Le

service ouvert sera accessible à tout utilisateur équipé d'un récepteur, sans aucune autorisation requise. La précision de la position et la disponibilité du système seront supérieures à celles du GPS et de ses évolutions prévues (GPS IIF et GPS III). Le service ouvert occasionnera la mise sur le marché de récepteurs de faible coût, car il y aura une véritable compétition avec les fabricants de récepteurs GPS. Des récepteurs monofréquence, encore moins chers, seront utilisés pour les applications exigeant une moindre précision. Cependant, la plupart des applications utiliseront une combinaison de signaux Galileo et GPS, ce qui améliorera les performances dans des environnements défavorables tels que les zones urbaines.

Le service ouvert ne fournira pas d'informations d'intégrité calculées par le système, et la qualité des signaux sera uniquement estimée par un algorithme au niveau du terminal utilisateur (RAIM: Contrôle autonome de l'intégrité par le récepteur). Il n'y aura aucune garantie de service ni responsabilité de l'opérateur de Galileo en ce qui concerne le service ouvert.

Le **Service de sûreté de la vie** (SoL) sera utilisé pour la plupart des applications de transport lorsque des vies peuvent être menacées en cas de dégradation des performances du système de navigation sans avertissement en temps réel. Le service de sauvegarde de la vie offrira la même précision en termes de positionnement et de synchronisation que le service ouvert. La principale différence est la fourniture, à l'échelle globale, d'un niveau d'intégrité élevé pour les applications de sécurité, telles que les transports maritime, aérien et ferroviaire pour lesquels une garantie de précision est essentielle.

Ce service améliorera la sécurité, en particulier en l'absence de services basés sur des infrastructures au sol traditionnels. Ce service mondial améliorera les performances des sociétés opérant dans le monde entier – compagnies aériennes et de transport maritime transocéanique. Le programme européen EGNOS de complément au système GPS sera intégré de façon optimale dans le service Galileo de sûreté de la vie de façon à disposer d'informations d'intégrité indépendantes

et complémentaires (sans mode de défaillance commun) sur les constellations GPS et Glonass.

Le service de sûreté de la vie sera certifié et ses performances seront obtenues au moyen de récepteurs double fréquence certifiés. Dans ces conditions, la future société d'exploitation de Galileo garantira ce service. Pour bénéficier du niveau de protection requis, le service de sûreté de la vie sera implémenté dans les bandes de fréquences (L1 et E5) des services de radionavigation aéronautique.

Le **Service commercial** (CS) est destiné aux applications du marché exigeant des performances supérieures à celles offertes par le service ouvert. Il offrira des services à valeur ajoutée moyennant paiement d'un droit. Le service commercial repose sur l'ajout de deux signaux aux signaux de l'accès ouvert. Cette paire de signaux est protégée par un chiffrement commercial qui sera géré par les fournisseurs d'accès et le futur opérateur de Galileo. L'accès sera contrôlé au niveau du récepteur au moyen de clefs d'accès.



Les utilisations prévues du service commercial comprennent la diffusion des données et la résolution des ambiguïtés dans les applications différentielles. Ces applications seront développées par les fournisseurs d'accès qui achèteront à l'opérateur Galileo le droit d'utilisation des deux signaux commerciaux.

Le développement d'applications commerciales, soit en utilisant uniquement les signaux commerciaux, soit en les combinant avec d'autres signaux Galileo ou des systèmes de communications externes, ouvre toute une palette de possibilités. La couverture mondiale confère un sérieux avantage aux applications exigeant la diffusion mondiale de données.

Parmi les services types à valeur ajoutée figurent la radiodiffusion à haut débit, les garanties de service, les services de synchronisation précise, la fourniture de modèles de prévision ionosphérique et de signaux locaux de correction différentielle permettant la détermination de la position avec une précision extrême.

Galileo est un système civil assurant un service fiable à accès contrôlé pour les applications gouvernementales. Le **Service public réglementé** (PRS) sera utilisé par des groupes tels que la police, les pompiers et la douane. Ses applications comprennent le transport de déchets nucléaires, les opérations humanitaires et les contrôles douaniers. Des organismes civils contrôleront l'accès à ce service crypté. L'accès par région ou groupe d'utilisateurs obéira aux règles de la politique de sécurité applicable en Europe.

