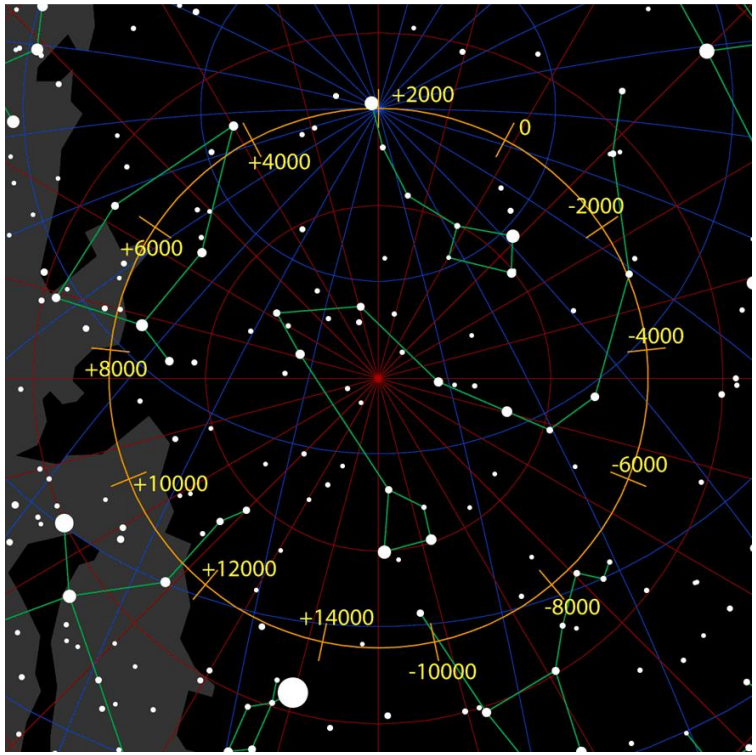
Une vision partiale de la géolocalisation

Nel SAMAMA

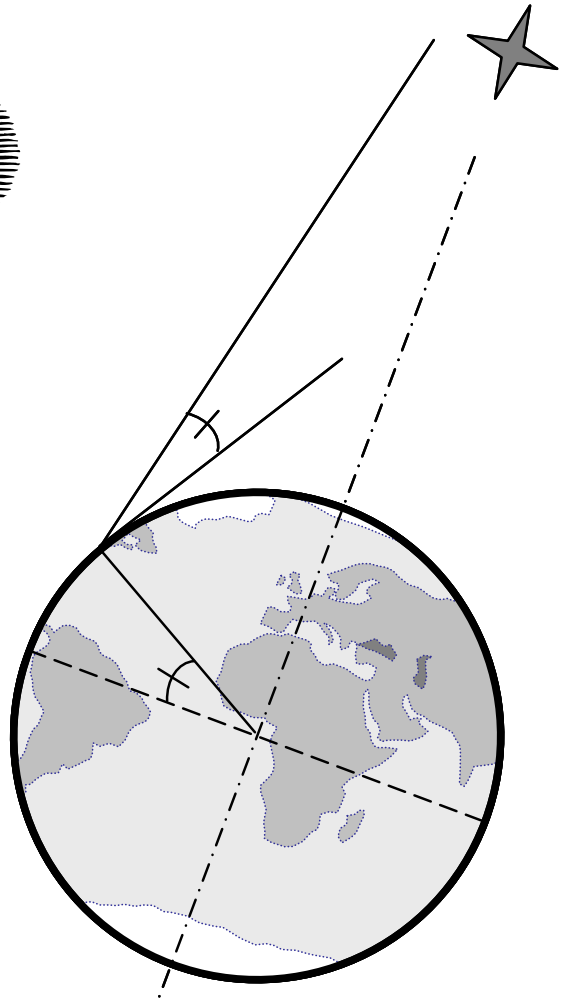
Département ICE
Institut Polytechnique de Paris

