



# JACOB INSTITUT

Fonctionnement d'un récepteur GNSS

# 1. Qu'est-ce le GNSS ?

Global Navigation Satellite System ou en français

Géolocalisation et Navigation par un Système de Satellites :

Détermination de la position et de la vitesse d'un point à la surface ou au voisinage de la Terre, par traitement des signaux radioélectriques en provenance de plusieurs satellites artificiels, reçus en ce point.



## 2. Les 4 constellations globales



### GPS

Le 1<sup>er</sup> est le système américain GPS:

Global Positioning System.

Il a été conçu, développé et entretenu par le département de la défense des USA. Il est lancé vers la fin des années 70.



### GLONASS

Le 2<sup>ème</sup> est le système soviétique GLONASS:

GLObalnaïa NAVigatsionnaïa Spoutnikovaïa Sistéma

Il est géré par les forces spatiales de la Fédération de Russie. Il est lancé en 1996.



### BEIDOU

Le 3<sup>ème</sup> est le système chinois BEIDOU ou COMPASS:

Le premier satellite a été déployé en 2000.



### GALILEO

Le 4<sup>ème</sup> est le système européen GALILEO

Le premier satellite a été déployé en 2003.

Le principe du GNSS a pour mission de fournir à un récepteur d'une façon rapide et précise:

- Sa position
- Sa vitesse de déplacement
- L'heure

N'importe où et n'importe quand dans la journée, et cela, peu importe les conditions météorologiques.



**Pour info:**

Par abus de langage le récepteur GNSS est appelé un GPS.

# 2-1. Le système GPS

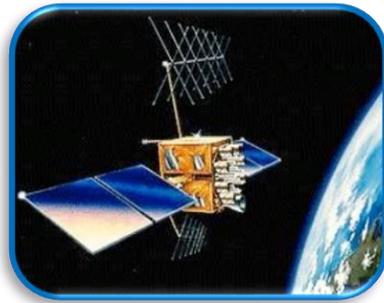


Le système américain possède **31 satellites opérationnels** dont quelques-uns sont très vieux. Lancés entre 2010 et 2016 et annoncés pour une durée de vie d'environ 7ans, ils sont actuellement toujours en fonction et opérationnels.

Quant aux satellites de 3<sup>ème</sup> génération, ils ont une durée de vie de 15ans et le 1<sup>er</sup> a été lancé en 2018.



0 Block 2A  
1<sup>ère</sup> Génération



11 Block 2R  
1<sup>ère</sup> Génération



7 Block 2R-M  
2<sup>ème</sup> Génération  
Satellites modernes



12 Block 2F  
2<sup>ème</sup> Génération  
Satellites modernes



1 Block 3/3F  
3<sup>ème</sup> Génération  
Satellites modernes

Le système GPS opère sur les fréquences L1, L2 et L5.

Les nouveaux satellites utilisent la fréquence L5 qui apporte les améliorations suivantes:

- Meilleures corrections ionosphériques
- Redondance des signaux
- Plus de signaux précis

A ce jour, 12 satellites GPS transmettent le signal L5.



## 2-2. Le système GLONASS

Le système soviétique possède **26 satellites opérationnels**.

Une grande majorité des satellites GLONASS opère sur les fréquences L1, L2.

Seulement 2 satellites opèrent sur la fréquence L3.

*Les fréquences L de GLONASS n'ont rien à voir avec les fréquences L des GPS.*

*Elles ont le même nom mais n'utilisent pas les mêmes fréquences.*





Les nouveaux satellites utilisent la fréquence L3 et apportent les améliorations suivantes:

- Signal plus précis.
- Une meilleur inter-opérabilité avec les satellites GPS et GALILEO.
- Le GPS a une modulation CDMA (Code Division Multiple Access = accès multiple par répartition en code) et ses fréquences sont les mêmes pour tous les satellites.
- En revanche, le GLONASS a une modulation FDMA ( Frequency Division Multiple Access = accès multiple par répartition en fréquences) et ses fréquences sont différentes.
  - La modernisation de GLONASS sur les satellites K permet:
    - L'ouverture d'une 3<sup>ème</sup> fréquence L3.
    - Une modulation CDMA qui permet une meilleur inter-opérabilité avec les autres constellations.

# 2-3. Le système BEIDOU



Le système chinois possède **26 satellites opérationnels**.

Il est opérationnel depuis 2005, avec une couverture globale et évolue en un système complet mondial depuis 2020. Il porte le nom de **BEIDOU 3**.

BEIDOU opère sur les fréquences B1, B2 et B3.