Le service public réglementé doit être opérationnel à tout moment et en toutes circonstances, notamment lors des périodes de crise, quand d'autres services peuvent être brouillés. Il est séparé des autres services ce qui fait que ceux-ci peuvent être désactivés sans que ses opérations en soient affectées. Son principal atout est la fiabilité de son signal, ce qui le protège du brouillage et du leurrage.

Le **Service recherche et sauvetage** (SAR) est la contribution de l'Europe à l'effort coopératif international en matière de

recherche et sauvetage humanitaire. Il sera source d'améliorations importantes du système existant, notamment la réception en temps quasi-réel de messages de détresse depuis n'importe quel point du globe (le délai d'attente moyen est actuellement d'une heure), le positionnement précis des alertes (quelques mètres, au lieu des 5 km spécifiés actuellement), la détection à l'aide de satellites multiples pour surmonter le problème de blocage lié à la topographie par conditions défavorables, une plus grande disponibilité du segment spatial (30 satellites en orbite moyenne en plus des quatre satellites en orbite basse et des trois satellites géostationnaires du système actuel COSPAS-SARSAT). Galileo introduira de nouvelles fonctions recherche et sauvetage telles que la liaison retour (Des sauveteurs vers la balise de détresse), facilitant ainsi les opérations de sauvetage et contribuant à réduire le taux de fausses alertes. Ce service est actuellement défini en coopération avec COSPAS-SARSAT, et la réglementation de ses caractéristiques et fonctions est placée sous les auspices de l'OMI et l'OACI.





# Galileo



# Infrastructure: espace-sol

## Segment spatial et sol

Le cœur du système Galileo est constitué d'une constellation globale de 30 satellites en orbite moyenne, sur trois plans inclinés à 56° par rapport à l'équateur à l'altitude de 23 616 km. Dix satellites seront équirépartis sur chaque plan d'orbite, chacun orbitant autour de la Terre en environ 14 heures. Chaque plan possède un satellite de secours actif, pouvant servir de secours en cas de défaillance d'un satellite sur ce plan.

Les satellites feront appel à des technologies éprouvées. La plate-forme tournera sur son axe géocentrique (lacet) de façon à ce que ses panneaux solaires tournent en direction du soleil (générant une puissance de crête de 1500 W). Une structure caisson de base regroupera la charge utile et les éléments de plate-forme sur des panneaux structurellement distincts. Il conviendra de veiller à positionner les éléments sensibles tels que les horloges atomiques à distance des parasites pouvant être générés par des équipements mobiles comme les roues à inertie. La masse de lancement sera ~ 700 kg pour chaque satellite.

Une fois la constellation initiale établie, d'autres lancements permettront de remplacer les satellites défaillants et de régénérer le système à mesure que les satellites d'origine atteignent leur limite de vie. La solution type pour mettre en place la constellation consiste à lancer plusieurs satellites sur une seule fusée, avec un largueur capable de placer jusqu'à huit satellites simultanément en orbite moyenne. Des lanceurs plus petits seront utilisés pour les missions précoces de validation en orbite et pour les missions de renouvellement. Les lanceurs répondant à ces exigences sont Ariane-5, Soyuz, Proton et Zenith.

Deux centres de contrôle Galileo en Europe contrôleront la constellation, ainsi que la synchronisation des horloges atomiques des satellites, le traitement du signal d'intégrité et la gestion des données de tous les éléments internes et externes. Un réseau de communications mondial dédié assurera l'interconnexion de toutes les stations et installations terrestres, en utilisant les liaisons terrestres et satellitaires VSAT.

Le transfert de données en provenance et à destination des satellites sera assuré par un réseau mondial de stations à liaison montante Galileo, disposant chacune d'une station de télémesure, télécommunications et poursuite et d'une station de mission liaison montante. Des stations Galileo munies de capteurs, réparties autour du globe surveilleront la qualité du signal de navigation par satellite. Les informations en provenance de ces stations seront relayées par le réseau de communications Galileo aux deux centres de contrôle au sol.

Des composantes régionales assureront indépendamment l'intégrité des services Galileo. Des fournisseurs d'accès régionaux, utilisant les canaux autorisés de liaison montante de données d'intégrité fournis par Galileo, diffuseront des données d'intégrité régionales. Le système garantira qu'un utilisateur soit toujours en mesure de recevoir des données d'intégrité d'au moins deux satellites avec un angle d'élévation minimum de 25°. Des composantes locales optimiseront ce qui précède en



diffusant des données locales au moyen de liaisons radio terrestres ou de réseaux de communication existants, afin d'offrir un supplément de précision ou d'intégrité autour des aéroports, des ports, des gares et dans les zones urbaines. Des composantes locales seront également déployées pour étendre les services de navigation aux utilisateurs situés en zones inaccessibles.

