



# GALILEO

Le Système Européen de Navigation par Satellite

Pourquoi et Quand ?

Jean MARECHAL

Commission européenne  
DG ENTR/GP1  
Programme Galileo



# GALILEO : Pourquoi et Quand ?

---

## ★ Pourquoi GALILEO ?

- GPS, un système fiable et précis
- De multiples dépendances
- Le système de détresse Cospas/Sarsat

## ★ GALILEO, quand :

- Décisions politiques, gouvernance et budget
- Déploiement de la constellation et des services

## ★ GALILEO : le système opérationnel

*Cette présentation n'est pas une communication de la Commission européenne. Elle n'engage que son auteur.*

# Un Système de Navigation par Satellite Global (Mondial)

GNSS : *Global Navigation Satellite System*

---

## ★ Les signaux transmis par les satellites permettent au récepteur de :

- Mesurer la distance utilisateur - satellite
- Connaître la position du satellite
- Et, en combinant plusieurs mesures, d'en déduire sa propre position

## ★ Une constellation pour un service mondial

- 24 satellites au minimum à environ 20 000km d'altitude

## ★ Une infrastructure au sol

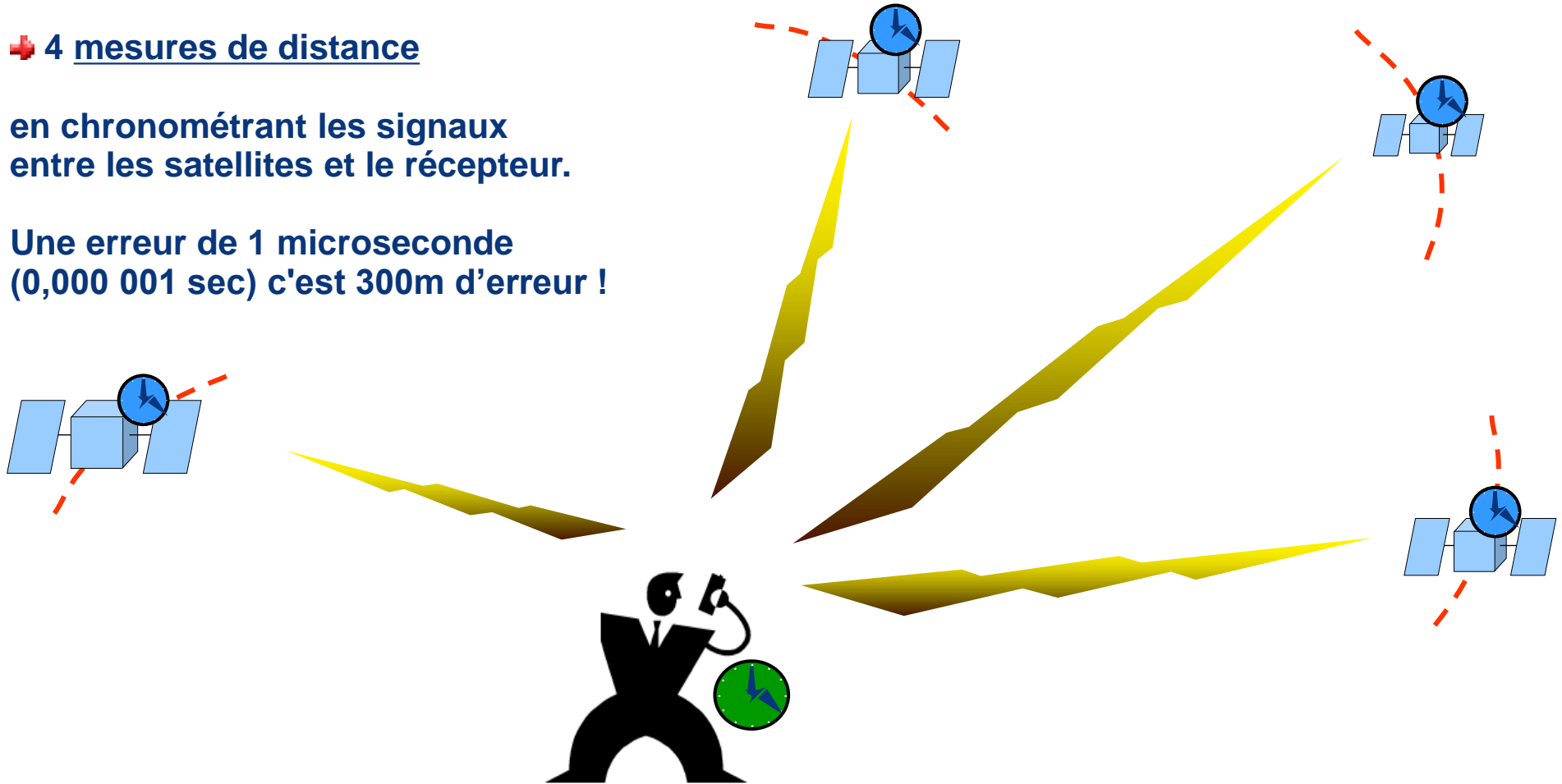
- Un réseau mondial de stations de mesure pour déterminer les orbites des satellites et les synchroniser
- Des stations de commande et de mise à jour des satellites
- Des centres d'opération et de service