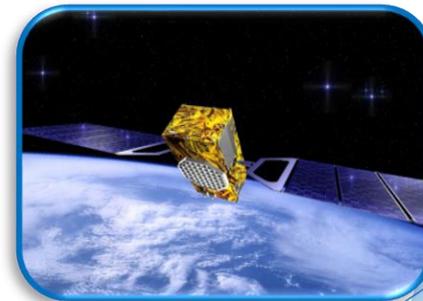
Le système possède beaucoup plus de satellites grâce à BEIDOU 2 et BEIDOU 3 mais ces satellites n'ont qu'une couverture régionale.



Beidou 1  
**4 satellites**



Beidou 2  
**5 satellites**



Beidou 3  
**26 satellites**

# 2-3. Le système GALILEO



Le système européen possède **18 satellites opérationnels**.

Le système GALILEO opère sur les fréquences E1, E5 et E6.

Il a été conçu pour avoir une bonne intégration avec le système GPS grâce à un certain chevauchement entre leurs fréquences.

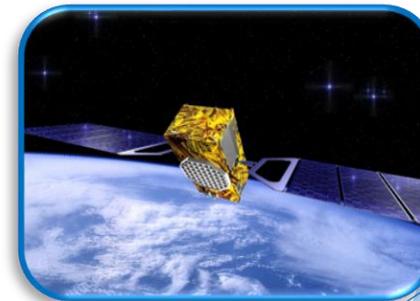
L'utilisation de GALILEO nous apporte des bénéfices directs et visibles sur le terrain.



Beidou 1  
4 satellites



Beidou 2  
5 satellites



Beidou 3  
26 satellites

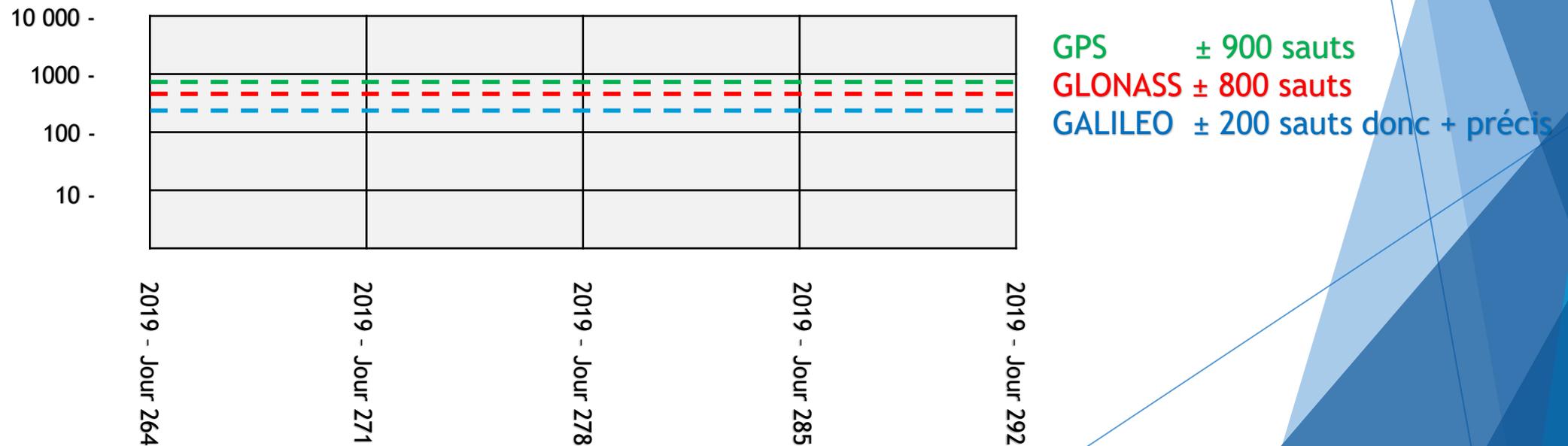
# 3-1. Test de signal - saut de cycles



**Saut de cycles:** c'est une discontinuité ou saut dans la phase porteuse du GPS, causée par une perte de signal temporaire.

En principe, c'est une indication sur la qualité du signal.

