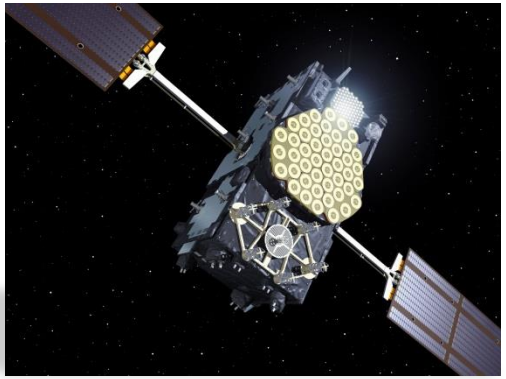


GEOLOCALISATION ET NAVIGATION A L'AIDE DES SIGNAUX GNSS

Thierry.Chapuis@cnes.fr
08/04/2014

©CNES Reproduction du document interdite

EVOLUTION DU SYSTÈME GNSS

1995-2005

GPS

GLONASS

Pas de garantie de service

Dégradation précision jusqu'en 2000

Contrôlé par DoD

2005-2014

GNSS-1

Systèmes SBAS
. WAAS opérationnel 2005
. EGNOS opérationnel en 2010
GLONASS opérationnel en 2011

Performances améliorées et garantie de service au dessus de zones régionales
Fonctionnement bi-constellation, meilleure disponibilité en milieu urbain

2014…

GNSS-2

GPS III,
GLONASS
GALILEO
BEIDOU

Fonctionnement multi-constellation et multi-fréquence

Contrôle d'intégrité

Précision métrique en standard

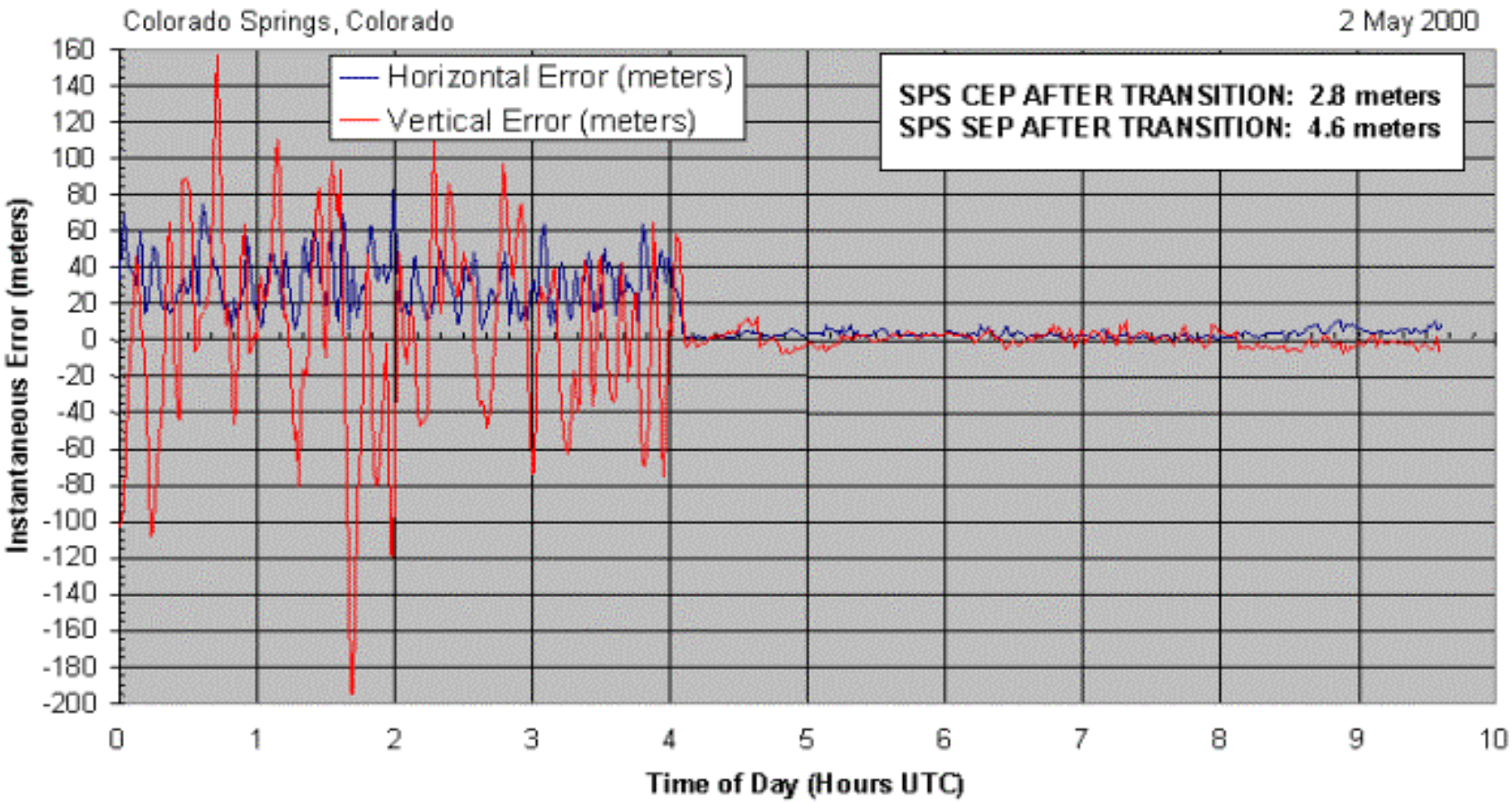
©CNES Reproduction du document interdite

LE SYSTÈME GPS : UN PEU D'HISTOIRE

- **1978**
  - Projet NAVSTAR (**NAV**igation **S**atellite **T**iming **A**nd **R**anging) initié par l'armée Américaine
  - Premier satellite mis en orbite
- **1983**
  - Accident Boeing vol KE 007 de la Korean Air Lines suite à une erreur de navigation de l'équipage, l'avion est abattu par un avion de chasse de l'Union soviétique
  - R. REAGAN promet que le GPS sera accessible aux usages civils gratuitement
- **Mars 1990**
  - Le signal Select Availability est activé → dégradation de la précision (de l'ordre de 100 m)
- **1990/1991**
  - Le signal Select Availability est désactivé durant la guerre du golfe (manque de récepteurs GPS militaires**)**
- **1995**
  - Full Operational Capability (FOC) avec 24 satellites
- **Mai 2000**
  - Select Availability désactivée par gouvernement Clinton
- **2014**
  - 31 satellites opérationnels
  - Déploiement progressif de la nouvelle génération de satellites (L1, L2, L5)