### Fréquence et type de signal

Galileo transmettra 10 signaux: six servent aux services ouverts et de sûreté de la vie (bien qu'une partie puisse également être utilisée pour le service commercial), deux sont pour les services commerciaux et deux pour les services publics réglementés. Ils seront diffusés dans les bandes de fréquences suivantes:

- E5A-E5B, 1164-1215 MHz, attribuée à RNSS lors de la conférence WRC-2000 à Istanbul;
- E6, 1260-1300 MHz, attribuée à RNSS lors de la conférence WRC-2000;
- E2-L1-E1, 1559-1591 MHz, attribuée à RNSS avant WRC-2000 et déjà utilisée par GPS. Le partage de cette bande avec le système GPS se fera sans

générer du brouillage, afin de ne pas perturber les services GPS actuels tout en offrant aux utilisateurs un accès simultané à GPS et Galileo avec un accroissement minimal du coût et de la complexité des terminaux.

Les signaux de navigation Galileo comprendront des codes de télémétrie et des messages de données. Les codes de télémétrie seront générés par des horloges autonomes d'une grande stabilité, installées à bord de chaque satellite. Les messages de données seront envoyés par liaison montante du sol vers les satellites, stockés à bord des satellites et transmis en continu par paquets de données, ce qui permettra de relayer immédiatement les messages urgents.

Les messages de données devraient inclure non seulement des informations relatives aux horloges de satellite, éphémérides des orbites, indicateurs d'identité et de statut ainsi qu'à l'almanach de la constellation, mais également un signal de précision fournissant aux utilisateurs une prévision quant à la précision dans le temps de

l'horloge des satellites et des éphémérides. Ceci permettra aux récepteurs de pondérer les mesures de chaque satellite et d'optimiser leur précision de navigation. Il est prévu de diffuser des messages d'intégrité, déterminés par des réseaux d'intégrité indépendants globaux ou régionaux gérant la constellation Galileo.

Les satellites Galileo sont conçus pour transmettre jusqu'à quatre porteuses en bande L. Un aspect important du concept Galileo est la prestation de services commerciaux, dont la diffusion de données sera un élément important. Toute une gamme de débits, allant de 50 à 1000 symboles par sec, est actuellement envisagée pour les messages de données. Les faibles débits occasionnent moins de parasites pour le signal de navigation, tandis que les débits élevés augmentent le potentiel pour des services à valeur ajoutée tels que les alertes météorologiques, les avertissements d'accident, les informations routières et les mises à jours cartographiques. En conséquence, la capacité de radiodiffusion de données





par le signal de navigation est augmentée sans nuire à la précision de la navigation. Des composantes pilotes (codes de télémétrie sans message de données) sont fournies pour améliorer la robustesse en poursuite du signal et l'acquisition du signal par conditions de réception défavorables.

L'utilisation de la bande C reste à l'étude. La phase de définition a mené à la conclusion que l'utilisation de la bande C devrait être envisagée pour la mise en œuvre d'une seconde génération de satellites Galileo. Cependant, tester les techniques relatives à la bande C fait partie du programme de développement.

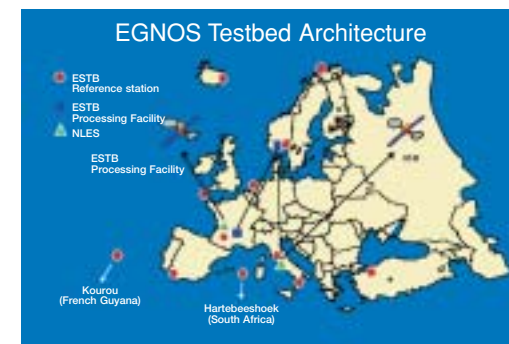
## EGNOS

Le service européen de navigation par complément géostationnaire (EGNOS) est la première initiative de l'Europe dans le domaine de navigation par satellite. Il est développé par l'Agence spatiale européenne dans le cadre d'un accord tripartite entre la Commission européenne, l'organisation européenne pour la sécurité de la navigation aérienne (Eurocontrol) et l'ESA. Plusieurs fournisseurs d'accès soutiennent le programme de développement par leurs propres investissements.