Un peu d'histoire …

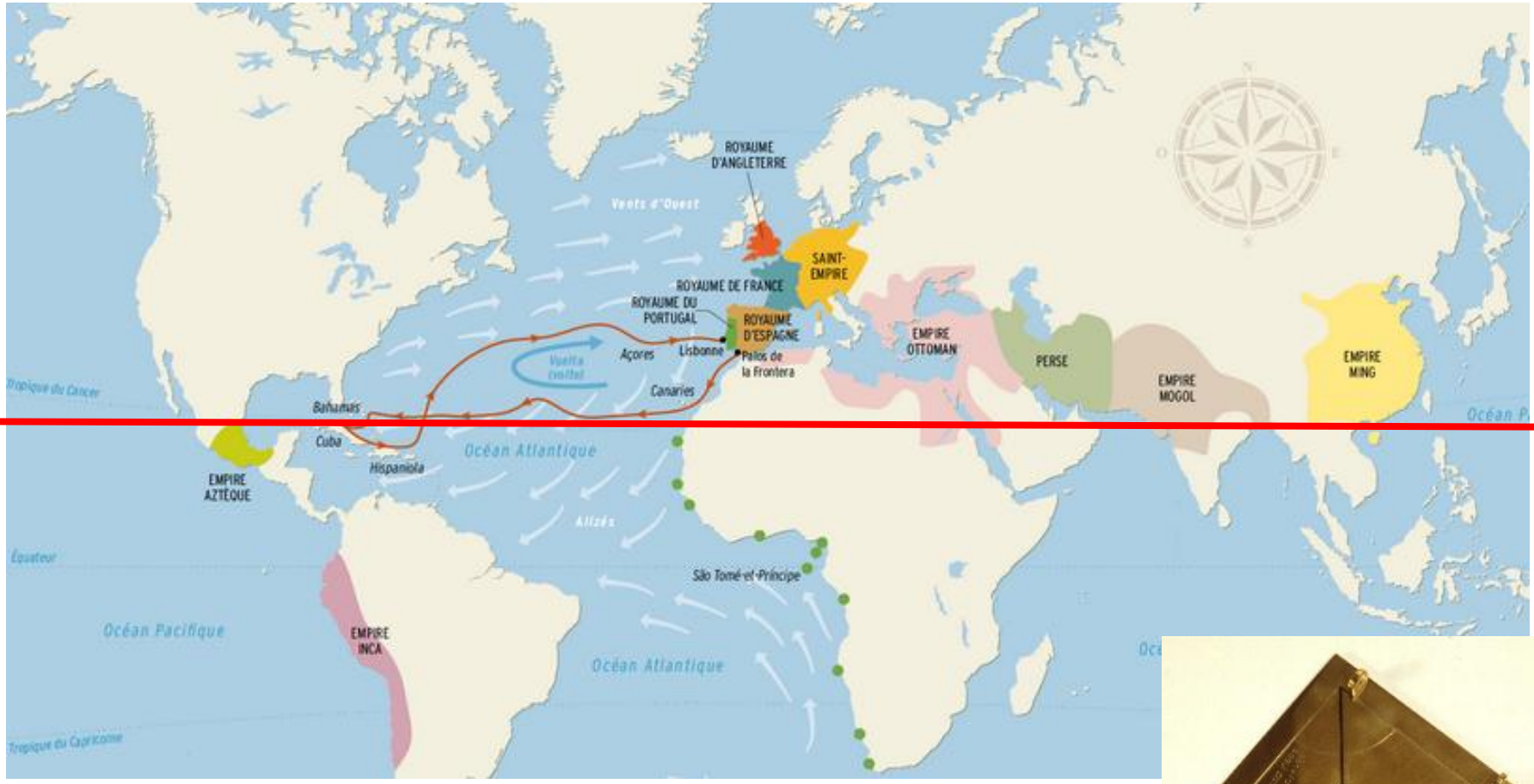
Les temps anciens …



Source : wikipedia

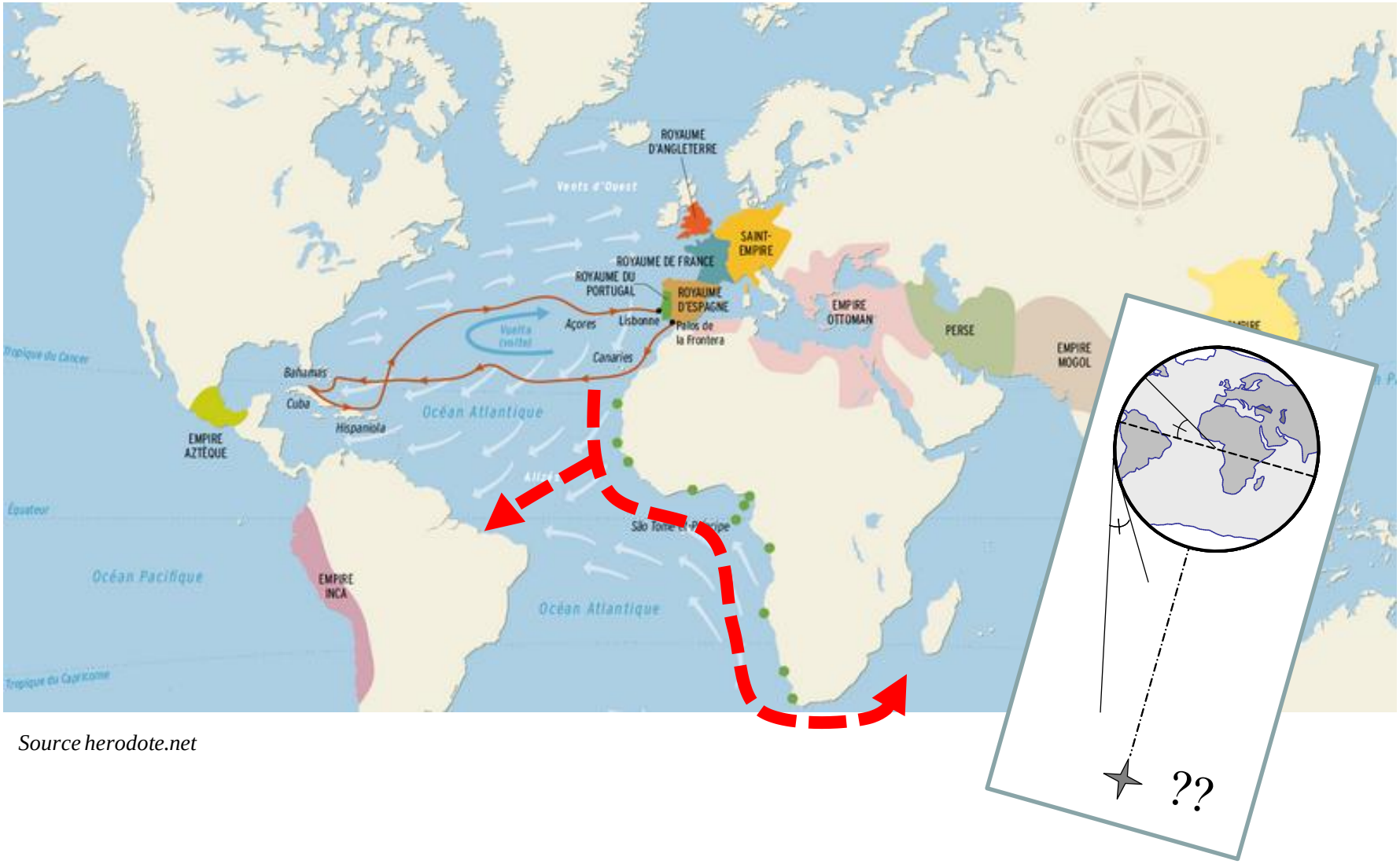


Le premier voyage de Christophe Colomb …



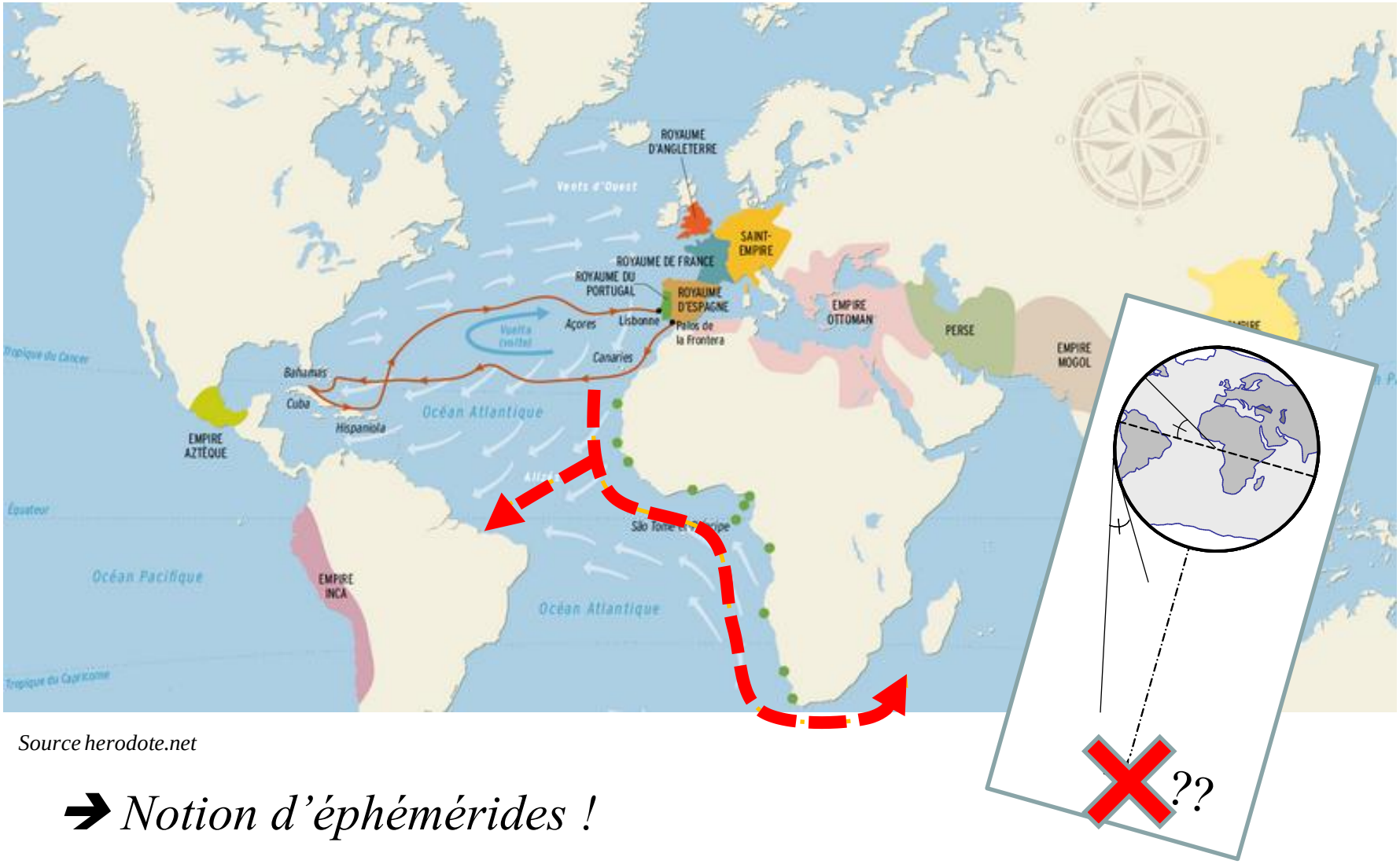
Source herodote.net

Le contournement de l'Afrique …



Source herodote.net

Le contournement de l'Afrique …



Source herodote.net

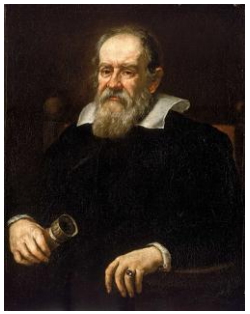
➔ *Notion d'éphémérides !*

Le problème de la longitude

En 1666, *COLBERT* fonde l'Académie des Sciences.

Giovanni Domenico CASSINI publie en 1668 la description des éclipses des lunes de Jupiter avec grande précision.

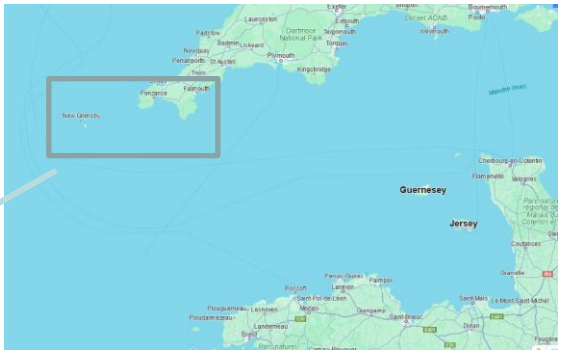
Puis il établit que, ***connaissant les tables*** précises pour un méridien donné, le ***décalage*** entre ces tables et ***l'heure locale*** du lieu d'observation donne la **longitude** !