©CNES Reproduction du document interdite

MAI 2000 : DÉSACTIVATION DU SIGNAL SA

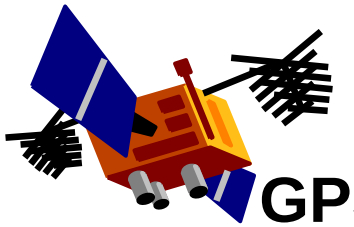


Selective Availability signal emission stopped

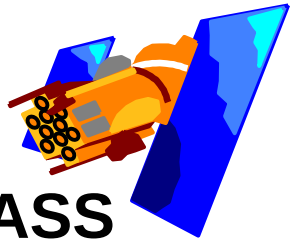
- SPS - Standard Positioning Service - normal civilian positioning accuracy using single frequency C/A code
- CEP - Circular Error Probable (horizontal only, 2D) - 50% confidence level
- SEP - Spherical Error Probable (horizontal and vertical, 3D) - 50% confidence level

©CNES Reproduction du document interdite

MOYENS D'AMÉLIORER LES PERFORMANCES



GPS



GLONASS

GNSS-1

WAAS

EGNOS

MSAS

GAGAN

SDCM

SBAS
Satellite Based Augmentation System

GPS Différentiel
RTK, PPP

GBAS
Ground Based Augmentation System

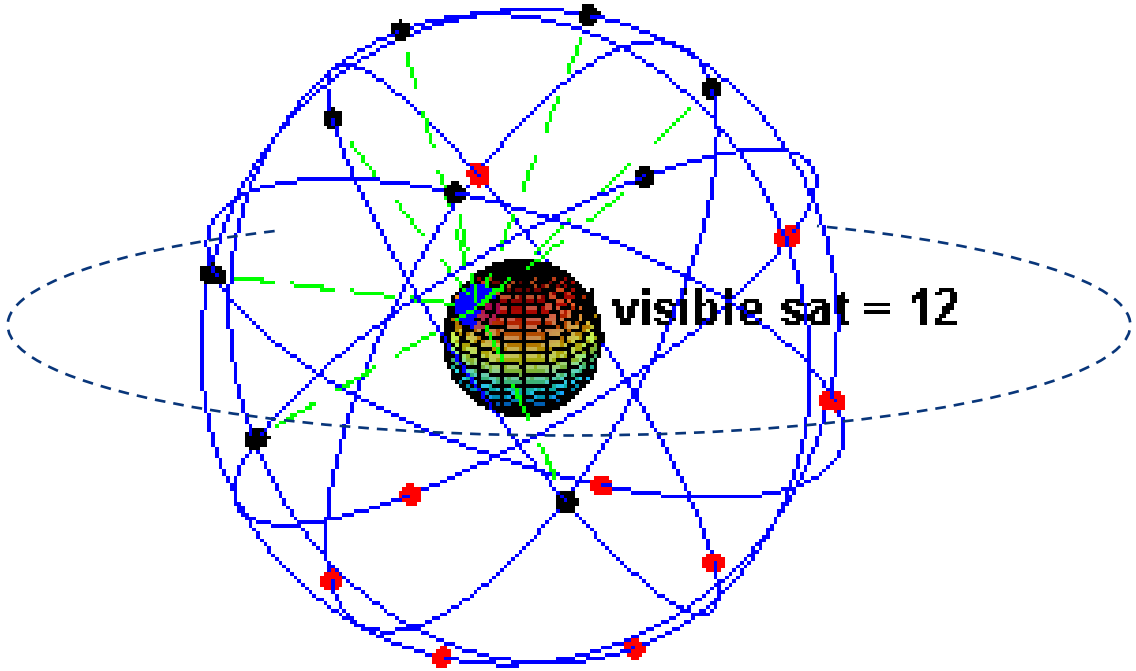
Fusion de données
- Capteurs inertiels
- Odomètre
- Magnétomètre
- Image