# 4 Satellites pour une Position

## + 4 mesures de distance

en chronométrant les signaux  
entre les satellites et le récepteur.

Une erreur de 1 microseconde  
(0,000 001 sec) c'est 300m d'erreur !

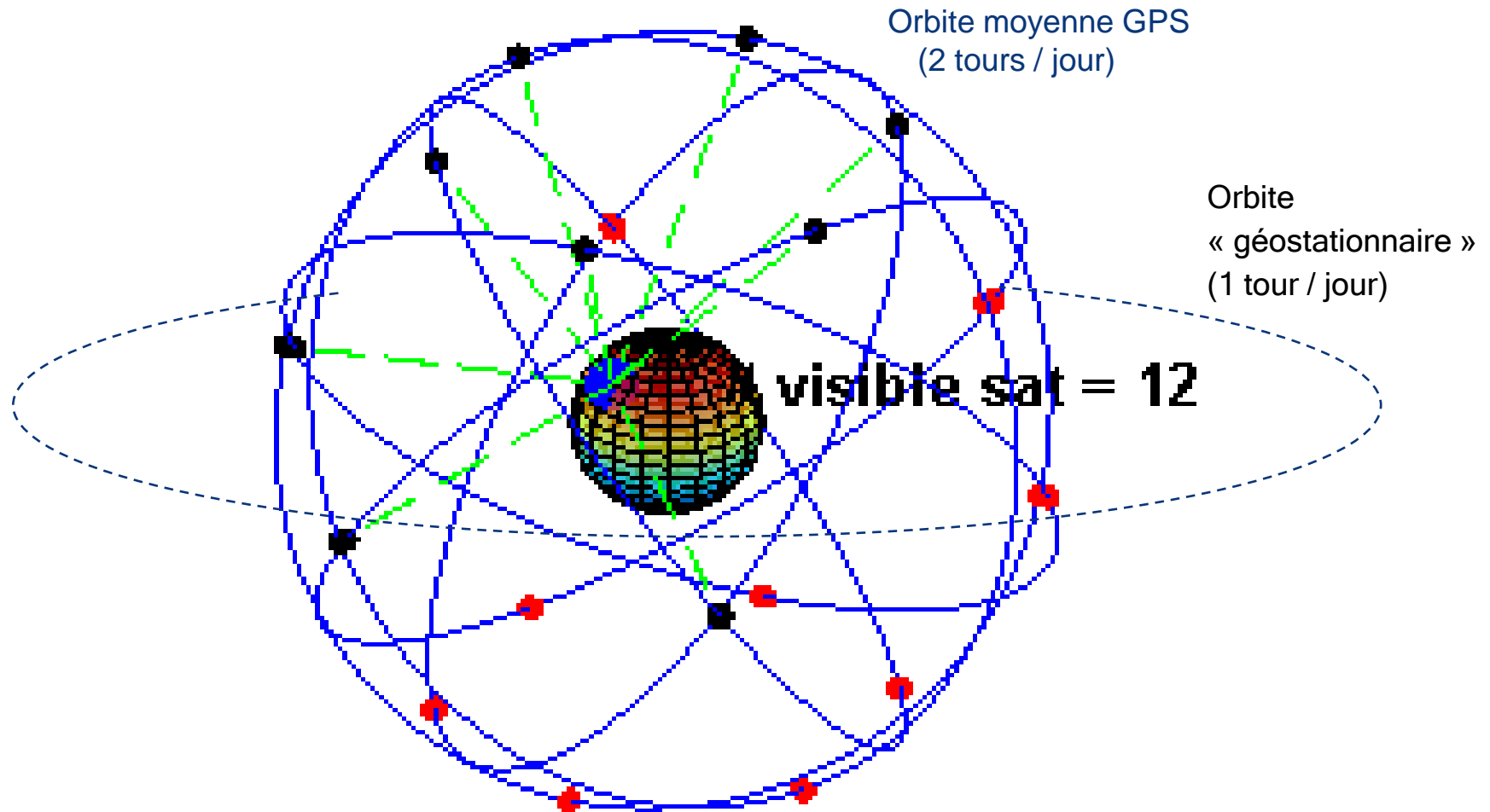


... Pour déterminer 4 inconnues:

- La position en 3D (latitude, longitude, altitude)
- La synchronisation de l'horloge utilisateur (🕒 moins 🕒)

# Une Constellation

*GPS : 24 satellites à 20 000km (constellation nominale minimum)*



Source : El Pak sur wikipedia

Pourquoi GALILEO ?