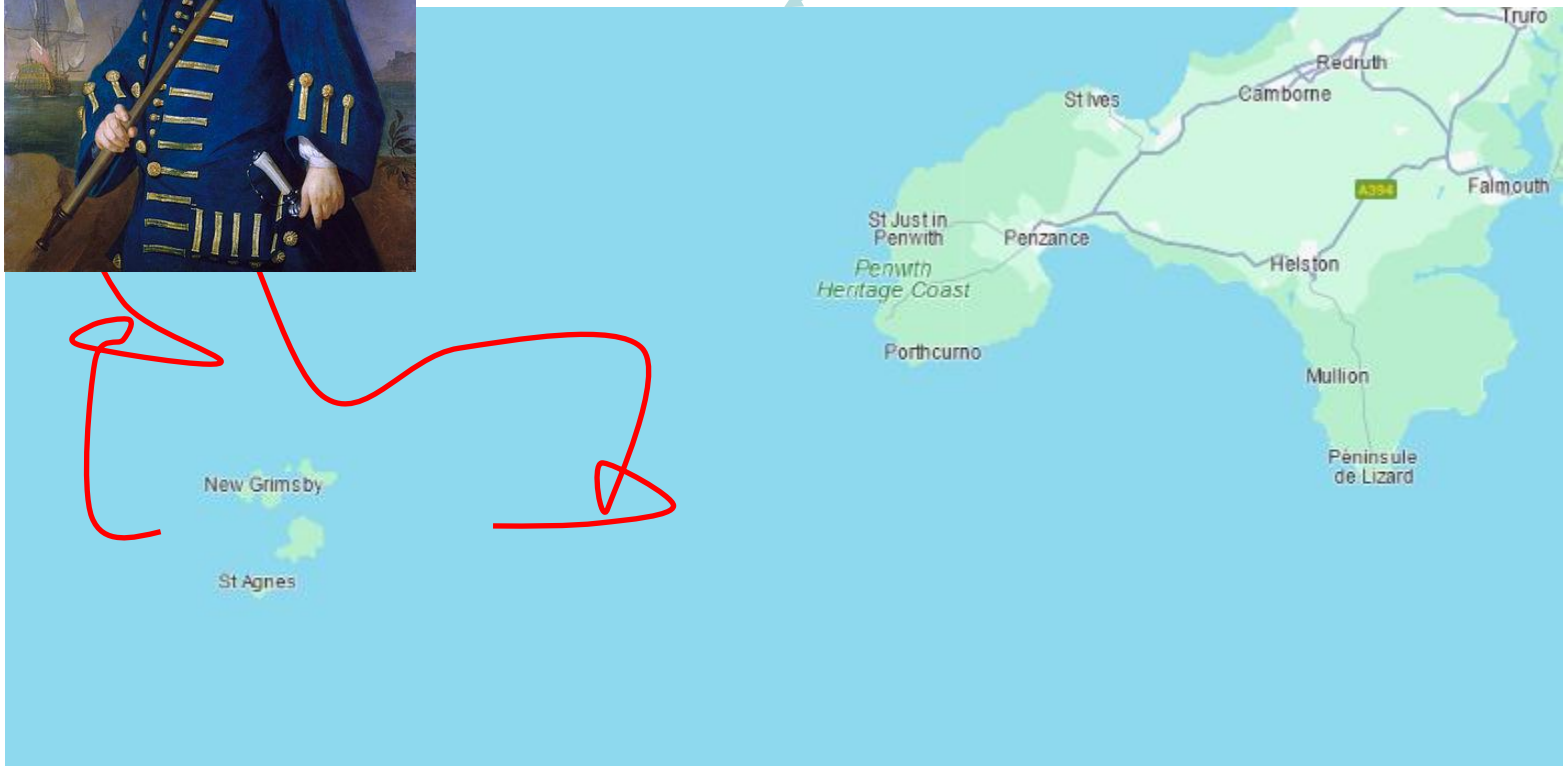


Galileo di Vincenzo Bonaiuti de' Galilei

La longitude … en mer

Cloudesley SHOVELL, Admiral of the Fleet, 1707





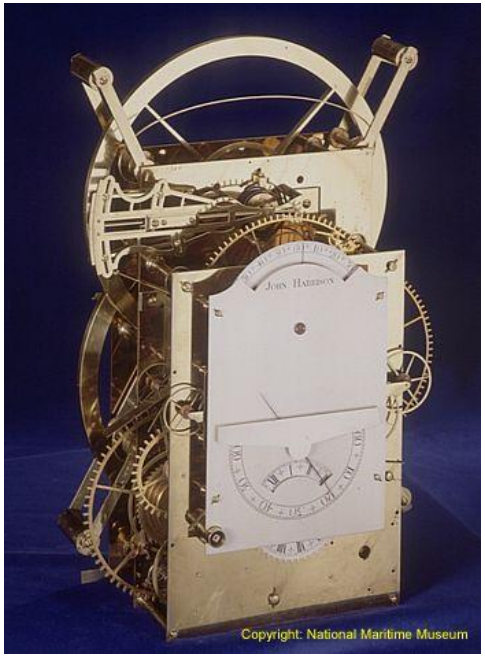
INSTITUT POLYTECHNIQUE DE PARIS

Le chronomètre marin

1730-1735

1737-1740

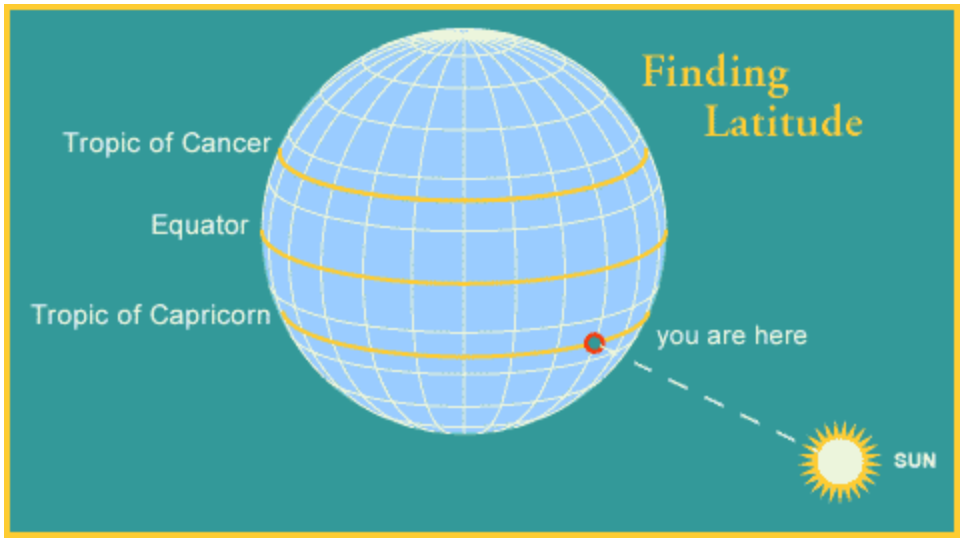
1740-1759

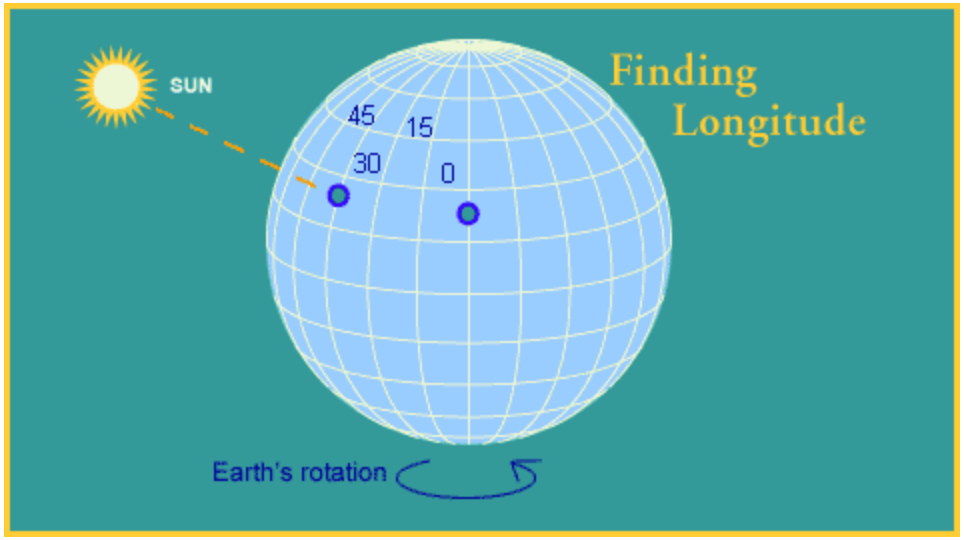


1755-1759

John Harrison

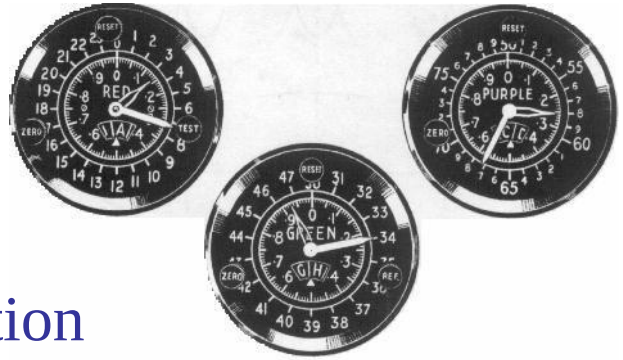
L'heure et la longitude

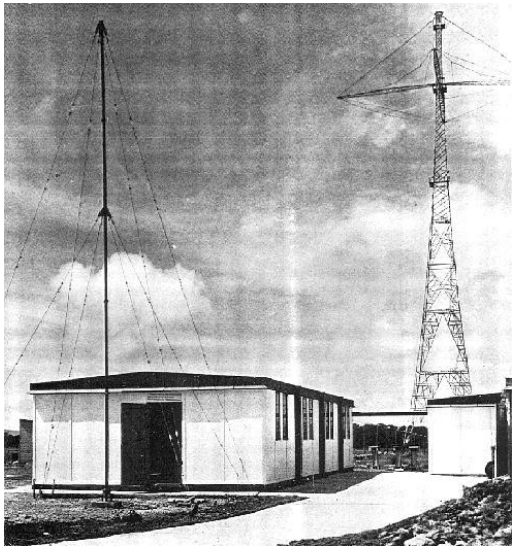




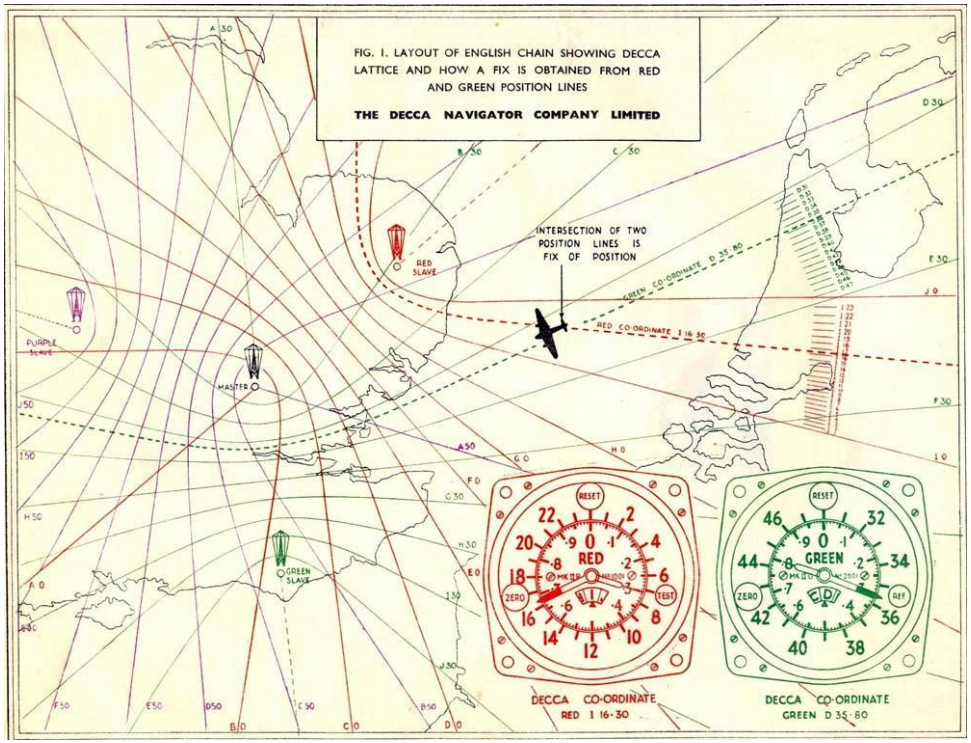
Les premiers systèmes radio – Le Decca

… et les débuts de la « radio navigation »



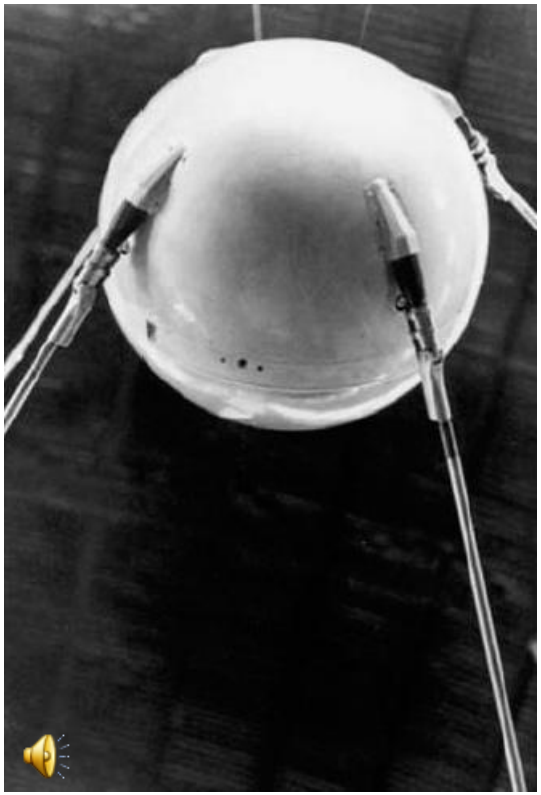


Portée des émetteurs
Synchronisation
Modélisation de la propagation

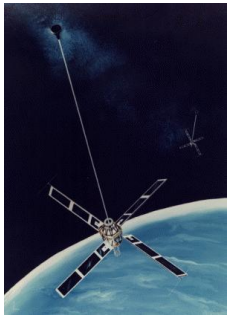


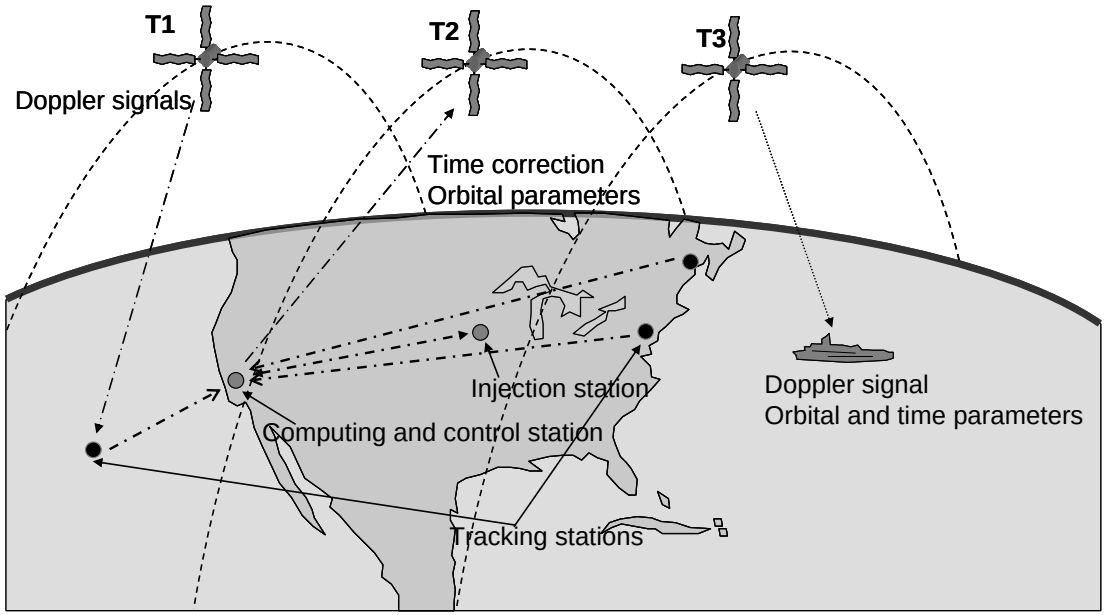
Les premiers systèmes satellites

… puis vint la navigation par satellites



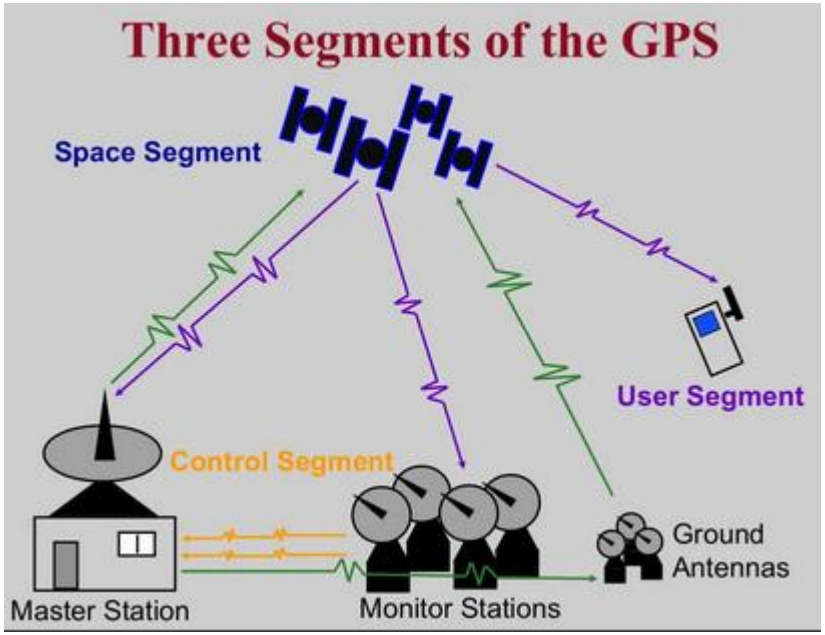
Position du satellite
Position du récepteur
Mesures Doppler

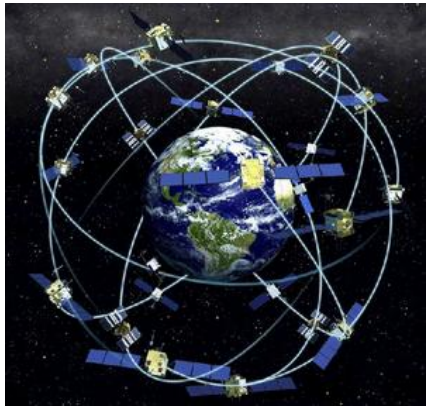




Les GNSS

… pour enfin en arriver aux Global Navigation Satellite Systems

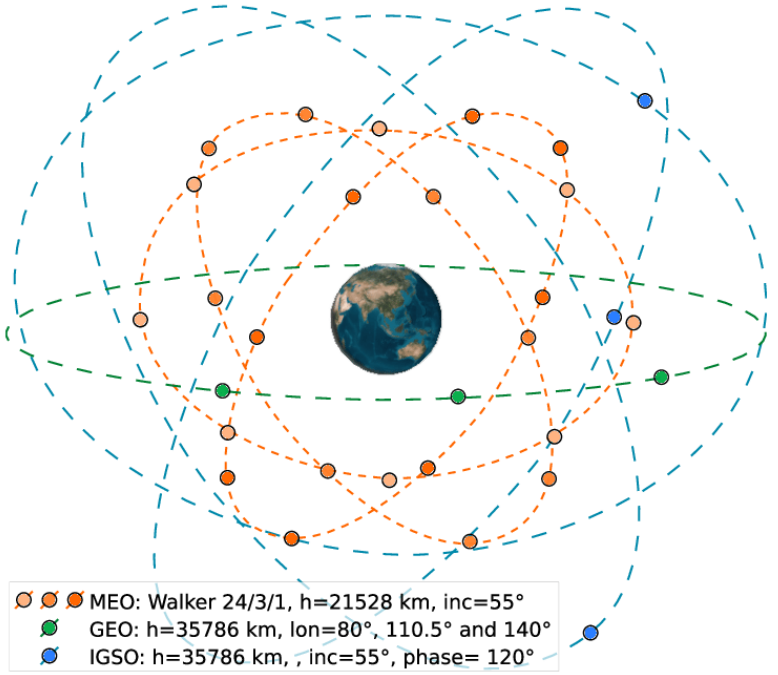




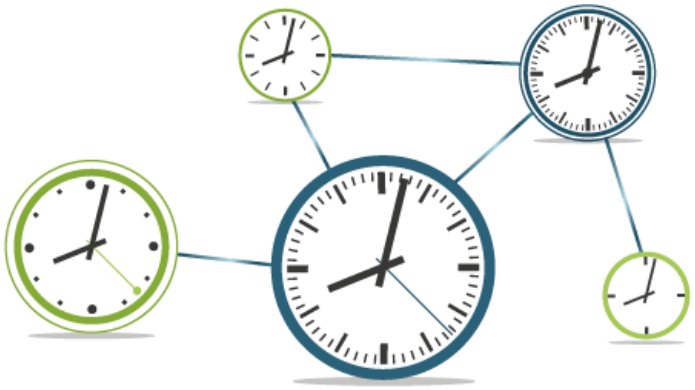
GALILEO
THE EUROPEAN GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM

GLONASS

BeiDou

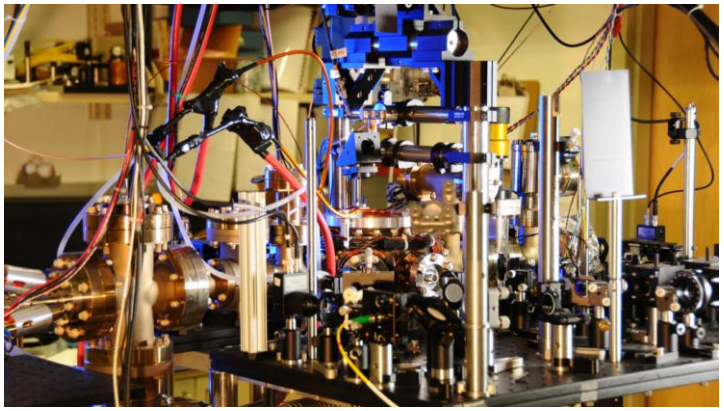


La synchronisation …



1 mètre

→ qq ns → qq 10^{-9}s



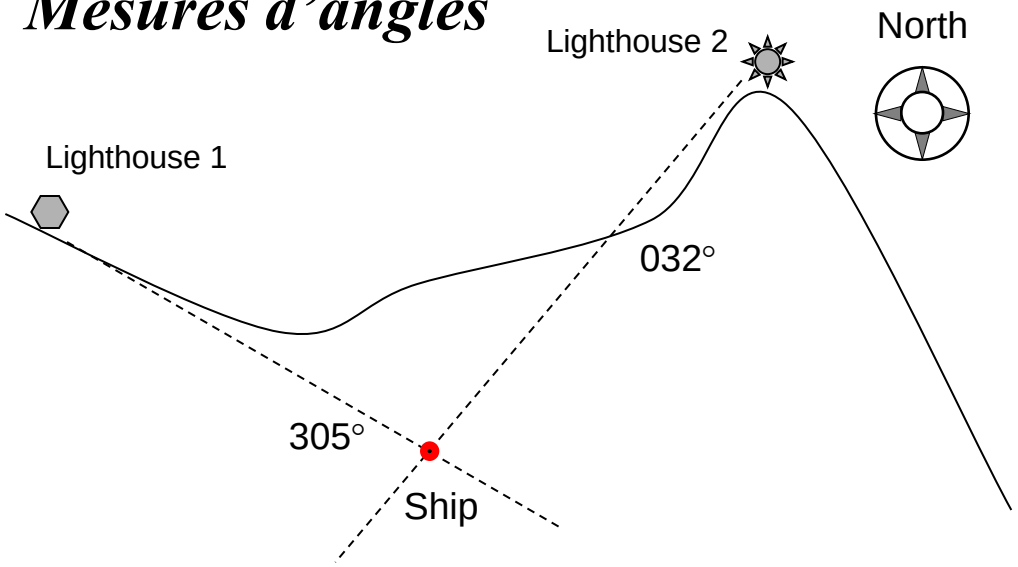
Horloges atomiques GPS ~ 10^{-13}s/s

… donc il faut « resynchroniser » très régulièrement !

par un processus externe

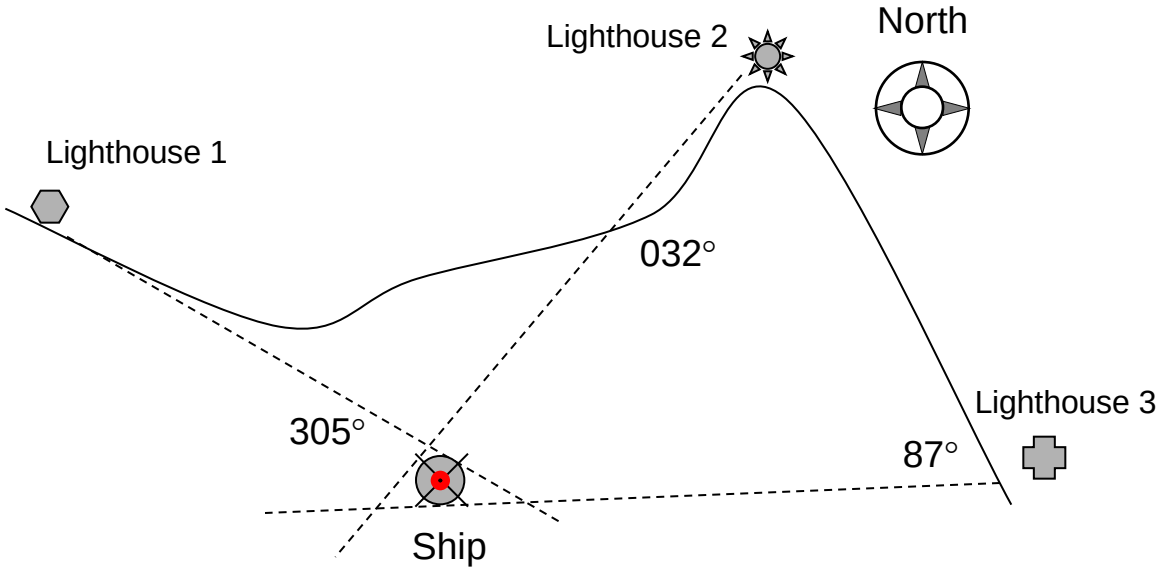
Principales techniques de positionnement - 1

Mesures d'angles



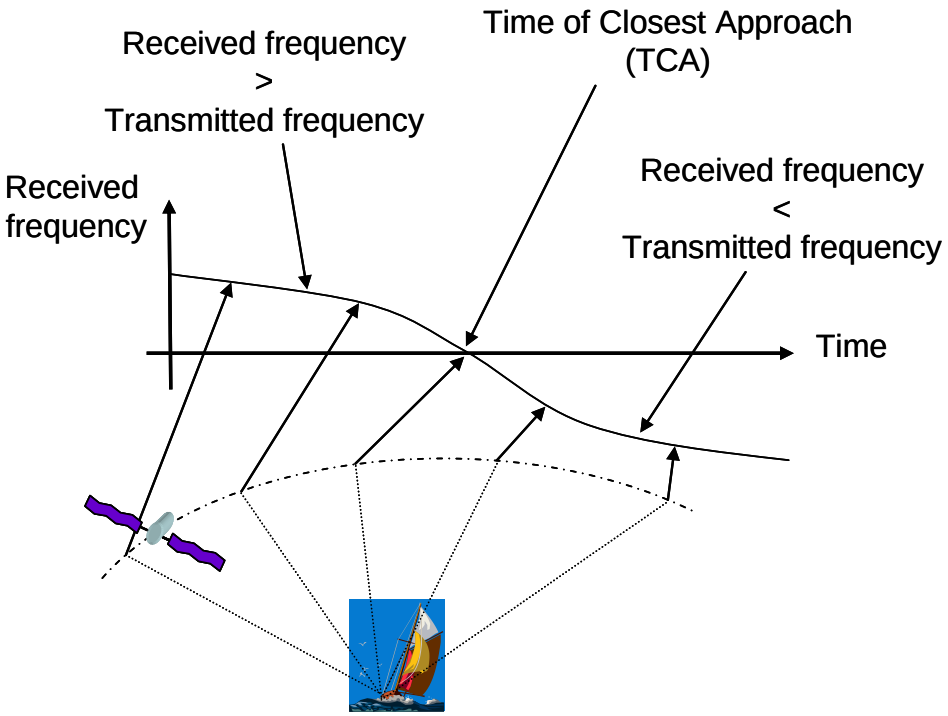
2 mesures

3 mesures



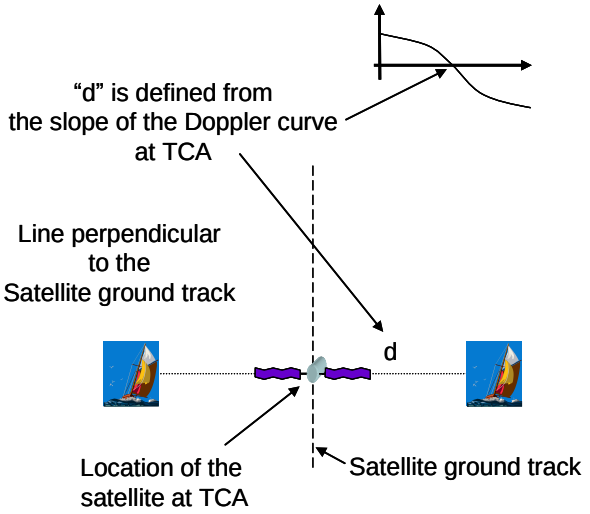
Principales techniques de positionnement - 2