ABAS
Autonomous Based Augmentation System

©CNES Reproduction du document interdite

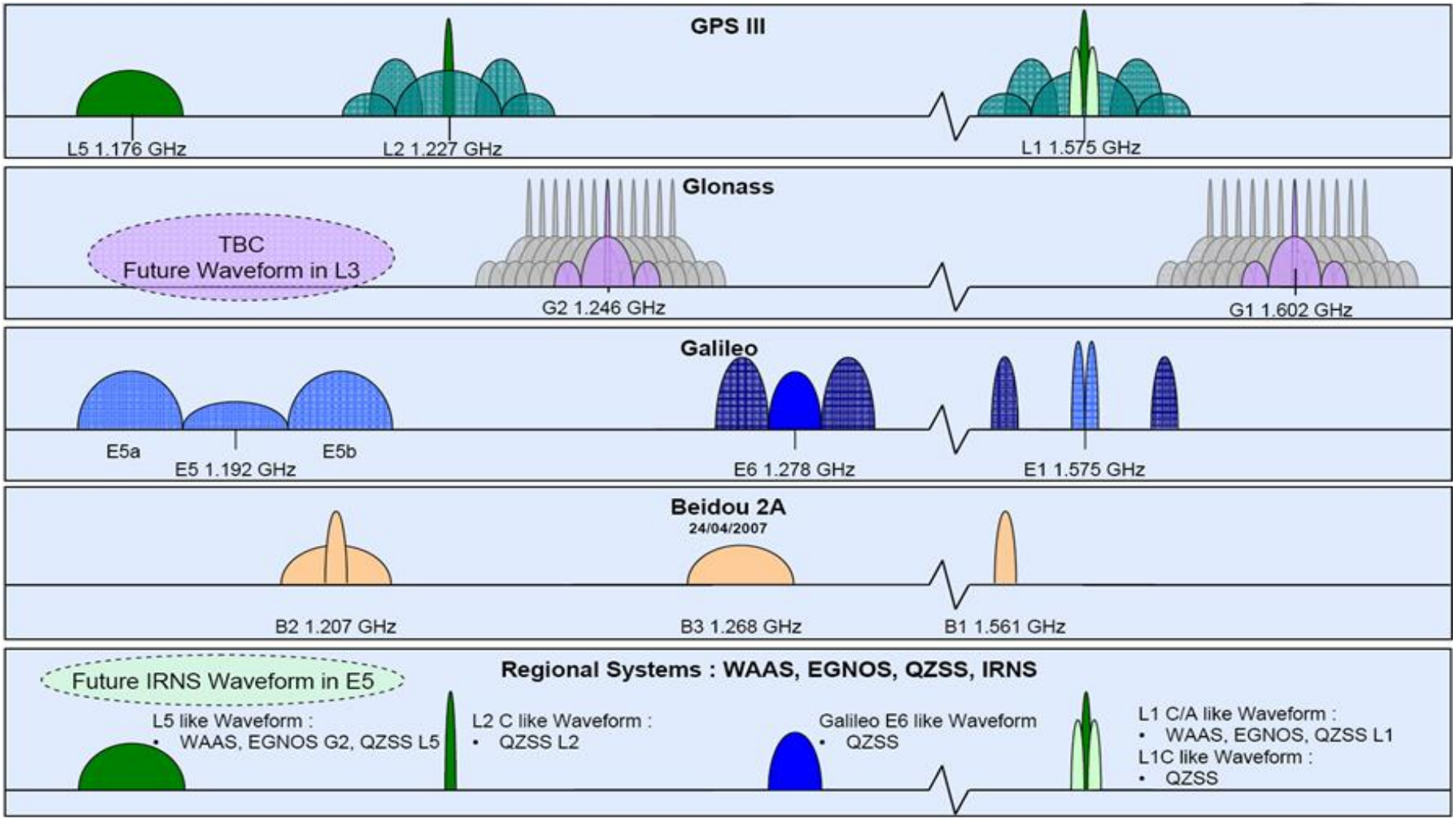
GNSS CONSTELLATIONS

Constellation	Altitude	Inclination	Orbit Period	Number of orbital planes	Operational
GPS	20 200 km	55 °	11h 58 mn	6	31
GLONASS	19 100 km	64.8 °	11h 15 mn	3	24
GALILEO	23 222 km	56 °	14h 07 mn	3	4
BEIDOU	21 528 km	55 °	12h 53 mn	3	4



©CNES Reproduction du document interdite

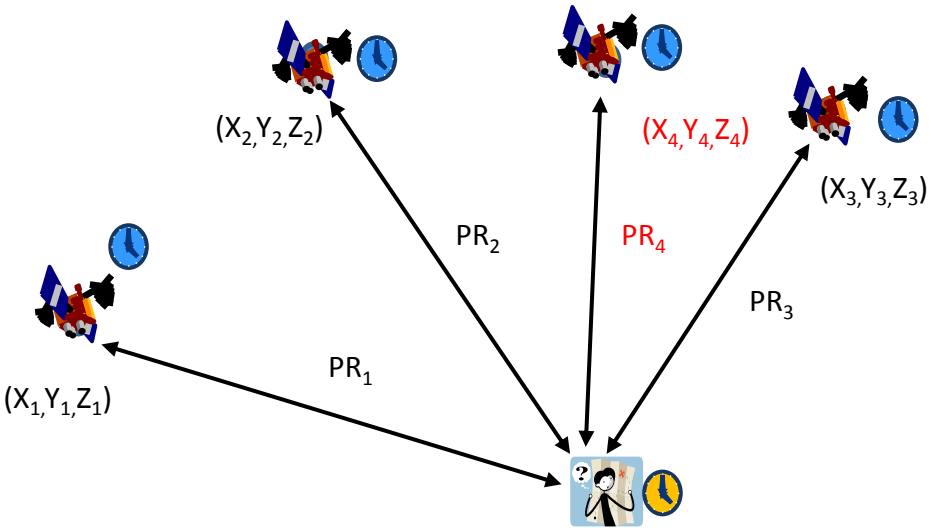
SIGNAUX GNSS

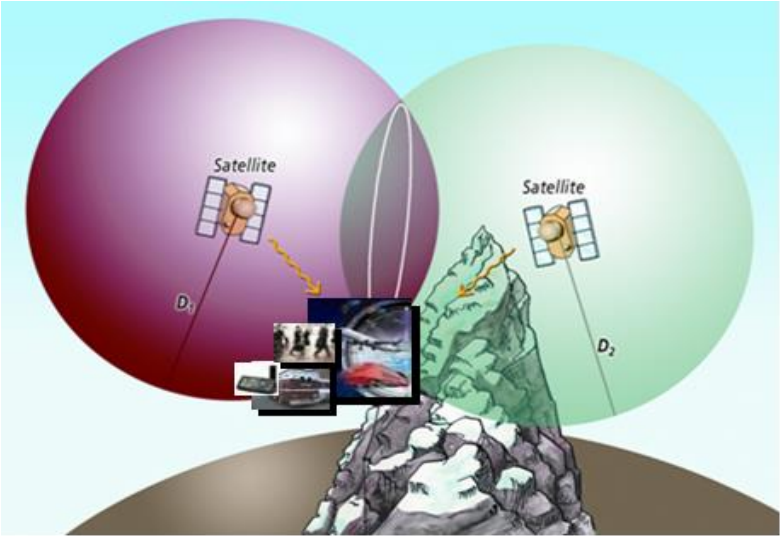


©CNES Reproduction du document interdite

CALCUL DE LA POSITION

- **Mesure de la distance entre l'antenne du récepteur et le satellite**
- **Technique de trilatération**
  - 3 mesures pour x,y,z
- **Horloges du satellite et du récepteurs non synchronisées**
  - Besoin d'une quatrième mesure
  - Horloge récepteur est traitée comme une inconnue supplémentaire