## GPS, un Système Fiable et Précis

---

### ★ Des signaux de très bonne qualité

- Une bonne précision du positionnement ( <5m, 95% du temps)

### ★ Un système disponible

- Très peu d'interruptions de service
- Couverture mondiale

### ★ Un système fiable

- Très peu d'erreurs d'orbite ou d'horloge

### ★ Un service ouvert et garanti

- Des signaux GPS publics et gratuits
- Une garantie de service depuis mai 2000 du Ministère des Transports américain
- Un système opéré par le Ministère de la Défense américain (DoD)



Pourquoi GALILEO ?

## Une Indépendance Economique

---

### ★ Une utilisation croissante de la navigation par satellite



- Massivement dans les transports privés et publics
- Navigation aérienne (avec contrôles d'intégrité)
- Téléphonie mobile, loisirs, satellites...



### ★ Et de très nombreux autres services professionnels :



- La localisation : gestion de flottes, transport maritime, suivi des personnes, ...
- Le positionnement fixe précis : génie civil, géodésie, géomètres, ...
- Le positionnement mobile précis : l'agriculture, gestion de stocks en plein air, cartographie...
- La synchronisation : réseaux informatiques, bancaires, réseaux de distribution électriques, ...

# Pourquoi GALILEO ?

## Une Indépendance Economique (2)

---

### ★ De très nombreuses utilisations scientifiques

#### → Une part croissante et importante dans l'économie

- Les composants GPS (chipsets),
- Une multitude de modèles de récepteurs
- Les Logiciels et applications
- Les bases de données cartographiques
- Un secteur de services très diversifié et très dynamique



#### → Des investissements sur le long terme

- Navigation aérienne
- ...





# Pourquoi GALILEO ?

## Une Indépendance Technologique

### ★ La technologie des satellites de navigation

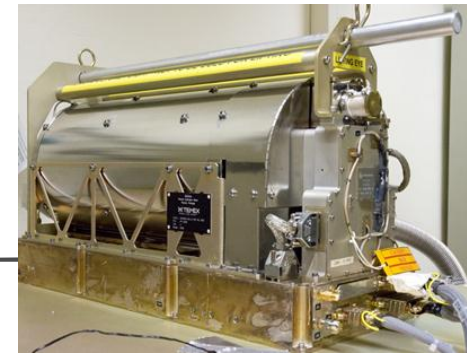
- Signaux, horloges, ...
- Une évolution permanente  
(6 générations de satellites GPS)

### ★ La technologie du segment sol

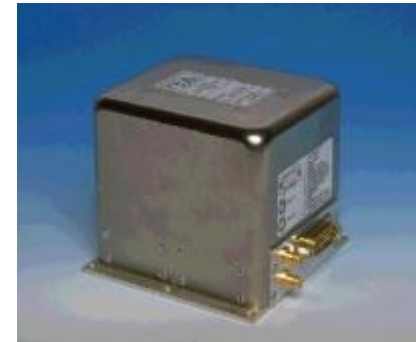
- Stations de mesures
- Algorithmes d'orbitographie et de synchronisation

### ★ L'industrie des composants GPS et des récepteurs

### ★ La technologie des signaux protégés et récepteurs protégés



Horloge Hydrogène/Maser UE – Crédit ESA



Horloge Rubidium UE – Crédit ESA

# Pourquoi GALILEO ?

## Une Indépendance pour la Sécurité des États

---

- ★ **Des services GPS initialement 100% militaires**
- ★ **Le signal GPS «ouvert» n'est qu'une partie du signal**
  - Initialement bruité et destiné à accrocher le signal militaire
  - Garanti ouvert et non bruité depuis mai 2000 par les USA
- ★ **Des signaux GPS protégés (cryptés)**
  - Plus robustes au brouillage (parasitage)
  - Protégés du leurrage (imitation)
  - Gestion stricte des autorisations d'utilisation par le DoD
  - Utilisation par d'autres états sous conditions (accords avec les USA)
- ★ **Le système GPS est géré par le DOT et le DOD**
- ★ **Le système GPS est opéré par le DOD**

# Pourquoi GALILEO ?

## Une Indépendance Politique

---



### ★ GPS - Américain

### ★ GLONASS - Russe : une très forte volonté politique

- Opérationnel depuis 1995 mais en mode dégradé
- Seuil des 24 satellites franchi à nouveau en 2011
- Durée de vie des satellites très courte : 127 satellites lancés !