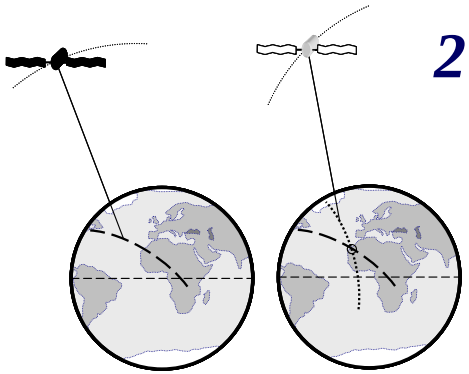
Mesures Doppler



Principe de la mesure

Mise en œuvre

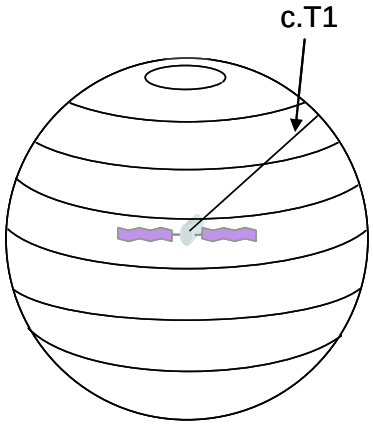




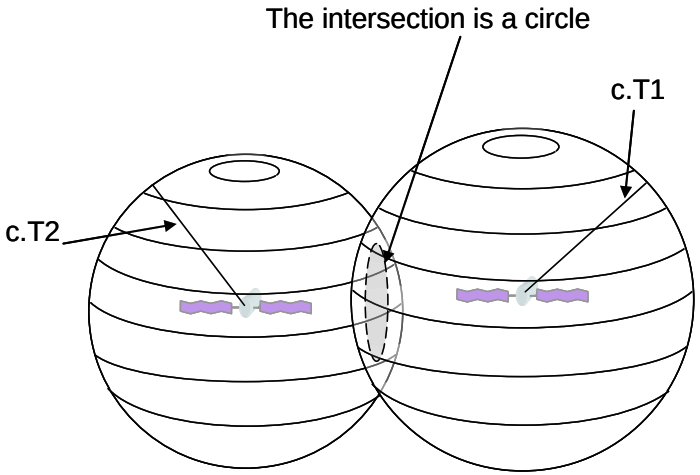
2 mesures

Principales techniques de positionnement - 3

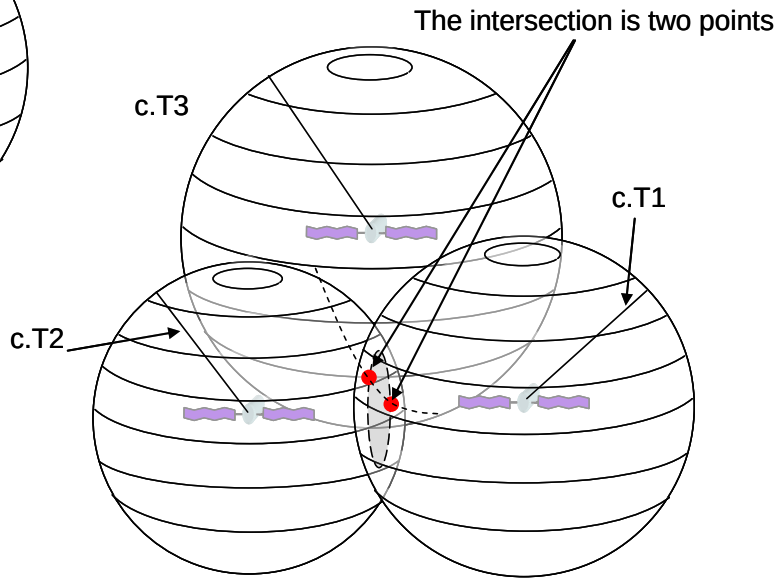
Mesures de distances absolues



1 mesure



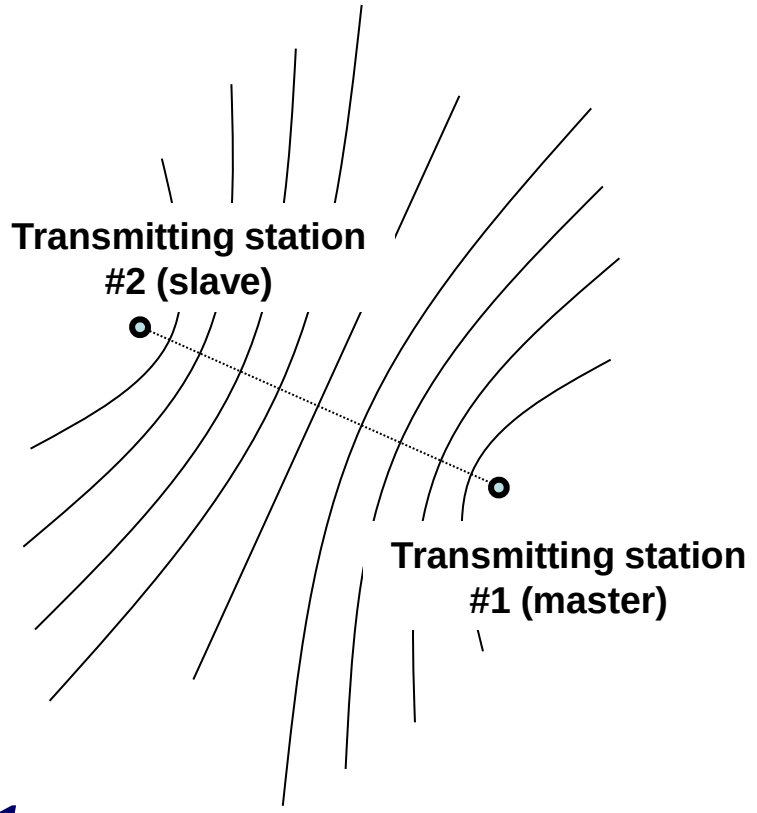
2 mesures



3 mesures

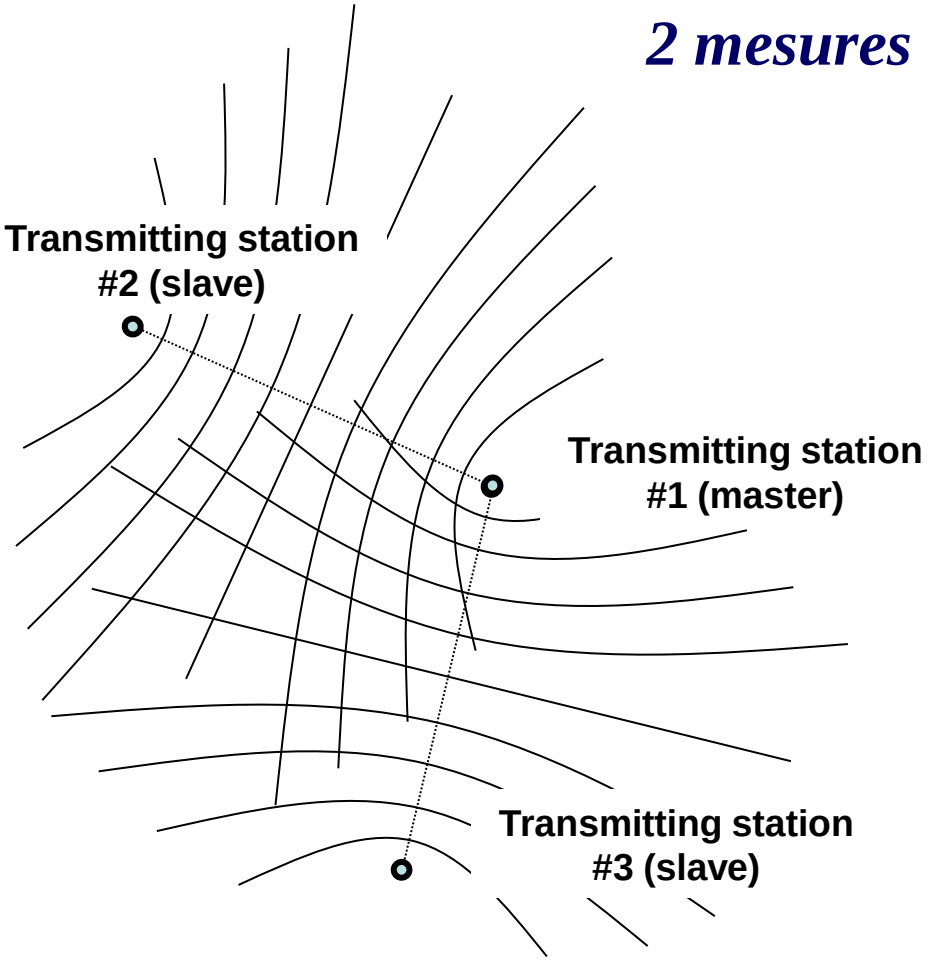
Principales techniques de positionnement - 4

Mesures de différences de distances



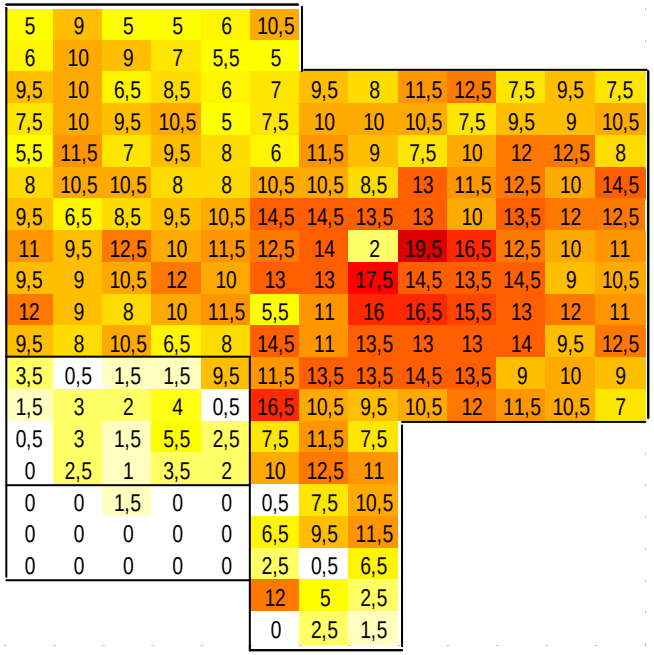
1 mesure

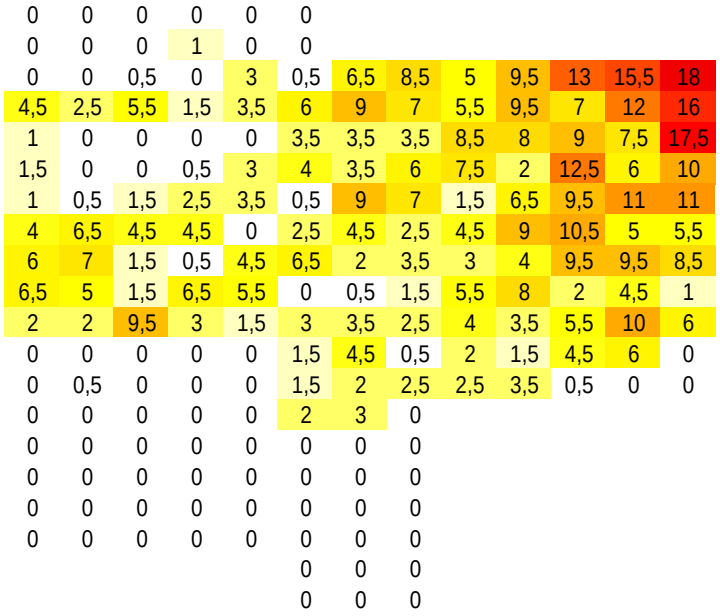
2 mesures



Principales techniques de positionnement - 5

Cartographies de mesures physiques



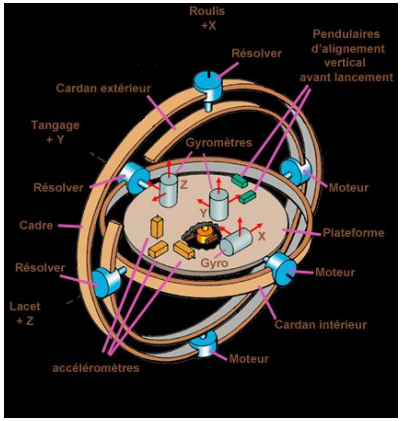


…

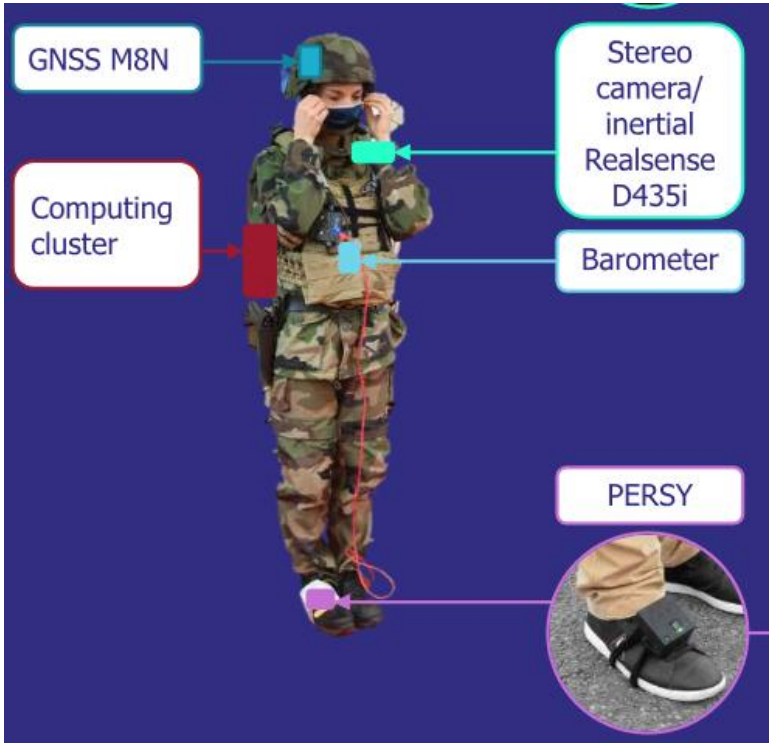
1 mesure … *2 mesures …* *N mesures!*

Cas du champ magnétique terrestre et du problème de la longitude!

Principales techniques de positionnement - 6



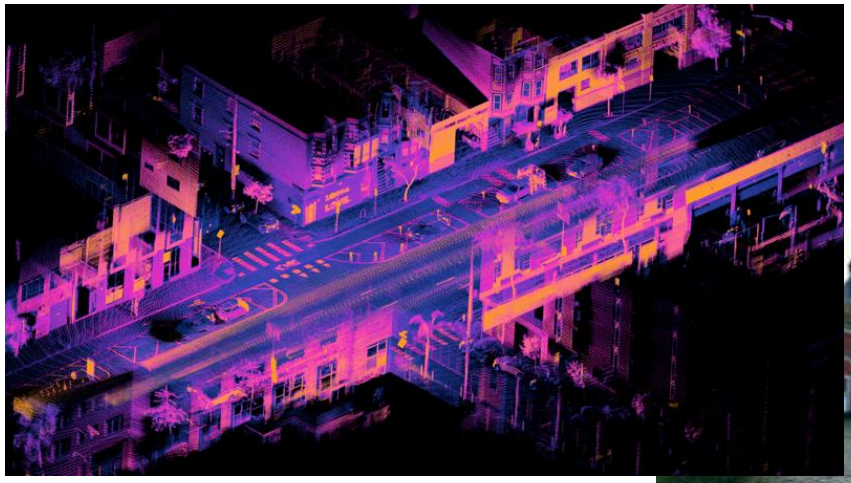
Inertiel



Magnéto-inertiel

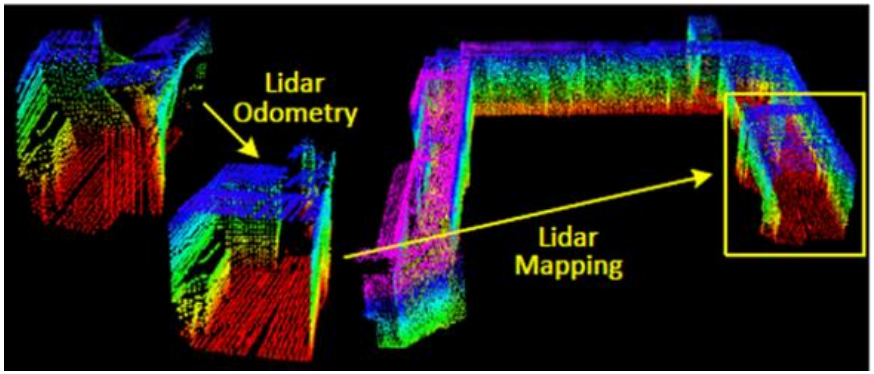
Principales techniques de positionnement - 7