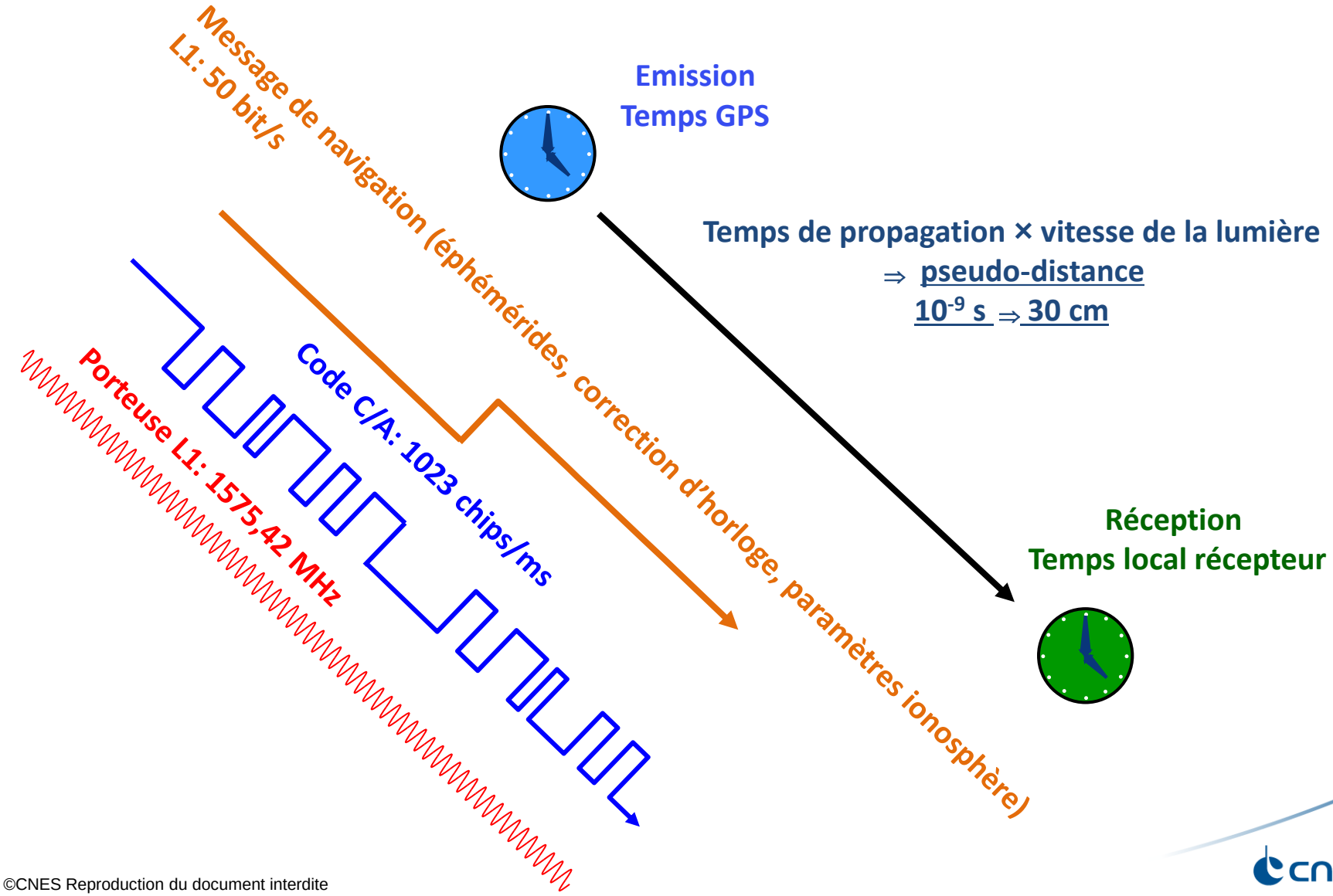




1 mesure ⇨ 1 sphère centrée sur le satellite
2 mesures ⇨ Cercle intersection de 2 sphères
3 mesures ⇨ Intersection de 3 sphères
2 points dont 1 aberrant

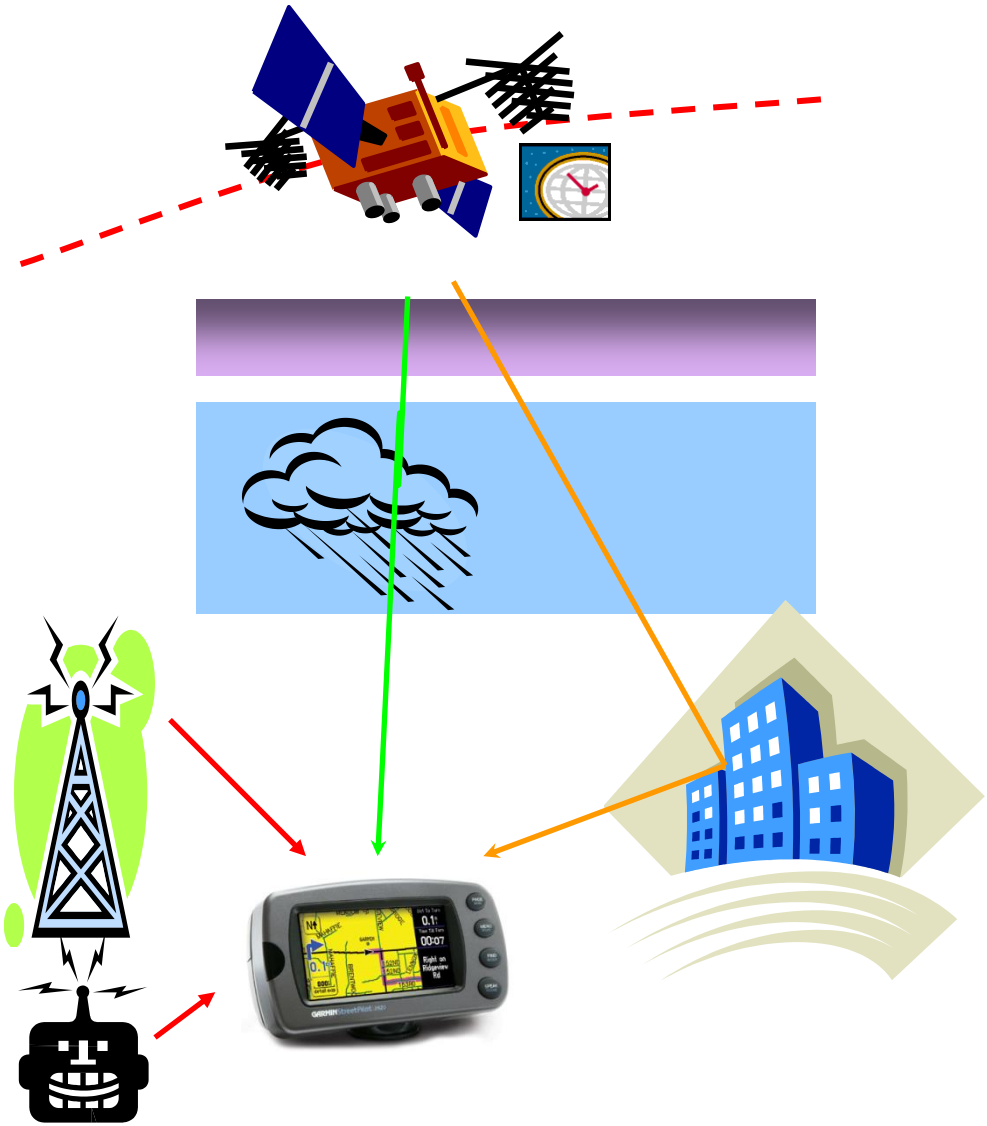
©CNES Reproduction du document interdite