*Etude de l'université polytechnique de TURIN sur une période de 28 jours.*

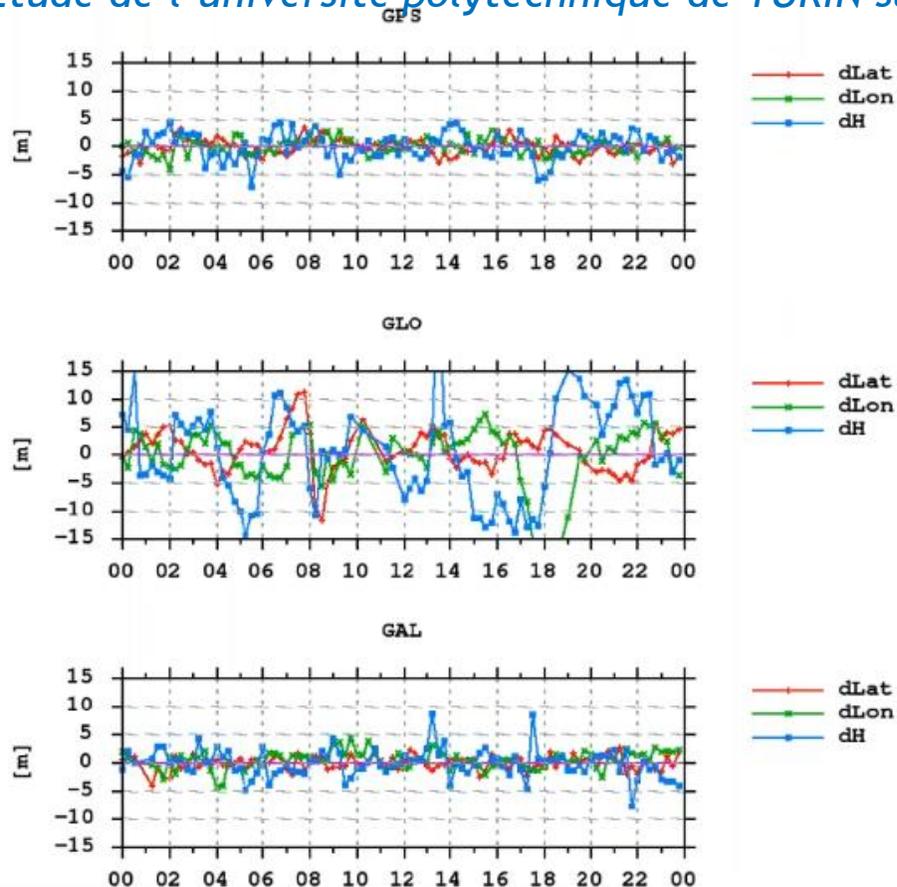


# 3-2. Test de positionnement absolu



Positionnement absolu: positionnement sans RTK  
(Real Time Kinematic ou Cinématique temps réel) .

*Etude de l'université polytechnique de TURIN sur une durée de 24h.*



En conclusion, les signaux reçus par les systèmes **GPS** et **GALILEO** sont beaucoup plus fiables et précis que ceux reçus par **GLONASS**.

Cependant, la précision du récepteur GeoMax **Zenith35TAG** est exceptionnel car il est full constellations et exclu du calcul les valeurs avec trop de variations.

# 4. Les constellations régionales



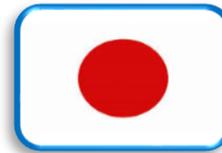
## NAVIC

Le système indien NAVIC:

NAVigation with Indian Constellations.

Il opère depuis 2016 en Asie du Sud, en Afrique de l'Est et dans une partie de l'Australie occidentale.

Composé de 7 satellites utilisant le signal L5.



## QZSS

Le système japonais QZSS:

Quazi-Zenith Satellites Système.

Il opère depuis dans la région Asie-Océanie avec un focus sur le Japon. Compatible avec le GPS.

Composé de 4 satellites utilisant les signaux L1, L2C, L5 et L6.

## SBAS

Satellite Based Augmentation System

Réseau régional ou continental de stations au sol. Une ou plusieurs stations-mâtres centralisent les données des stations et transmettent aux satellites géostationnaires. Ces dernières rediffusent vers le sol les informations permettant d'améliorer la fiabilité et la précision des données du GPS.

Elles alertent l'utilisateur en cas de défaillance d'un des satellites.

WAAS en Amérique du Nord, MSAS au Japon, EGNOS en Europe et GAGAN en Inde et prochainement SDCM en Russie, BDSBAS en Chine et K-SBAS en Corée du Sud.

*Ce système fournit une précision d'environ 60cm sans réseau de correction.*



# 5. Récepteur topographique



## Spécifications du récepteur GeoMax Zenith40

Fonctionnalité Q-Lock Pro™	Bruit minimum et atténuation avancée des multivoies pour une fiabilité maximale
Fiabilité	99,99 %
Moteur de mesure	Nouvel OEM7 555 canaux multifréquence/multiconstellation
Localisation GPS	L1, L2, L2C, L5
Localisation GLONASS	L1, L2, L2C, L3*
Localisation BeiDou	B1, B2, B3* (en option)
Localisation Galileo	E1, E5a, E5b, AltBOC, E6* (en option)
Localisation QZSS	L1, L2C, L5, L6* (en option)
NavIC	L5*
Vitesse de positionnement	5 Hz/20 Hz (en option)
SBAS	EGNOS, WAAS, MSAS, GAGAN
Positionnement Précis du Point (PPP)	TerraStar C Pro ; GPS/GLONASS/BeiDou/Galileo/QZSS (en option) ; Reconvergence < 1 min