EGNOS complétera les systèmes militaires GPS et Glonass. Il diffusera sur la fréquence GPS L1 des signaux d'intégrité fournissant des informations en temps réel sur la santé des constellations GPS et Glonass. Des données de correction permettront d'améliorer la précision des services actuels en la portant d'environ 20 m à moins de 5 m. La zone de couverture EGNOS comprend tous les Etats européens et pourrait être rapidement étendue pour inclure d'autres régions se trouvant dans la zone de couverture des deux satellites géostationnaires Inmarsat utilisés. Le troisième satellite, Artemis de l'Agence spatiale européenne, a été lancé en 2001 et devrait atteindre sa position opérationnelle fin 2002. EGNOS est l'un des trois services d'augmentation interrégionaux et interoperables basés sur des satellites (les deux autres étant le service américain WAAS et le japonais MSAS). Ces services d'augmentation basés sur des satellites fournissent des signaux d'intégrité rendant les systèmes militaires GPS et Glonass utilisables pour des services de sûreté élevée dans une grande partie du monde. EGNOS sera le précurseur des services de navigation européens et ouvrira par conséquent la voie aux services Galileo. Pour l'aviation civile, EGNOS respecte les normes internationales de l'OACI. EGNOS devrait également couvrir le transport multi-modal et bien d'autres applications en dehors du transport.

Un banc d'essai du système EGNOS (ESTB) émettant un signal d'essai EGNOS est disponible depuis début 2000. ESTB permet de valider le développement de nouvelles applications dans un environnement réaliste. Il comprend un segment spatial constitué de deux répéteurs à bord des satellites Inmarsat-III Océan Atlantique Est et Océan Indien, un segment sol comportant un certain nombre de stations de référence (RIMS) dans toute l'Europe et au-delà, un centre de traitement et des installations de liaison montante intégrées aux stations terrestres Inmarsat.

A partir de 2004, EGNOS fournira sous certaines conditions un service d'intégrité garantie de GPS/Glonass utilisant l'infrastructure et le segment spatial actuellement planifiés. A partir de 2006/2008, l'infrastructure EGNOS sera intégrée dans Galileo. Toute évolution du service d'intégrité GPS sera prise en considération.



Galileo



# Excellence en matière de développement technologique

Le système Galileo repose sur un certain nombre de nouvelles technologies, allant de la génération de signal et l'indication de l'heure dans le segment spatial à un contrôle précis et des opérations sécurisées dans le segment sol. L'ESA a commencé à développer les technologies les plus critiques lors du lancement du programme Galileo et a depuis intensifié ses efforts. Elles couvrent maintenant presque tous les domaines de Galileo, y compris les outils de simulation.

Cette section présente les technologies en cours de développement pour les différents éléments de construction du système Galileo.

## Charge utile

La charge utile des satellites comprend les sections Synchronisation, Génération et Transmission du signal. Il y aura également des antennes dédiées au service de recherche et sauvetage (COSPAS SARSAT), plus les étages de conversion, transmission et réception de fréquence.

La **Section synchronisation** représente le cœur même de la charge utile, avec l'horloge atomique fournissant une référence horaire très précise. L'erreur de position sol à partir de cette horloge est bien en dessous de 30 cm. Deux horloges différentes sont en cours de développement. Le petit étalon atomique de fréquence rubidium (3,3 kg) est dérivé d'un modèle commercial utilisé dans les réseaux de communication. Cette horloge est déjà qualifiée et rentre en phase de production. Elle oscille à des fréquences optiques (pompage laser) avec une fréquence de battement micro-onde d'environ 6,2 GHz.

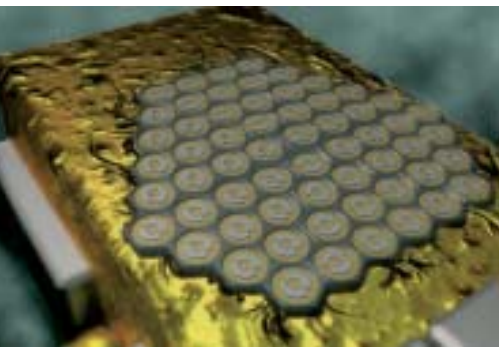
Le développement du maser passif à hydrogène à la fois plus difficile et plus précis a débuté en 2001 et a déjà débouché sur une maquette fonctionnelle. Le modèle final pèsera 15 kg. Les modèles technologiques du boîtier et des circuits électroniques seront bientôt testés. L'horloge est cadencée directement à 1,4 GHz. La stabilité de ce maser est telle que l'intervention au sol n'est nécessaire qu'une fois par orbite.