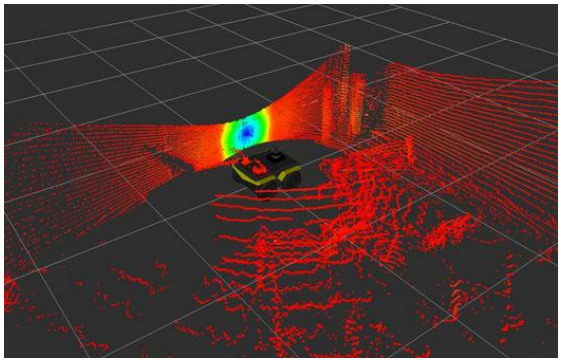
Simultaneous localization and mapping - SLAM



Visuel

LIDAR

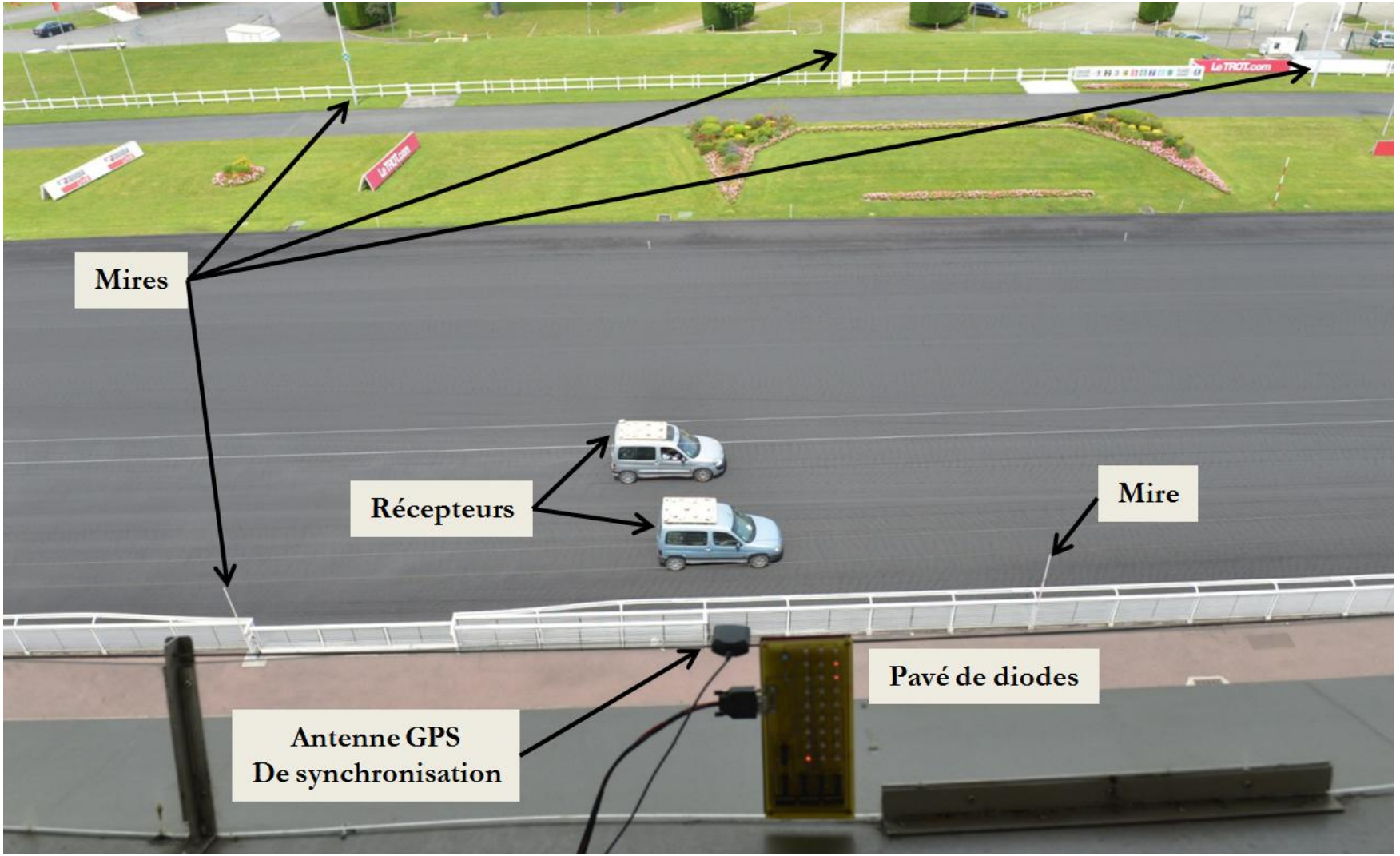




IR

Principales techniques de positionnement - 8

Traitements d'images : ici photo unique synchrone …



INSTITUT POLYTECHNIQUE DE PARIS

Le problème actuel (selon moi !) :

- le GPS (les GNSS en général)

** il est partout dans nos équipements*

** il fonctionne plutôt bien*

** on s'y est habitué : « géolocalisation = GPS »*

Mais voilà, il(s) présente(nt) quelques limites

** vulnérabilité au brouillage / leurrage*

** couverture en canyons urbains ou en intérieur*

Vulnérabilité

Quelques chiffres maintenant :

- *19 000 – 24 000 km d'altitude*
- *Quelques dizaines de Watts à l'émission*
- *-130dBm typique à la réception (10^{-16}W !!)*
- *SNR de -20dB !!*
- *Le codage → marge typique de 10 à 15dB*

Sponsorisé

Équipement de Blocage de Signal GPS de Voiture, Dispositif de Blocage de Signal GPS de Voiture de Taille Mini de 3,6 Pouces,...

★★★★½ ~ 5

Plus de 50 achetés au cours du mois dernier

11,75 €

Recevez-le entre le **lundi 22 janvier** et le **lundi 29 janvier**

Livraison GRATUITE

Il ne reste plus que 11 exemplaire(s) en stock.

Résultat :

Un brouilleur à bruit omnidirectionnel de quelques dizaines de mW brouille toute réception dans un rayon de 10km

Plus rigolo : le leurrage !

- *Supposons un drone souhaitant survoler un site interdit … ce qui n'est pas bien*
- *Supposons qu'il utilise son GPS en mode programmé (WayPoints)*
- *Pour prendre des photos et ensuite les monnayer …*

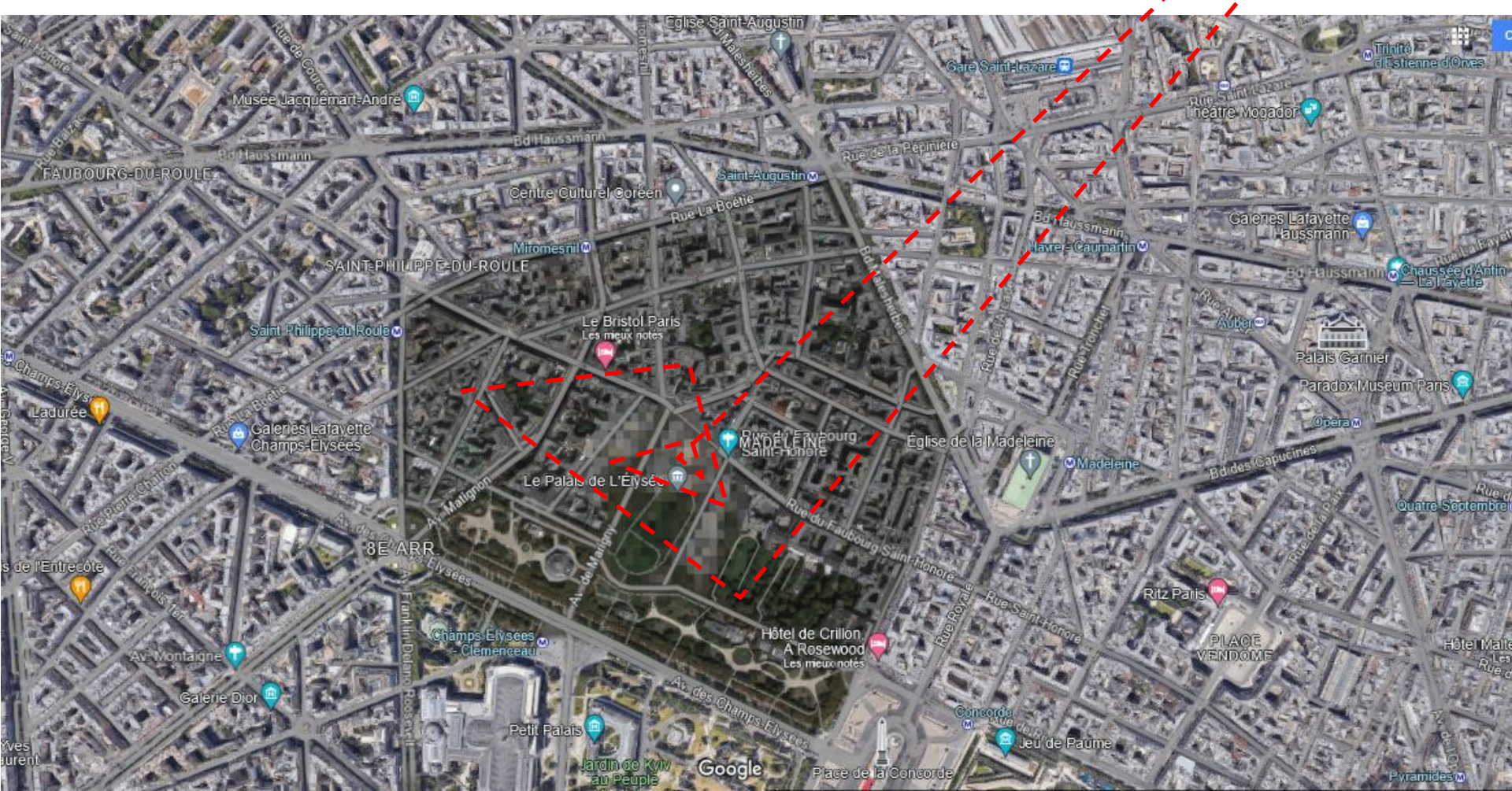
On va pouvoir lui faire quelques misères en le « leurrant »

Si en plus on peut « voir » la réaction du drone

Alors on peut tout savoir de sa trajectoire :

- ✓ *Où il souhaite aller*
- ✓ *Lui faire croire qu'il y est*
- ✓ *Le faire se poser et le récupérer, lui et son compère …*