### ★ BEIDOU / COMPASS - Chinois : une première étape franchie

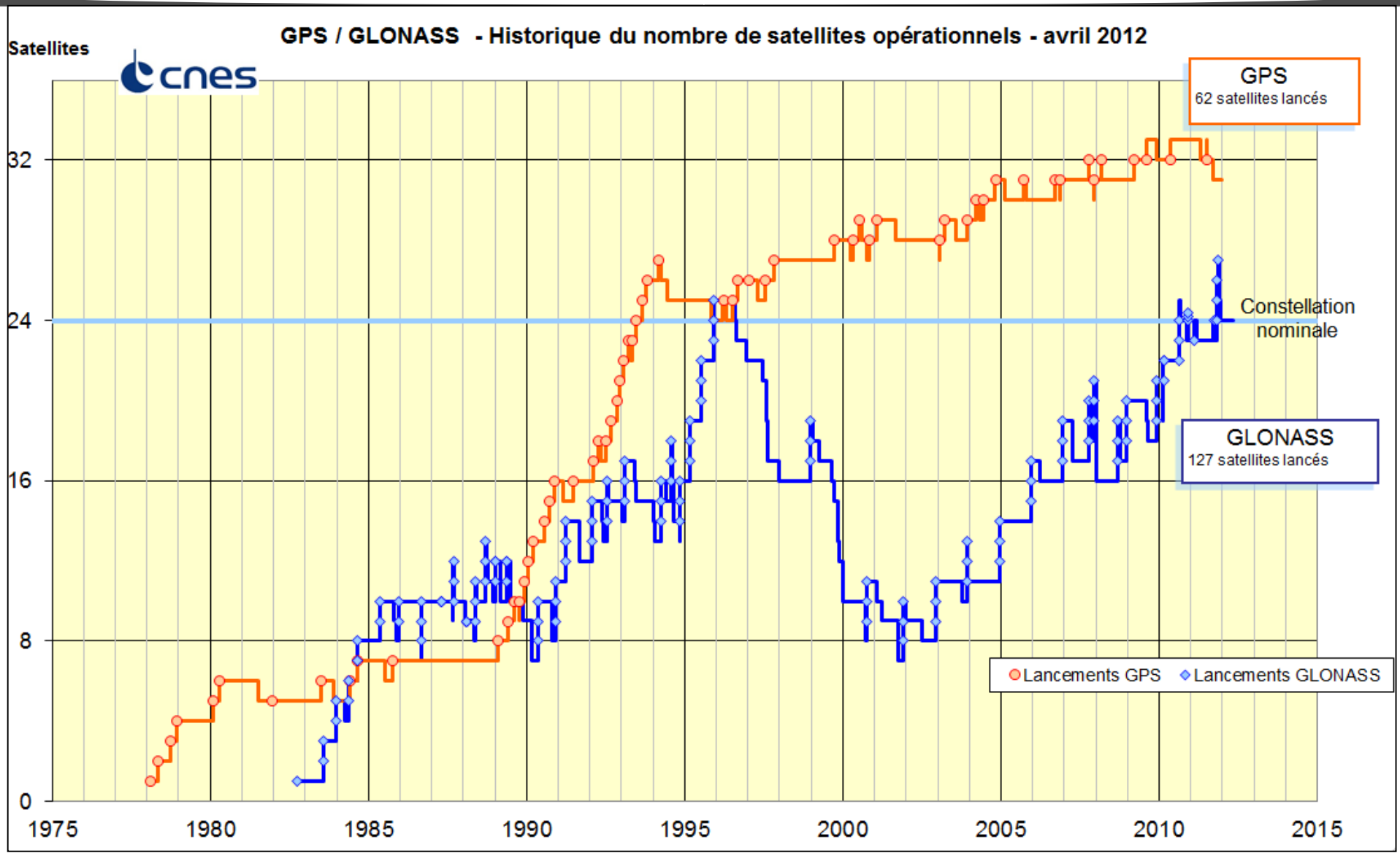
- Système régional (Chine) opérationnel (10 GEO et GEO inclinés)
- Système global annoncé (1 satellite de test lancé)



### ★ L'Inde et le Japon disposent d'augmentations régionales du GPS : quelle sera leur politique pour éviter la dépendance vis-à-vis des systèmes globaux des grandes puissances ?