EXEMPLE DU SIGNAL CIVIL L1 C/A



©CNES Reproduction du document interdite

SOURCES D'ERREURS



Satellite

- Précision de l'orbite
- Erreur horloge bord

Canal de propagation

- Ionosphère (70 → 1000km)
- Troposphère (0 → 20km)
- Multi-trajets
- Interférences

Récepteur

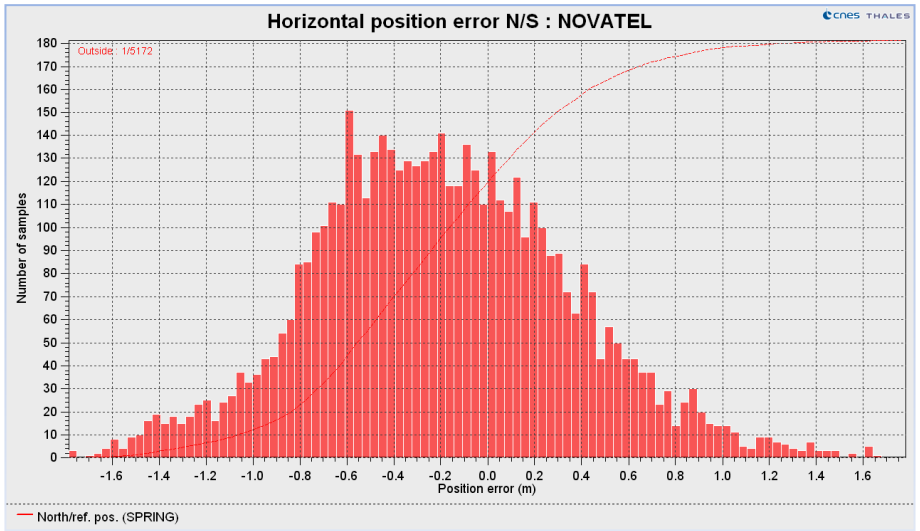
- Bruit électronique

©CNES Reproduction du document interdite

DÉFINITION DE LA PRÉCISION

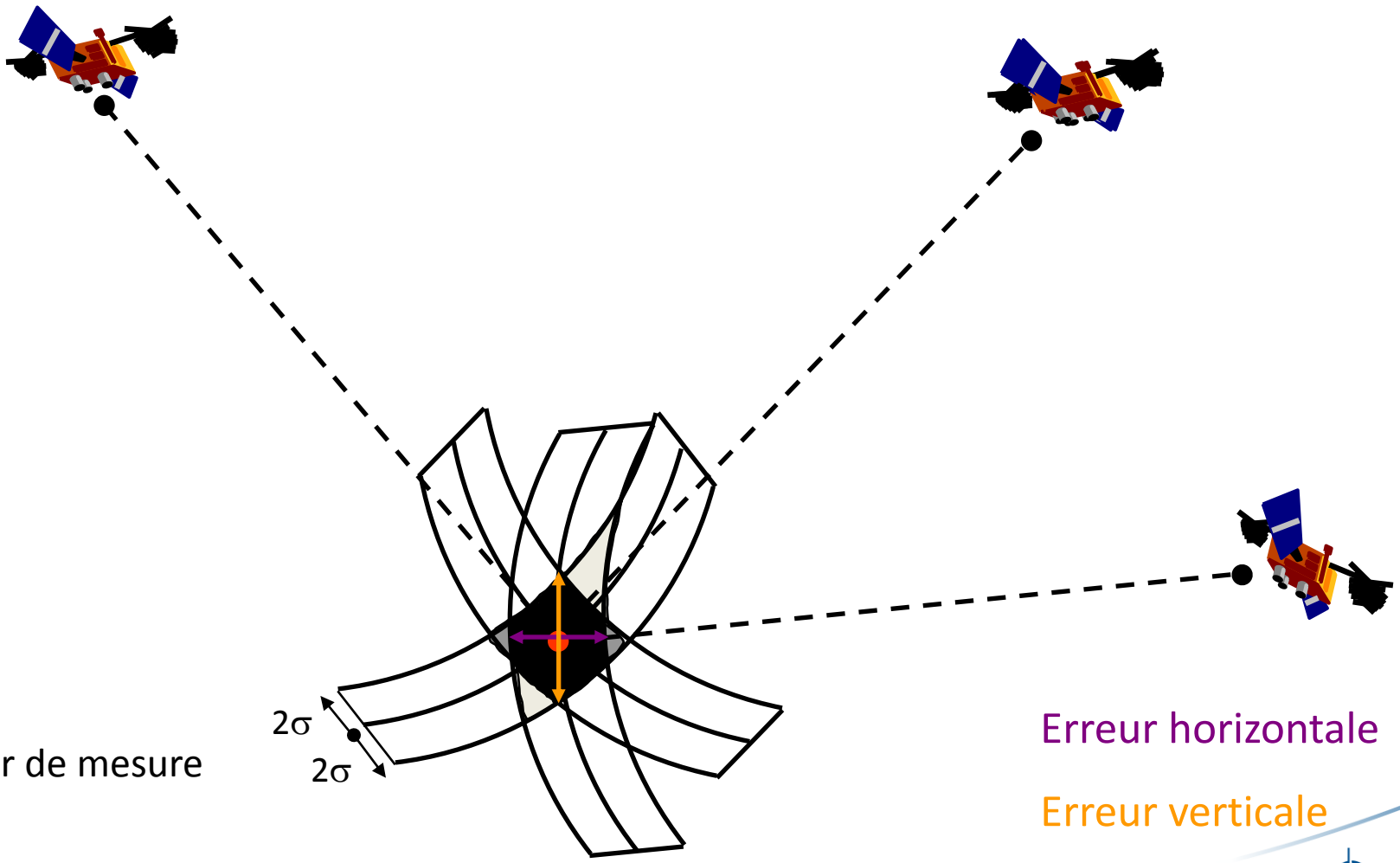
- **Mesure statistique avec l'hypothèse d'un modèle d'erreur Gaussien**
- **La précision de la position est souvent spécifiée à (2σ) où σ représente l'écart-type de la mesure**
  - 1σ : 68 % des mesures sont dans l'intervalle ± σ
  - 2σ : 95 % des mesures sont dans l'intervalle ± 2σ
  - 3σ : 99.9 % des mesures sont dans l'intervalle ± 3σ
- **Précision dépend fortement de l'environnement si présence de multi-trajets**