INSTITUT POLYTECHNIQUE DE PARIS



INSTITUT POLYTECHNIQUE DE PARIS

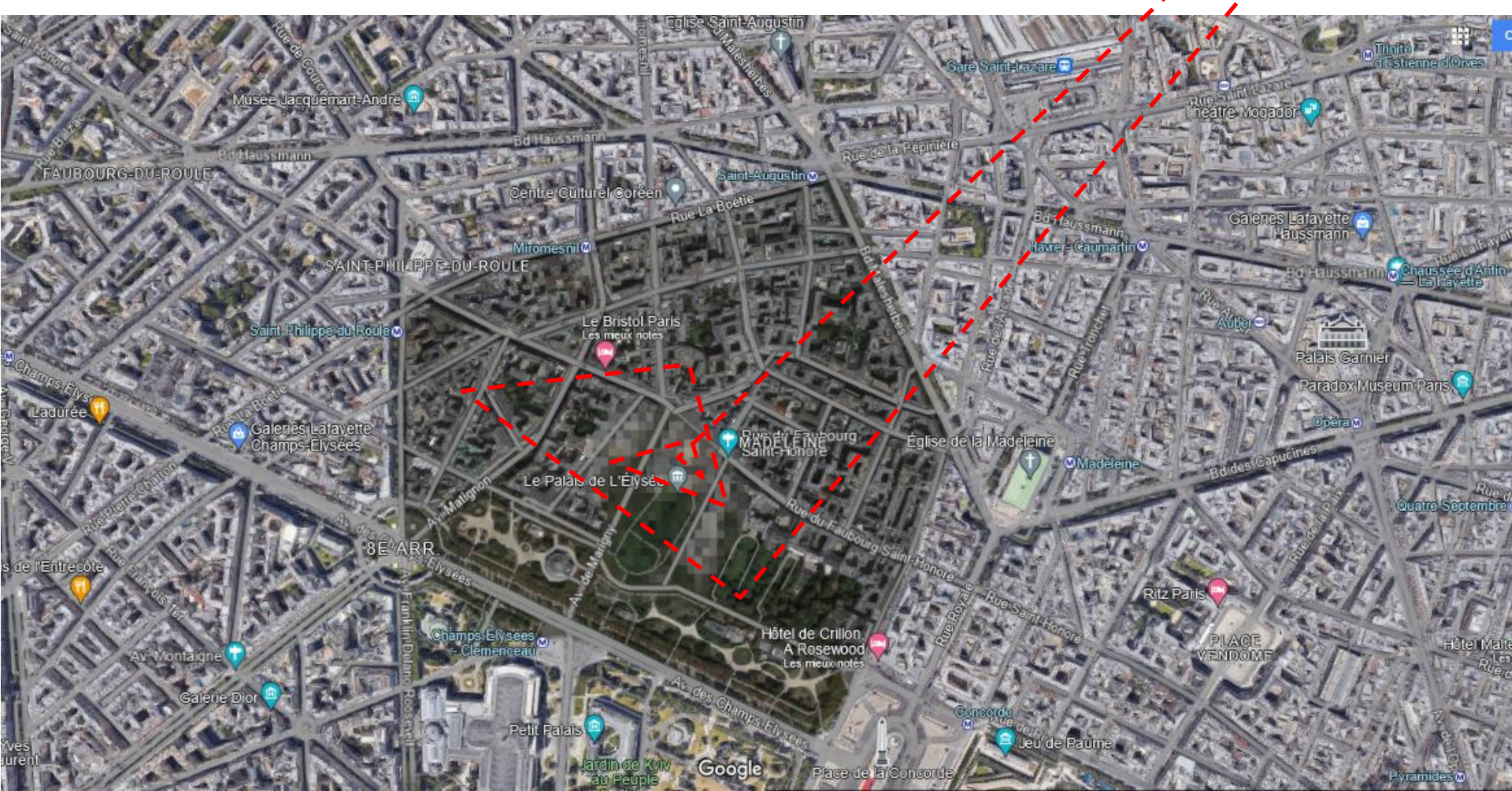
ÉCOLE POLYTECHNIQUE

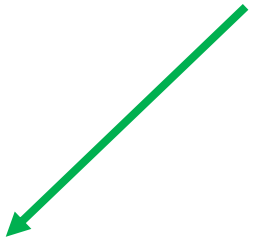
ENSTA

ENSAE

TELECOM Paris

TELECOM SudParis





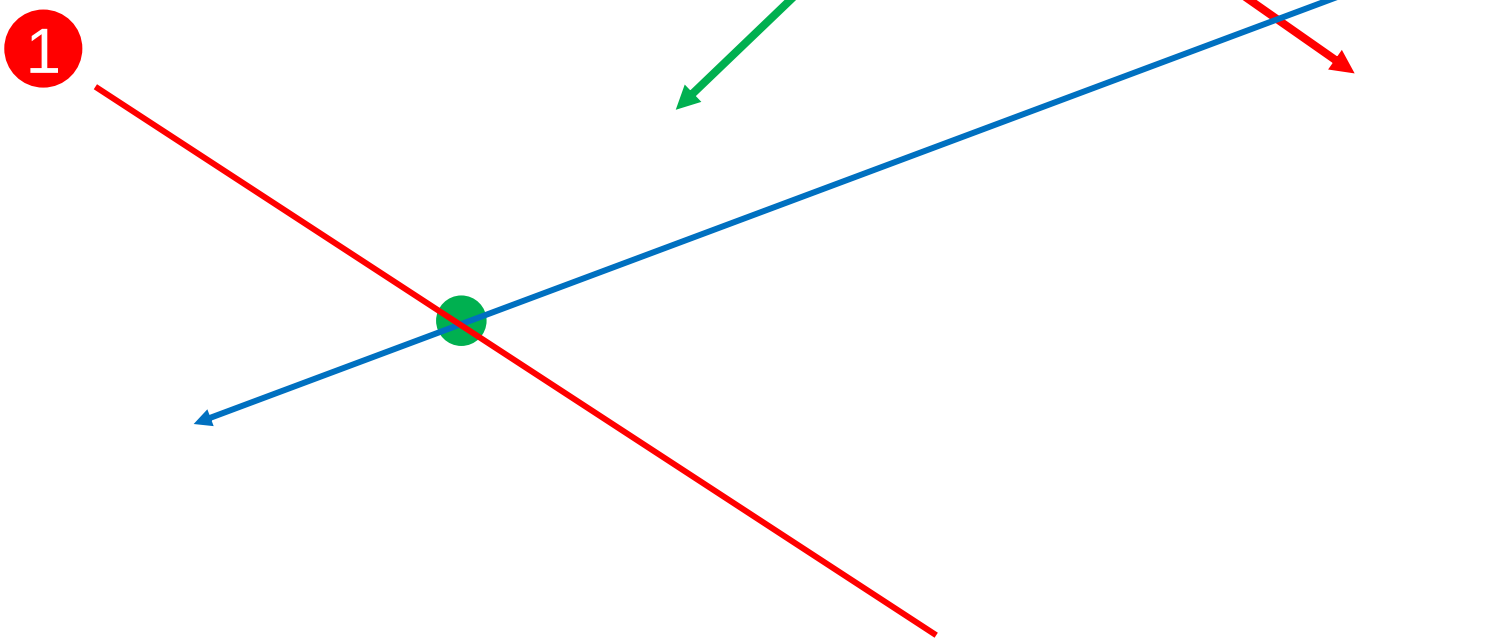
INSTITUT POLYTECHNIQUE DE PARIS

1

INSTITUT POLYTECHNIQUE DE PARIS

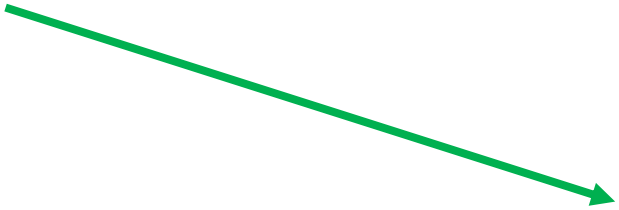
2

INSTITUT POLYTECHNIQUE DE PARIS



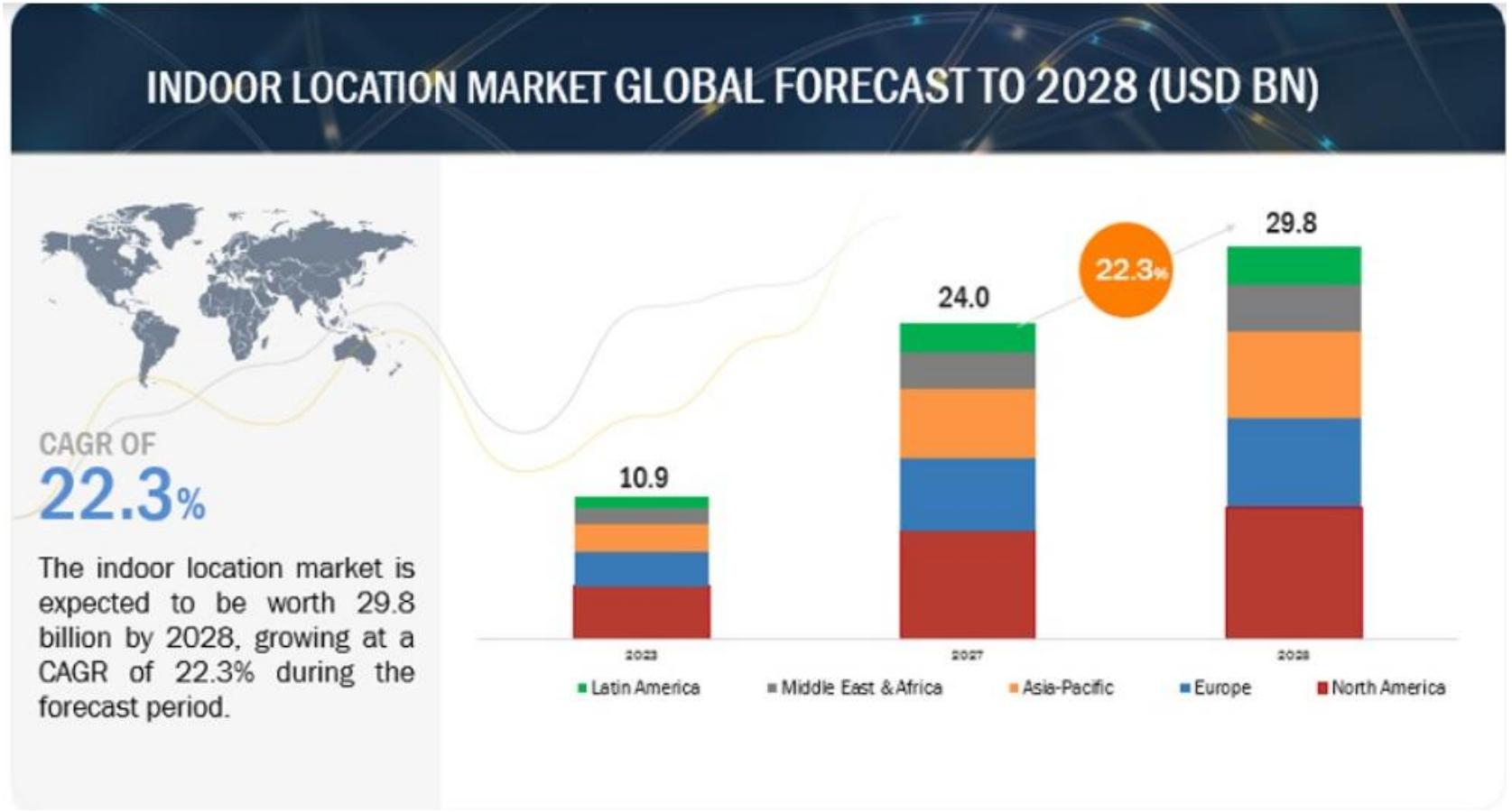
INSTITUT POLYTECHNIQUE DE PARIS

3



Couverture - Indoor

Marchés



INSTITUT POLYTECHNIQUE DE PARIS

Indoor

Technologies

Technology	Positioning type	Accuracy	Reliability	Range	Sensitivity to environment	Positioning mode
Laser	absolute	< cm	very high	room	very high	almost continuous
Lidar	absolute	< cm	very high	room	very high	almost continuous
Contactless cards	absolute	a few cm	very high	proximity	no impact	discrete
Credit cards	absolute	a few cm	very high	proximity	no impact	discrete
NFC	absolute	a few cm	very high	proximity	no impact	user action needed
Radar	absolute	a few cm	medium	a few rooms	high	continuous
Sonar	relative	a few cm	medium	room	very high	continuous
Theodolites	absolute	a few cm	very high	building	very high	continuous
UWB	absolute	a few cm	medium	a few rooms	high	continuous
Bar Codes	absolute	dm	very high	proximity	low	user action needed
QR Codes	absolute	dm	very high	proximity	low	user action needed
RFID	absolute	dm	high	proximity	low	discrete
Indoor GNSS	absolute	a few dm	medium	building	high	continuous
Ultra Sound	absolute	a few dm	low	room	very high	continuous
Image markers	absolute	< 1m	medium	proximity	very high	almost continuous
Image relative displacement	relative	< 1m	medium	building	high	almost continuous
Image SLAM	relative	< 1m	medium	building	high	almost continuous
Pressure	relative	1m	high	world	no impact	continuous
BLE	absolute	a few m	medium	building	high	almost continuous
Infra Red	symbolic	a few m	high	room	very high	almost continuous
LiFi	symbolic	a few m	low	room	very high	almost continuous
WiFi	absolute	a few m	medium	building	high	continuous
WLAN Symbolic	symbolic	dam	very high	building	low	continuous
Image recognition (site, people)	absolute	a few dam	medium	proximity	very high	almost continuous
GNSS	absolute	100 m	low	world	very high	continuous
High accuracy GNSS	absolute	100 m		city	very high	continuous
Light opp	relative	100 m	low	room	very high	almost continuous
Cospas Sarsat - Argos	absolute	> 100 m	medium	world	high	continuous
GSM/3/4/5G	absolute	> 100 m	low	city	high	continuous
LoRa	absolute	> 100 m	low	city	high	continuous
Radio 433/868/…MHz	absolute	> 100 m	low	county	high	continuous
Radio AM/FM	absolute	> 100 m	low	county	high	continuous
Sigfox	absolute	> 100 m	low	city	high	continuous
Signaux radio opp	absolute	> 100 m	low	world	high	almost continuous
Sound	relative	> 100 m	low	building	high	continuous
TV	absolute	> 100 m	low	county	high	continuous
Accelerometer	relative	f(t)	medium	bloc	no impact	continuous
Gyrometer	relative	f(t)	medium	building	no impact	continuous
Magnetometer	orientation	a few °	medium	world	moderate	continuous
Wired networks	absolute	an address	medium	world	no impact	Discrete