La **Section génération du signal** fournit les signaux de navigation. Ces signaux se composent de quatre codes qui sont tout d'abord combinés avec les messages de navigation pertinents puis translatés en fréquence avant transfert à la section de transmission. Les messages de navigation contiennent des informations concernant l'orbite des satellites (éphémérides) et les références des horloges.

Deux activités de développement en cours portent sur la génération de signal de navigation et la génération et élévation de fréquence. Une première maquette a été réalisée.

La **section de transmission** amplifie les quatre porteuses de signal de navigation jusqu'à environ 50 W chacune. Ces signaux sont ensuite combinés dans un multiplexeur de sortie et transférés à l'antenne de transmission. Deux amplificateurs de puissance sont en cours de développement pour les bandes basses et élevées du spectre de fréquences Galileo. Les modèles technologiques de ces amplificateurs





seront prêts d'ici la fin 2002. Le développement du modèle technologique du multiplexeur de sortie sera achevé début 2003.

L'antenne de navigation fait l'objet de deux activités parallèles qui aboutiront à la réalisation de modèles technologiques qualifiés fin 2003. Le défi avec ces antennes est d'illuminer la surface de la Terre avec un niveau de puissance de flux quasi constant, que le récepteur soit directement sous le satellite ou qu'il observe le satellite sous un angle d'élévation très faible.

Comme pour la charge utile Recherche et sauvetage, le développement d'une antenne d'émission/réception dédiée SAR est en cours et un modèle technologique est attendu pour fin-2003.

### **Plate-forme**

La plate-forme du satellite fera largement appel à des technologies existantes. Cependant, les fonctions de télécommunication et télémétrie seront activées selon deux modes différents: le mode standard est utilisé pour les

opérations de poursuite, télémétrie & contrôle (TT&C) de la plupart des missions ESA et un nouveau mode reposant sur des signaux à spectre étalé. Le nouveau mode est envisagé principalement pour les opérations normales de la constellation et devrait assurer au système une robustesse et une sécurité renforcées.

Les exigences opérationnelles et de sécurité des répéteurs TT&C sont sévères. En particulier, ils opéreront dans un environnement de rayonnement plus défavorable que les satellites géostationnaires. Il sera possible de modifier les fréquences opérationnelles de télécommande/télémétrie (TC/TM) dans une plage limitée pour permettre des lancements multiples, pour réduire les niveaux d'interférence et prendre en compte les aspects sécurité et l'évolution de l'attribution des fréquences tout au long du cycle de vie de la mission. En outre, le système exige la robustesse de signal assurée par les techniques d'étalement du spectre et la sécurité renforcée de la liaison TT&C résultant entre autres des techniques de

chiffrement des données et d'authentification.

Le répéteur de bande S recevra des signaux de télécommande, mesure de distance et autres, et transmettra des signaux de télémétrie et la mesure de distance transposée. Le répéteur peut être piloté par des références d'horloges internes et externes. En outre, la fonction de mesure peut supporter les fonctions de transfert du temps et de synchronisation d'horloge grâce à une référence d'horloge au sol d'une grande stabilité.

Le pré-développement du répéteur TT&C a commencé en 2000 avec pour objectif la réalisation d'un modèle technologique. L'activité se focalise sur la réalisation d'un modèle flexible caractérisé par une masse et une consommation d'énergie optimisée, ainsi que par une grande fiabilité.

### **Banc d'essai du système Galileo**

Un banc d'essai du système Galileo (GSTB) a été défini dans le cadre de la phase de conception, développement et validation de Galileo, afin de limiter les





risques du programme. Le GSTB comprend deux étapes principales de développement.

La première version du GSTB collectera des mesures du système GPS afin de vérifier les concepts Galileo des algorithmes de détermination d'orbite, de synchronisation et d'intégrité. Lors de son développement, la collaboration avec la communauté du service international GPS (IGS) et la communauté du temps UTC est fortement encouragée. De plus, des interfaces sont prévues avec le banc d'essai du système EGNOS, le banc d'essai méditerranéen et d'autres infrastructures nationales en rapport avec le système GPS.