Mesures statiques sur antenne de référence



©CNES Reproduction du document interdite

IMPACT DE LA GÉOMÉTRIE DE LA CONSTELLATION



Erreur de mesure

Erreur horizontale

Erreur verticale

©CNES Reproduction du document interdite

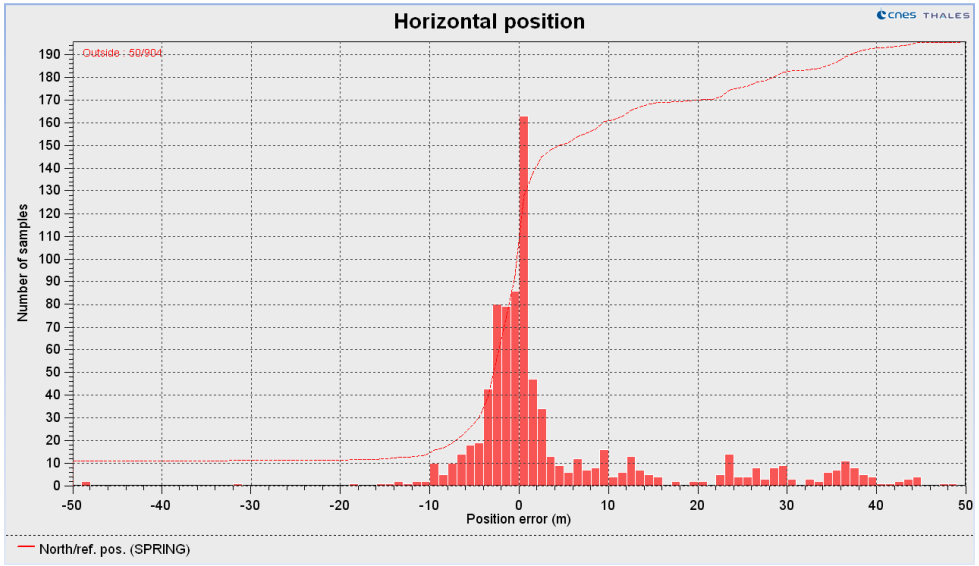
PRÉCISION DES SYSTÈMES GNSS

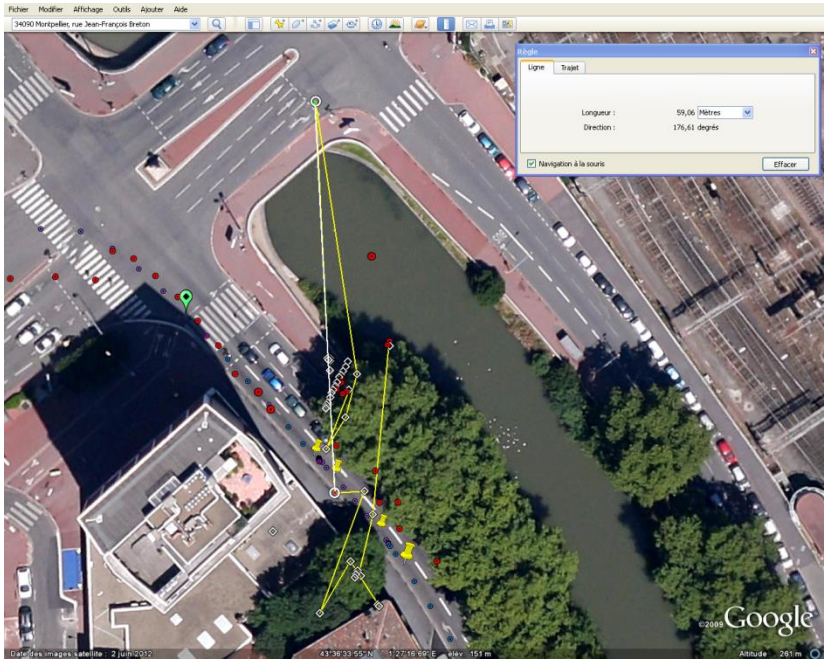
Segment	Error	1σ Error (m)		
		Actuel GPS	**Futur GPS Galileo**	**Galileo + GPS**
Satellite	**Orbite + horloge**	**3.6**	**0.6**	**0.6**
Propagation	**Ionosphère**	**3**	**3**	**3**
	Troposphère	**0.1**	**0.1**	**0.1**
	Multitrajets (urbain)	**2.1**	**2.1**	**2.1**
Récepteur	**Bruit thermique + interférence**	**0.6**	**0.1**	**0.1**
Erreur de Pseudodistance		5.2	3.7	3.7
DoP Horizontal		**1**	**1**	**0.6**
Erreur de Position Horizontale		5.2	3.7	2.2