Pourquoi GALILEO ?

# GPS – Glonass : Une Volonté Politique sur le Long Terme



# Pourquoi GALILEO ?

## Une Indépendance Politique (2)

---

- ★ Quel futur pour les différents systèmes à très long terme :
  - Un seul système partagé (type station spatiale internationale) ?
  - Des spécifications partagées et des contributions des grandes puissances à un système global (inter-dépendance entre grande puissance) ?
  - Un système par grande puissance ?

Il est impossible de répondre aujourd'hui...

★ L'Union Européenne a décidé:

- ★ De disposer de son propre système global GALILEO
- ★ De disposer d'un système d'augmentation du GPS pour l'Europe : EGNOS est opérationnel depuis 2009.



Pourquoi GALILEO ?

## Contribution Européenne au « Search and Rescue »

### ★ Le système international COSPAS/SARSAT de recherche et sauvetage (SAR) change de technologie

- Transition en 2018 des orbites basses aux orbites moyennes (GALILEO, GPS, GLONASS)

### ★ La contribution initialement française devient européenne

- La France, membre fondateur de COSPAS/SARSAT, contribue de façon importante en fournissant notamment des répéteurs (orbite basse)
- Avec GALILEO, l'Union européenne prend la relève de la contribution française
- Les satellites GALILEO embarquent des répéteurs SAR
- Le segment sol GALILEO inclut les moyens de détection des alertes émises par les balises de détresse sur la zone Europe



# GALILEO fournira 5 Services



- ★ **Le service ouvert** (Open Service, OS) interopérable avec GPS
- ★ **Le service public réglementé** (Public Regulated Service, PRS)
- ★ **Le service de recherche et sauvetage « Search And Rescue »** (SAR)
- ★ **Le service commercial** (CS)
  - Authentification des signaux et de la position établie
  - Positionnement précis (jusqu'à 10cm)
- ★ **Le service garanti « Sûreté de la Vie », principalement pour l'aviation civile** (Safety of Life)
  - Initialement un service global, il est en cours de redéfinition pour correspondre aux besoins de l'aviation, aux exigences de sécurité et au contexte financier.
  - Le service ouvert sera utilisé par l'aviation civile de façon similaire au GPS (intégrité autonome, augmentations régionales)

# GALILEO : Pourquoi et Quand ?

---

## ★ Pourquoi GALILEO ?

- GPS, un système fiable et précis
- De multiples dépendances
- Le système de détresse Cospas/Sarsat

## ★ GALILEO, quand :

- Décisions politiques, gouvernance et budget
- Déploiement de la constellation et des services

## ★ GALILEO : le système opérationnel



# GALILEO : Quand ?

## Une longue histoire



- ★ **1994** : Proposition de la CE pour un système global [COM(94) 248]
- ★ **2000** : ESA achève la définition technique, co-financée par la CE (Agence Spatiale Européenne, Organisation Internationale)
- ★ **2002** : Définition complète du projet achevée et approuvée [Conseil Européen de Barcelone, mars 2002]
  - 1<sup>ère</sup> phase (4 sat) : co-financement CE/ESA
  - Déploiement (26 sat) et opérations : Partenariat-Public-Privé (PPP) basé sur une concession, financée pour 2/3 par le privé et 1/3 par l'UE
- ★ **2007** : Après plus de 4 ans de négociations, le PPP est abandonné.
  - Le financement de la concession ne peut pas être assuré : les signaux ouverts (GALILEO, GPS, etc.) sont gratuits ; les autres signaux ne génèrent pas assez de revenus.

# GALILEO : Quand ?

## Une longue histoire (2)



- ★ **2008** : Décision de financer et gérer le programme par l'Union Européenne qui en sera propriétaire [Règlement CE 683/2008]
  - **3,4 Milliards d'euros** sur la période 2007-2013 pour EGNOS (augmentation GPS) et GALILEO
  - La CE devient « Maître d'Ouvrage »
  - L'Agence Spatiale Européenne (ESA) est liée à la CE par un accord de délégation.
  - L'Agence du GNSS Européen (GSA) de la CE, en charge du développement du marché et de la sécurité



- ★ **2014 - 2020** : Nouveau règlement en préparation

- **7 Milliards d'euros** (EGNOS, GALILEO)
- Achever le déploiement et démarrer la phase d'exploitation
- Renforcement du rôle de l'Agence du GNSS Européen (GSA)  
[cf. *Réglements 1321/2004, 683/2008, 912/2010* ]