La seconde version comprendra un satellite expérimental Galileo, lancé d'ici la fin 2004, et une extension de la première version du segment sol GSTB comprenant des récepteurs Galileo et des algorithmes de traitement.

GSTB fournira un retour d'information pour la définition des algorithmes critiques lors des phases de conception, développement et validation de Galileo.

Des expériences devraient démontrer la validité et la faisabilité des hypothèses les plus importantes et des objectifs de performance du système Galileo final. Elles porteront en particulier sur la mesure réelle et la comparaison d'algorithmes alternatifs dans un environnement réaliste. Elles fourniront également des données utiles pour la mise en place de l'infrastructure de synchronisation Galileo, l'étalonnage sur une période étendue, la vérification et l'étalonnage de simulateurs, la réalisation d'outils d'analyse adéquats, et la consolidation du concept opérationnel.

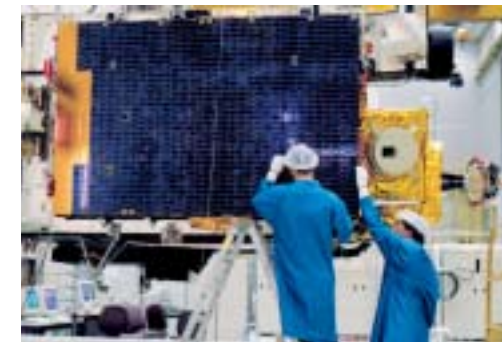
### Outils de simulation

La fonction de simulation du système Galileo (GSSF) est un outil de simulation de bout en bout destiné à aider l'ESA à développer le système Galileo. Cet outil fournit des modèles de haut niveau des segments spatial, utilisateur et sol Galileo, et des effets de l'environnement sur les performances de navigation. Les modèles peuvent être exécutés en temps réel et permettent d'effectuer l'analyse des facteurs de qualité spécifiques, y compris des analyses d'intégrité et de précision

de navigation pour les récepteurs Galileo, GPS et hybrides (Galileo/GPS).

La flexibilité de l'architecture GSSF permet de relier des modèles et algorithmes définis par l'utilisateur aux modèles généraux GSSF. Les futurs utilisateurs de Galileo pourront également utiliser GSSF pour concevoir efficacement leurs systèmes de navigation dans un environnement réaliste.

Un explorateur de type Microsoft Explorer permet à l'utilisateur de parcourir une arborescence de projets, scénarios, simulations et données de simulation GSSF, et de lancer ensuite les composants GSSF appropriés à partir d'une barre d'outils. Pendant la simulation, l'utilisateur peut afficher les variables présentant un intérêt ou intervenir sur la simulation et en modifier les paramètres afin de contrôler les effets sur le fonctionnement général du système. Le développement du montage initial a été un succès. La réalisation d'un simulateur pleine échelle en temps réel est actuellement en cours.



*Galileo*



# Mise en œuvre et gestion

L'infrastructure est mise en œuvre en trois phases:

*Développement et validation en orbite (2001-2005)*

- consolidation des exigences de la mission ;
- développement de 2 à 4 satellites et des composantes au sol ;
- validation du système en orbite.

*Déploiement (2006-2007)*

- construction et lancement des 26 à 28 satellites restants ;
- installation du segment sol complet.

*Exploitation commerciale (à partir de 2008)*

La phase de développement et de validation en orbite sera cofinancée par l'Agence spatiale européenne (ESA) et la Commission européenne. L'entreprise commune Galileo supervisera sa mise en œuvre et préparera le terrain pour la phase de déploiement. Au cours de cette phase, une contribution majeure viendra du secteur privé par le biais d'un contrat de concession.

Le développement et la validation du segment spatial et du segment sol associé seront réalisés en entier par l'Agence spatiale européenne conformément à l'accord qu'elle aura conclu avec l'entreprise commune.

Lors de la phase d'exploitation commerciale, les revenus du secteur privé seront tirés des services à valeur ajoutée vendus aux opérateurs et collectés par le détenteur de la concession, jusqu'à l'exploitation des droits de propriété intellectuelle sur les puces. D'ici 2015, les revenus perçus par le concessionnaire permettront de ramener à zéro les versements de fonds publics.