Galileo + GPS bi-fréquence = 1.3

©CNES Reproduction du document interdite

PRÉCISION TRÈS DÉPENDANTE DE L'ENVIRONNEMENT



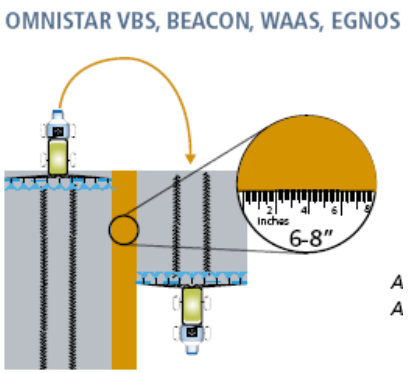


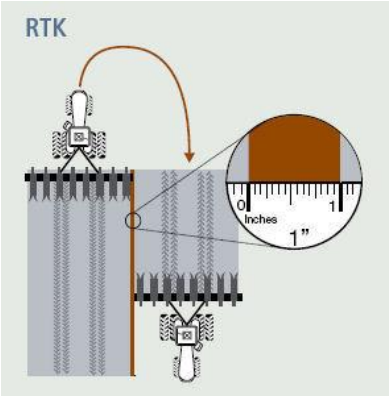
©CNES Reproduction du document interdite

BESOINS POUR LES APPLICATIONS AGRICOLES

Varie du mètre à quelques centimètres

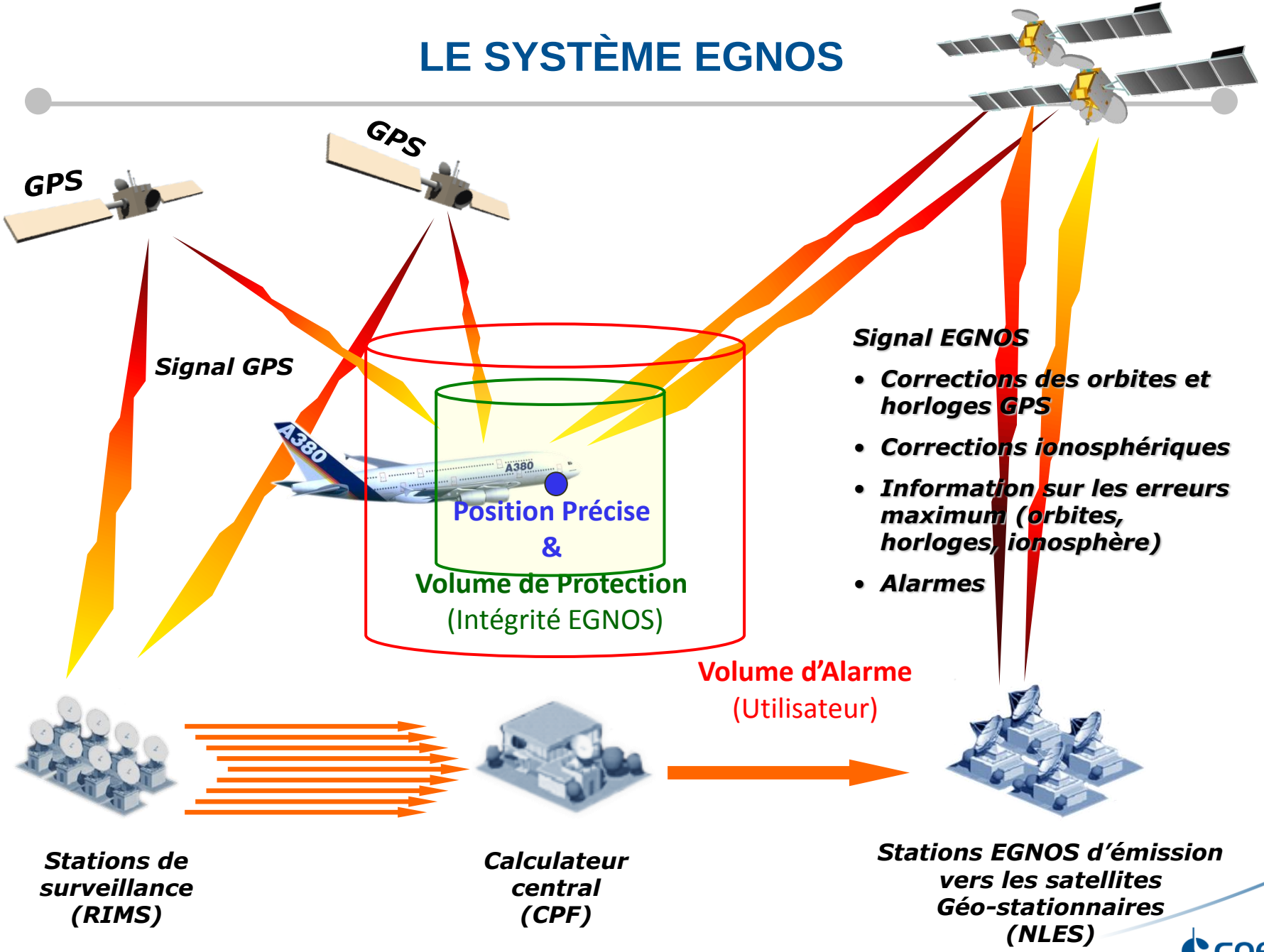
- **Technologie de localisation à adapter selon la précision recherchée**
- **Utilisation de systèmes SBAS**
  - EGNOS en Europe, WAAS aux Etats-Unis
  - Précision de l'ordre du mètre
  - Gratuit
- **Utilisation de systèmes différentiels temps réel**
  - Plusieurs gammes de services commercialisées
  - Deux solutions technologiques
    - RTK (Real Time Kinematic)
    - PPP (Precise Point Positioning)
  - Services payants (abonnement)