INSTITUT POLYTECHNIQUE DE PARIS

Ainsi, nous arrivons à une situation bizarre

** un nombre incalculable de solutions technologiques*
** des déploiements réduits*

Une vision partiale donc du problème actuel …

** la « précision » est le critère « roi »*
** alors que c'est la fiabilité et la robustesse qui devraient l'être …*
** du coup, tout le monde se perd : technologues et utilisateurs !*

Dommage …

INSTITUT POLYTECHNIQUE DE PARIS

Quelques applications

INSTITUT POLYTECHNIQUE DE PARIS

Le génie civil

L'agriculture

L'automobile

INSTITUT POLYTECHNIQUE DE PARIS

Le sport tracking

Le suivi de cohortes

Les applications partagées

Péage routier au km

Trottinettes

Vélib / AutoLib

Covoiturage

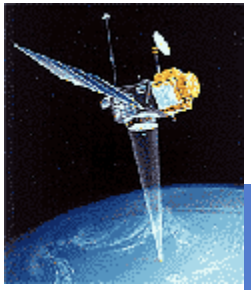
Appel d'urgence géo-localisé

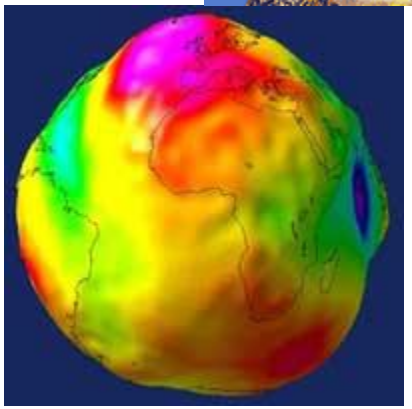
Conduite coopérative

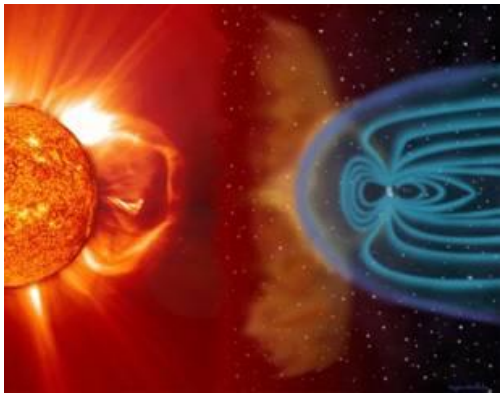
INSTITUT POLYTECHNIQUE DE PARIS

Quelques applications scientifiques …

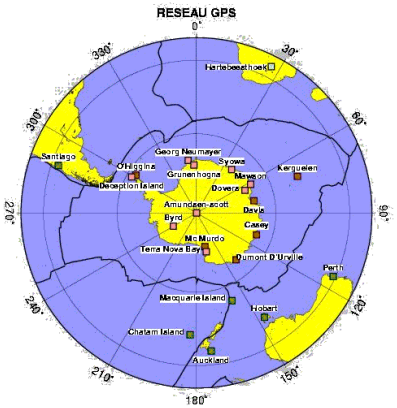
Géodésie spatiale

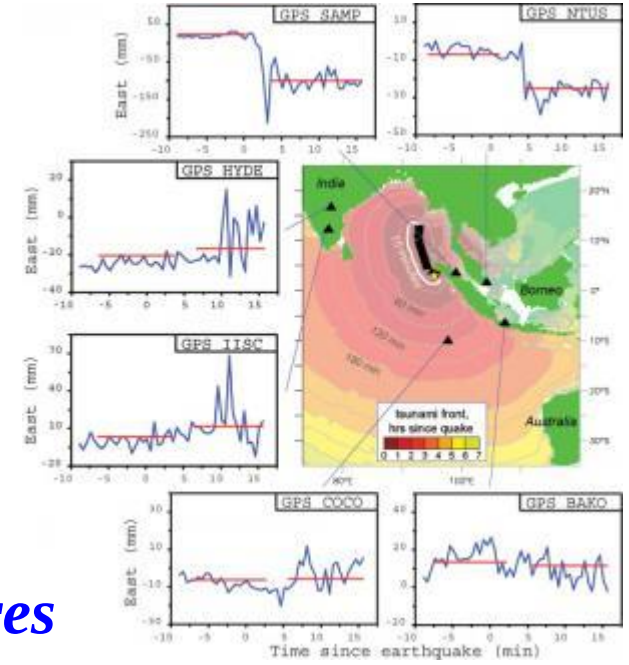






Etude de l'atmosphère

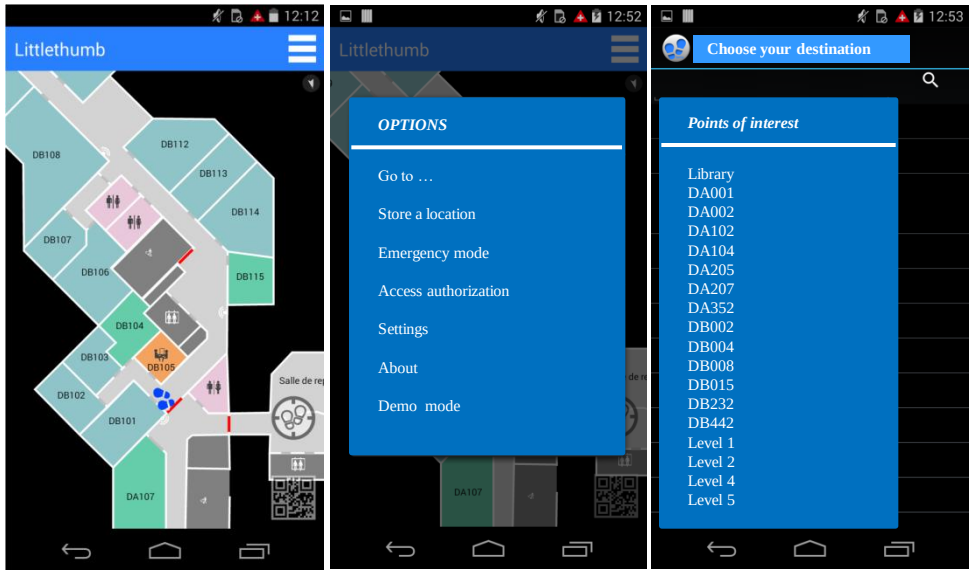


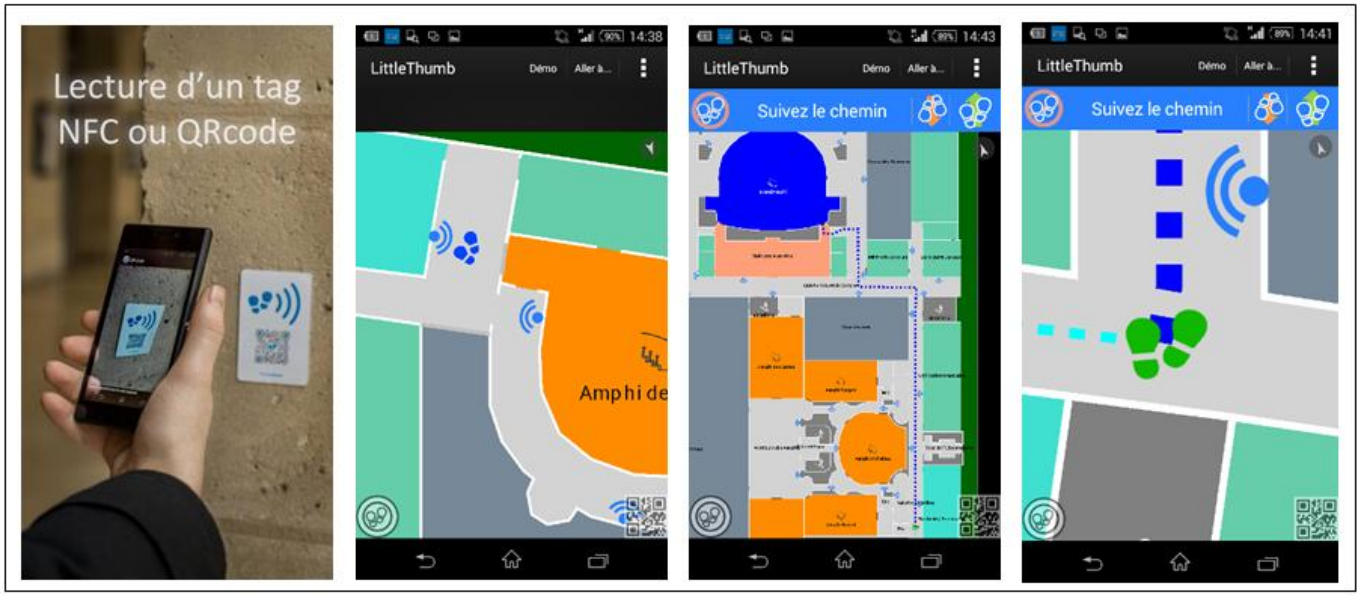


Détection de phénomènes terrestres

Le guidage en intérieur

Guidage indoor

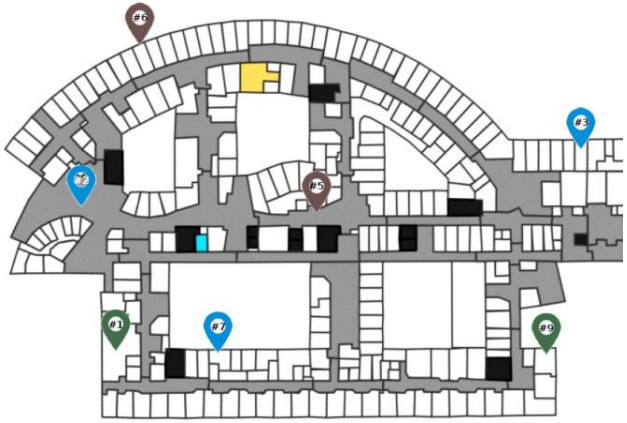




INSTITUT POLYTECHNIQUE DE PARIS

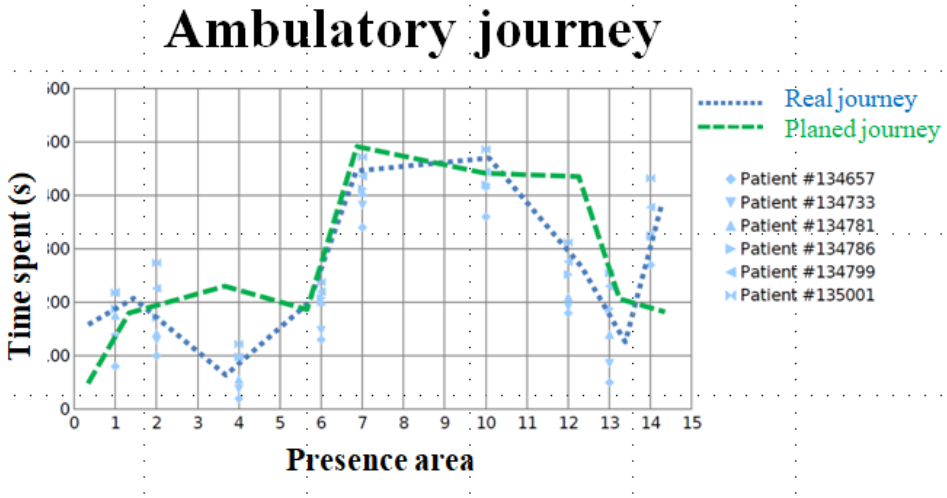
La gestion de données en intérieur

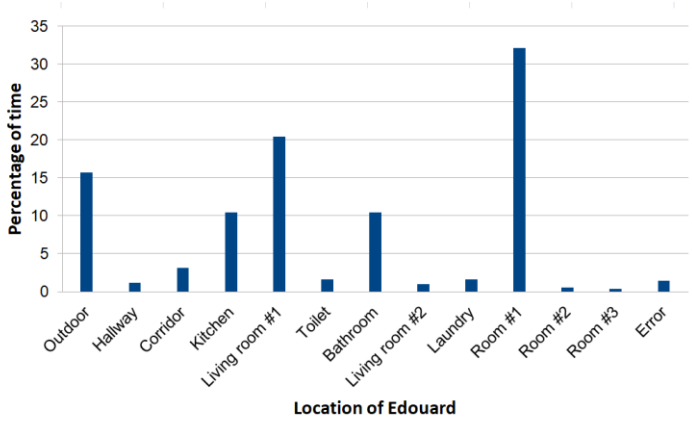
Optimisation d'un parcours ambulatoire



Prédiction de disponibilité de brancards

Analyse d'une journée en ambulatoire





Suivi à distance de comportements anormaux