# GALILEO : Quand ?

## Développement et Déploiement

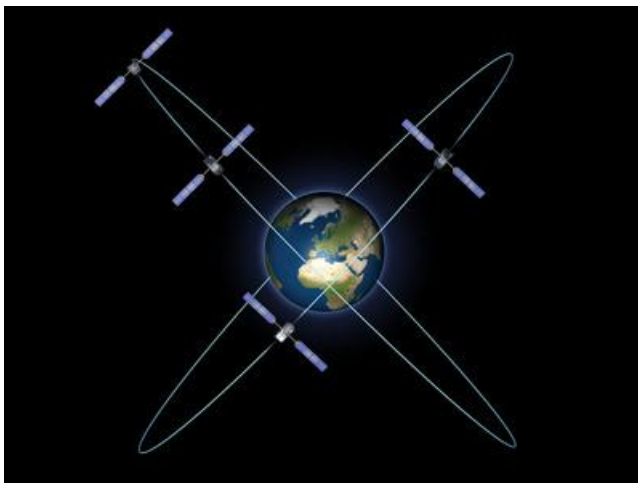
- ★ **2005** : Premier satellite expérimental Giove A
- ★ **2008** : Deuxième satellite expérimental Giove B
- ★ La phase de **Validation en Orbite (IOV)** est en cours achèvement :
  - **24 octobre 2011** : lancement des 2 premiers satellites IOV
  - **28 septembre 2012** : lancement des satellites IOV 3 et 4
  - **Fin 2012** : Première « position » GALILEO



GIOVE A - Crédit ESA



GIOVE B - Crédit ESA



IOV - Crédit ESA



IOV 1 & 2 - Crédit ESA

# GALILEO : Quand ?

## Développement et Déploiement

---

★ Le déploiement du système complet et le démarrage des opérations sont en cours :

- 6 contrats délégués par la Commission à l'ESA :  
Satellites, lanceurs, segments sol de contrôle et de mission, système, opérations
- Acquisition et lancement de 26 satellites déjà contractualisés  
26 satellites = Astrium : 4 sat. + OHB : 22 sat.  
Lancements Arianespace : 7 Soyouz et 3 Ariane 5 (7x2 + 3x4 = 26 sat.)  
> 26 satellites en orbite attendus fin 2015

★ Exploitation préliminaire : **2014**

- Service Ouvert, Service Public Protégé, Recherche et Sauvetage

★ Capacité Opérationnelle Finale : **2018 - 2020**



Soyouz à Kourou - Crédit ESA



Ariane 5 - Crédit ESA

# GALILEO : le Système Final

## ★ 24 satellites opérationnels, jusqu'à 30 satellites en orbite

- 3 plans orbitaux : 8 satellites opérationnels + 2 satellites de rechange par plan
- 22 000 km d'altitude
- Durée de vie des satellites de 12,5 ans



## ★ Segment sol

- Deux Centres de Contrôle : Italie et Allemagne
- Un Centre de Surveillance de la Sécurité et son back-up : France et Royaume-Uni
- Un Centre de Service : Espagne
- Des centres complémentaires :
  - ◆ Analyse de la performance
  - ◆ Synchronisation du « Temps GALILEO » sur UTC
  - ◆ Gestion de la « Référence Géodésique GALILEO »