©CNES Reproduction du document interdite

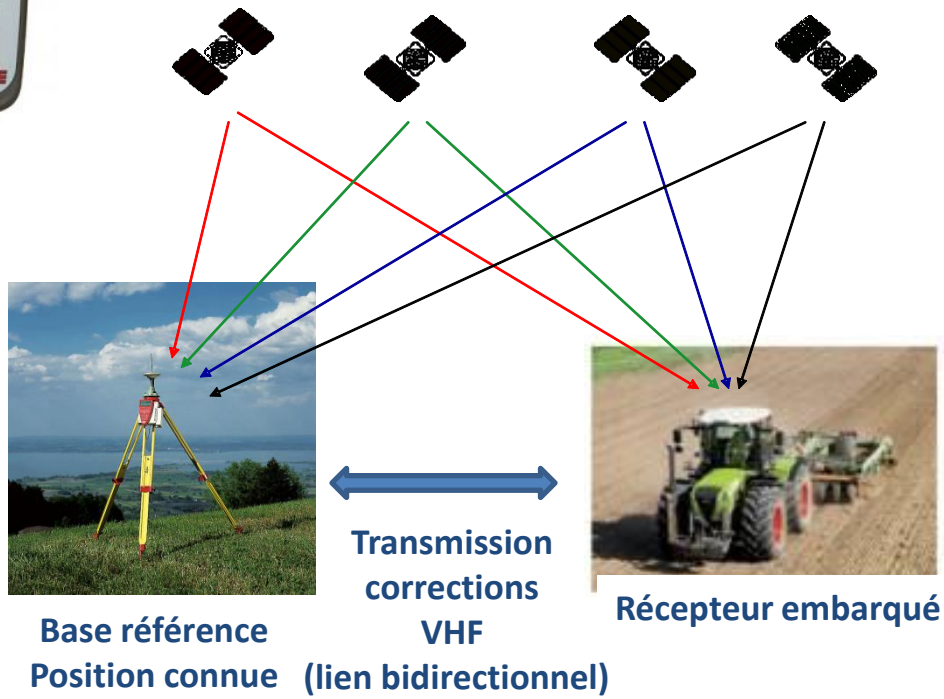
LE SYSTÈME EGNOS



©CNES Reproduction du document interdite

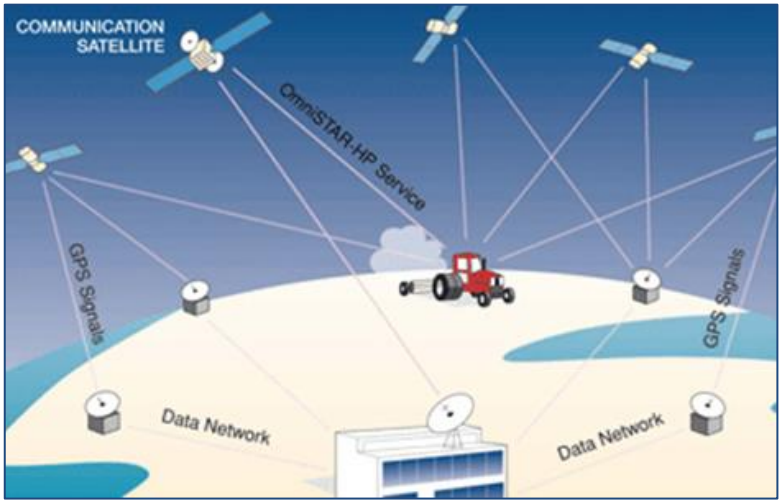
SOLUTION DIFFÉRENTIELLE LOCALE

- **RTK**
  - Solution bi-fréquence
  - Contrôle de la phase du signal
- **Station locale à proximité de du récepteur**
  - Précision dépend de l'éloignement de la station
  - Portée VHF limitée
- **Domaine de fonctionnement de quelques dizaines de kilomètres**

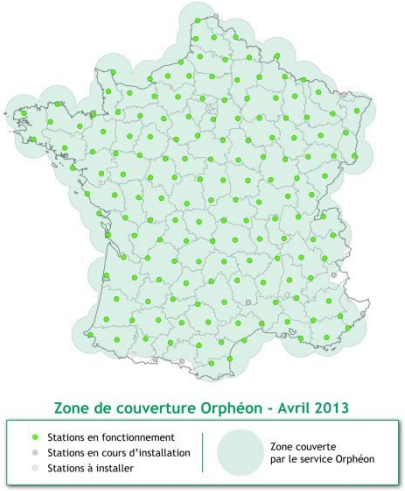


©CNES Reproduction du document interdite

SOLUTION DIFFÉRENTIELLE GLOBALE

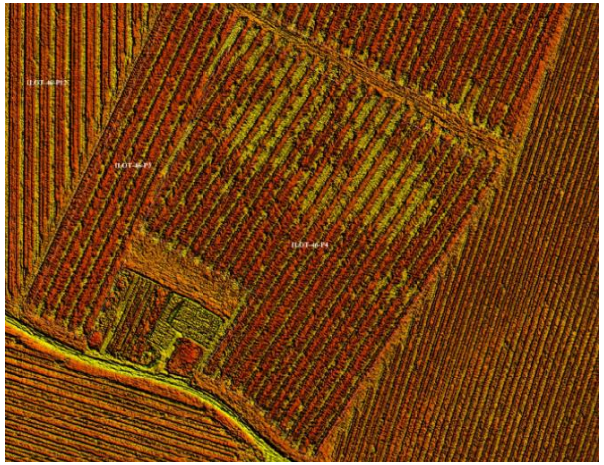


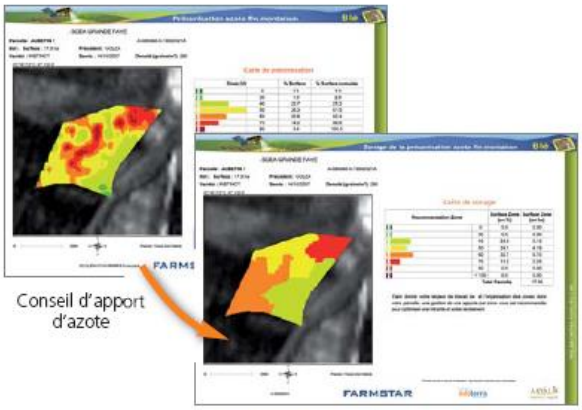
- **Réseau de stations de référence**
- **Transmissions des corrections**
  - Liaison satellite géostationnaire en bande L
  - Réseau GSM
- **Solution RTK**
  - Avantages
    - » Temps de convergence (1 minute)
    - » Meilleure précision pour la composante verticale
  - Inconvénients
    - » Densité du réseau de stations
    - » Flux de données à transmettre et besoin de liaison bi-directionnelle
- **Solution PPP**
  - Avantages
    - » Réseau de station beaucoup moins dense
    - » Liaison mono-directionnelle et faible flux de données
  - Inconvénient
    - » Temps de convergence (30 minutes)



©CNES Reproduction du document interdite

LA TECHNOLOGIE GNSS OMNIPRÉSENTE





Nouveau Carte de zonage du conseil

©CNES Reproduction du document interdite