### **L'entreprise commune Galileo**

Afin d'assurer le bon déroulement de la phase de développement et de validation et de préparer le terrain pour la phase de déploiement, une nouvelle société a été créée, l'entreprise commune Galileo. Cette structure permet de réunir l'ensemble des dirigeants chargés du programme en un seul organe et de combiner des fonds publics et privés pour son financement.

L'entreprise commune Galileo est mise en place pour 4 ans ; son siège social est à Bruxelles. Ses organes de direction sont un conseil administratif, un directeur et un comité exécutif. Les membres fondateurs sont la Commission européenne et l'Agence spatiale européenne. La Banque européenne d'investissement et les entreprises privées participant au financement de l'entreprise commune à concurrence de 5 millions d'euros minimum (réduits à 250 000 euros pour les petites et moyennes entreprises) peuvent également devenir membres.

Les principales fonctions de l'entreprise commune sont les suivantes:

- 1) superviser la bonne intégration d'EGNOS dans Galileo ; mettre en place les phases de développement et de validation de Galileo ; aider à préparer les phases de déploiement et de mise en fonction;
- 2) lancer, en coopération avec l'Agence spatiale européenne, les activités de recherche et de développement pour la phase de développement, et assurer la coordination avec les activités nationales; lancer, par l'intermédiaire de l'Agence spatiale européenne, un premier groupe de satellites pour valider les avancées technologiques et effectuer une démonstration à grande échelle des possibilités du système et de sa fiabilité ;
- 3) aider, en coopération avec la Commission européenne, l'Agence spatiale européenne et le secteur privé, à la mobilisation, auprès des secteurs publics et privés, des fonds nécessaires à l'élaboration de propositions au Conseil concernant la gestion des structures des phases successives du programme sur la base des activités suivantes:
  - élaboration d'un plan d'exploitation couvrant l'ensemble des phases du programme sur la base de données fournies par la Commission et relatives aux services que Galileo peut offrir et aux revenus qu'ils peuvent générer ;
  - négociation, par l'intermédiaire d'un appel d'offres permettant de faire jouer la concurrence dans le secteur privé, d'un accord de financement des phases de déploiement et de mise en concession fixant les responsabilités, le rôle et les risques partagés par les secteurs public et privé.

## Sigles

CS:	Commercial Service
EC:	European Commission
EGNOS:	European Geostationary Navigation Overlay Service
ESA:	European Space Agency
ESTB:	EGNOS System Test Bed
Eurocontrol:	European Organisation for the Safety of Air Navigation
GNSS:	Global Navigation Satellite System
GOC:	Galileo Operating Company
GPS:	Global Positioning System
GSFF:	Galileo System Simulation Facility
GSM:	Global System for Mobile Communications
GSTB:	Galileo System Test Bed
ICAO:	International Civil Aviation Organisation
IGS:	International GPS Service
IMO:	International Maritime Organisation
ITU:	International Telecommunications Union
JU:	Joint Undertaking
MSAS:	MT Sat-based Augmentation System
OS:	Open Service
PRS:	Public Regulated Service
RIMS:	Ranging and Integrity Monitoring Station
RNSS:	radionavigation satellite service
SAR:	search and rescue
Sol:	Safety-of-Life
TAI:	Temps Atomic International
TC:	telecommand
TM:	telemetry
TT&C:	Tracking, Telemetry & Command
UMTS:	universal mobile telecommunications system
UN:	United Nations
UTC:	Universal Time Coordinated
VSAT:	very small aperture terminal
WAAS:	Wide Area Augmentation System
WRC:	World Radio Conference

## Informations complémentaires

### Entreprise commune GALILEO

B-1000 Bruxelles  
Email: [JU@galileo-pgm.org](mailto:JU@galileo-pgm.org)

### Agence spatiale européenne

Direction des Applications  
Département Navigation  
8-10 rue Mario Nikis  
F-75738 Paris CEDEX 15  
France  
Tél: +33 1 5369 7247  
Fax: +33 1 5369 7445  
Email: [contactesa@esa.int](mailto:contactesa@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), transports intelligents  
DM28 1/64  
B-1049 Bruxelles  
Belgique  
Tél: +32 2 29 56040  
Fax: +32 2 296 5372  
Email: [tren-galileo@cec.eu.int](mailto:tren-galileo@cec.eu.int)  
[http://europa.eu.int/comm/energy\\_transport/fr/gal\\_fr.html](http://europa.eu.int/comm/energy_transport/fr/gal_fr.html)