Centre de Contrôle GALILEO, Oberpfaffenhofen, Allemagne  
Crédit DLR

# GALILEO : le Système Final (2)

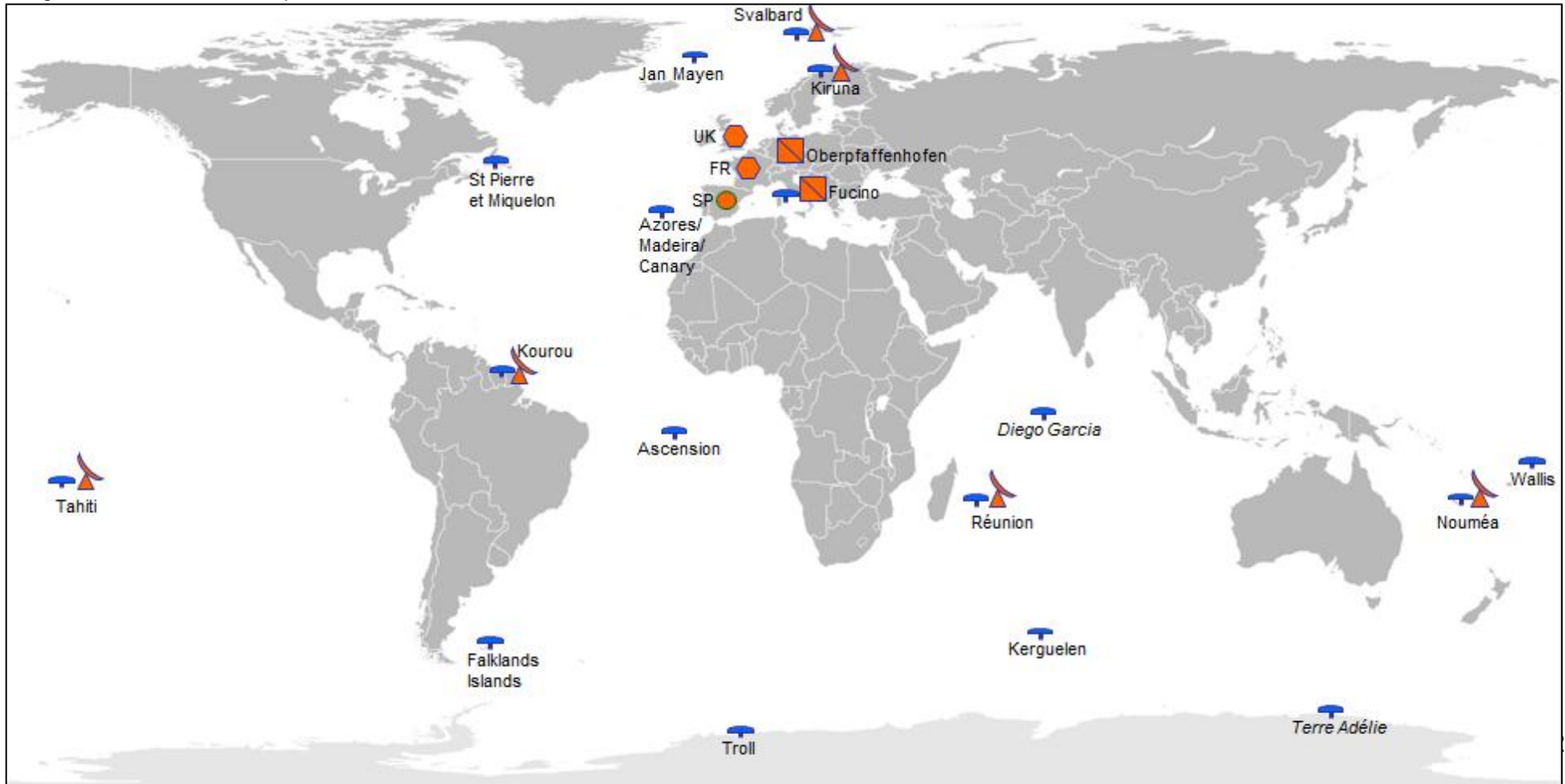
## ★ Segment sol

- 18 stations de mesure, 5 stations de contrôle des satellites
- 9 stations de mise à jour des données de navigation



Telemetry, Tracking & Command Station  
Kiruna, Suède - Crédit ESA

Segment Sol – Première étape – Crédit CE





# GALILEO : Un Défi relevé, des Services à assurer

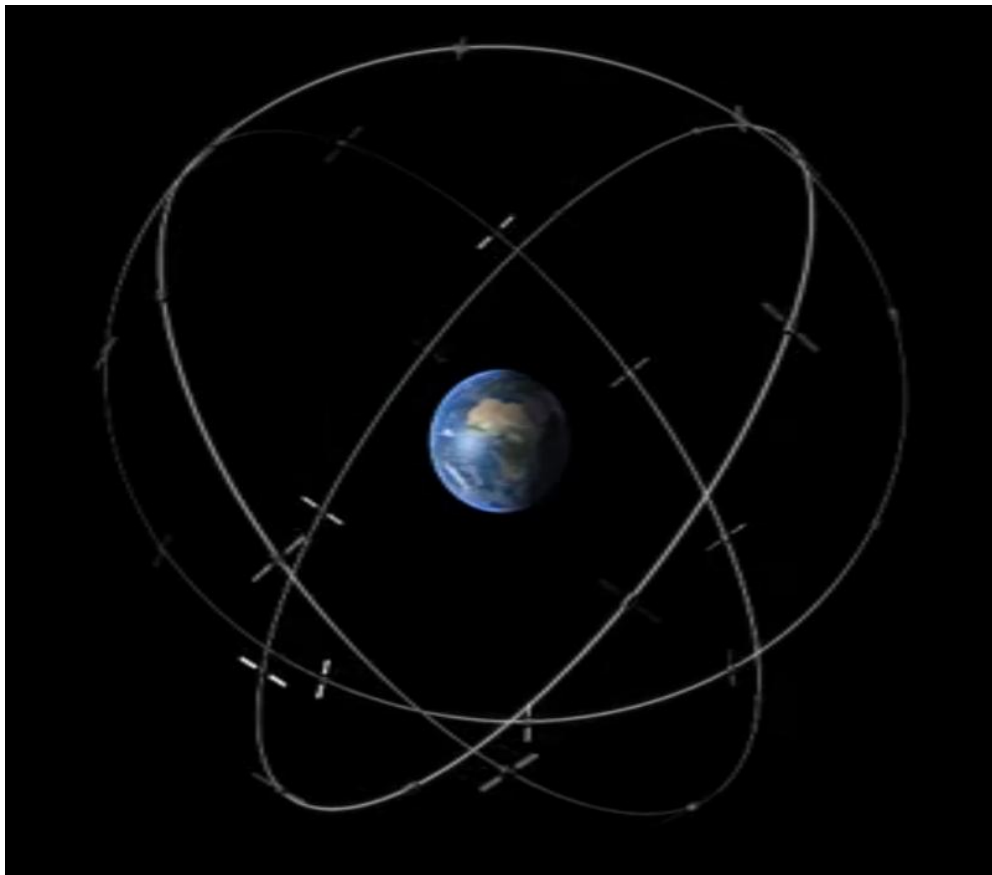


- ★ Les deux premiers satellites GALILEO IOV fonctionnent parfaitement
- ★ La performance des horloges bord européennes (technologie maser-hydrogène) est meilleure que les satellites GPS de dernière génération
  
- ★ Une constellation et un segment sol à déployer
- ★ Des opérations à mettre en place
- ★ Des services fiables à exploiter dans la durée
  
- ★ Un marché des récepteurs et des applications à conquérir

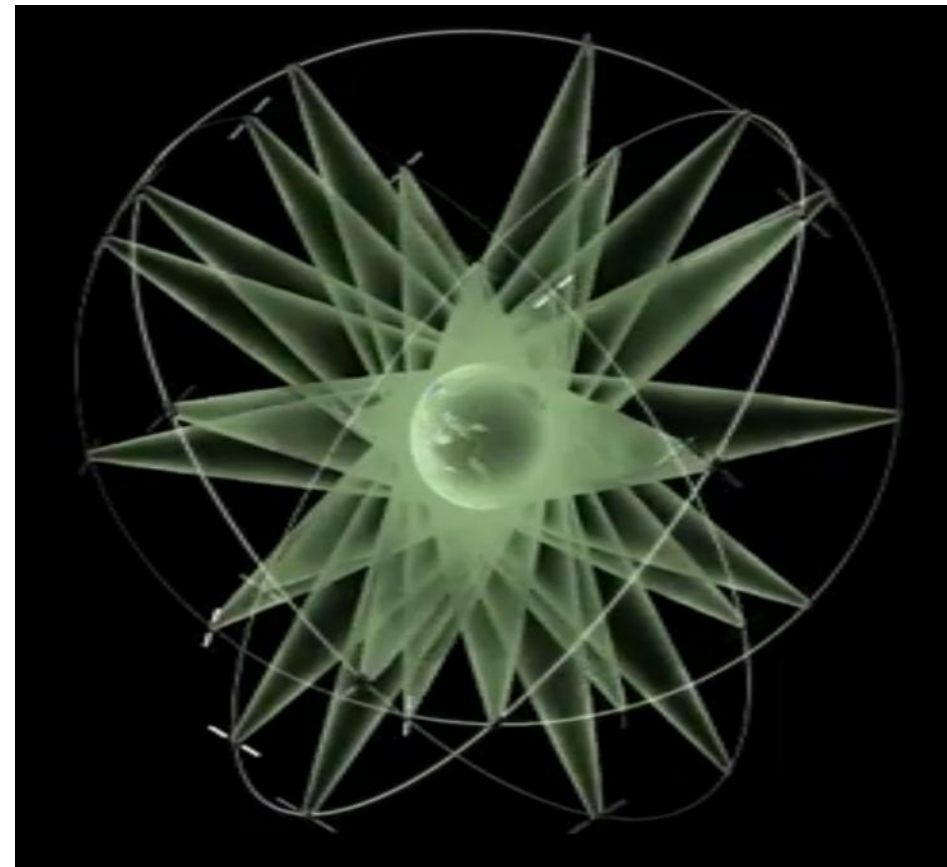
# GALILEO



★ Merci de votre attention



Constellation Galileo - Crédit ESA



Constellation Galileo - Crédit ESA