## Comment interpréter les données techniques des récepteurs ?

### Exemple:

GPS : 31 satellites x 4 fréquences = 124 canaux

GLONASS : 26 satellites x 4 fréquences = 104 canaux

BEIDOU : 26 satellites x 3 fréquences = 78 canaux

GALILEO : 18 satellites x 5 fréquences = 90 canaux

**Soit un total de 396 canaux hors SBAS**

**Notre GPS GeoMax Zenith35TAG peut capter 555 canaux.**

Les systèmes régionaux peuvent être inclus en fonction de votre situation géographique.

## Positionnement de qualité supérieure (PPP)

Permet de capter des signaux de satellites géostationnaires comme le TerraStar de Novatel.

# 6. Positionnement GNSS



Calcul sur un positionnement autonome.

L'erreur total est de  $\pm 5\text{m}$ .

L'erreur est la somme de 3 erreurs (Biais).

1. Erreur de l'horloge du satellite  $k$  et du récepteur  $i$ .
2. Erreur due au multi-trajet  $M$  et décalages du centre de phase du récepteur  $A$ .
3. Erreur liée à l'espace, en fonction de la distance (*éphéméride, ionosphère, troposphère*).

$$B_i^K = C_i^K + S_i^K + D_i^K$$

$$C_i^K = \delta_i + \delta^K$$

$$S_i^K = M_i^K + A_i^K$$

$$D_i^K = E_i^K + I_i^K + T_i^K$$

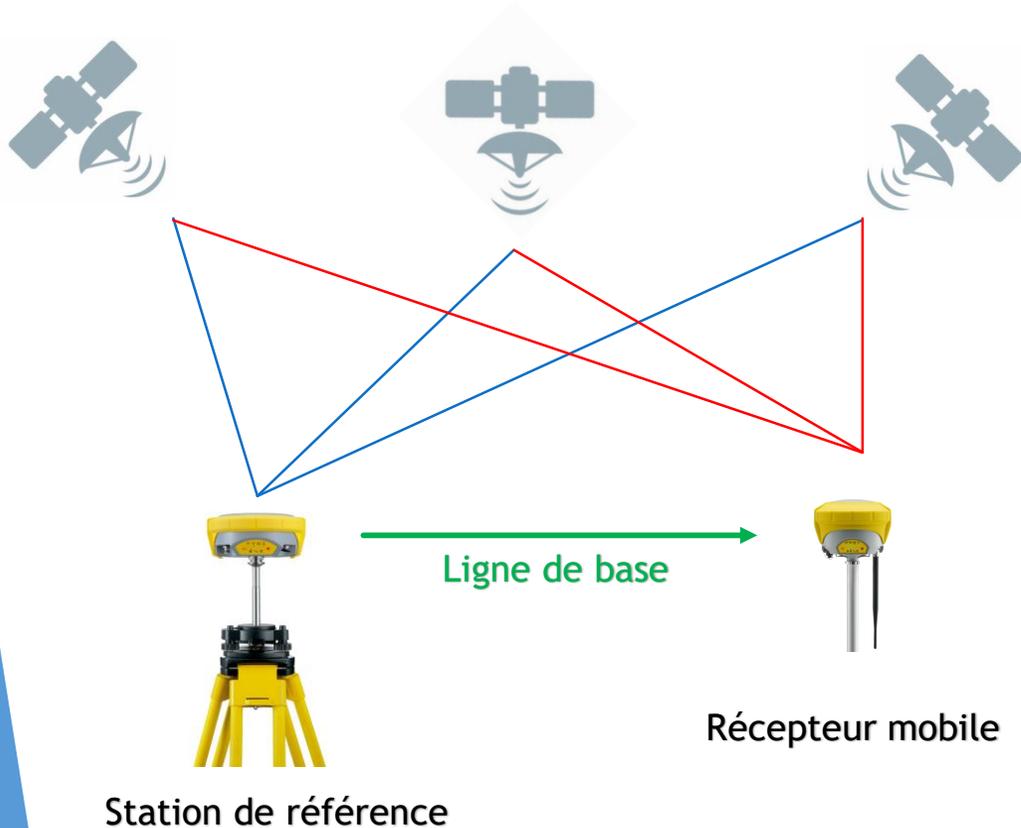
# 7. Positionnement GNSS avec RTK.



Le positionnement RTK (*Real Time Kinematic*).

L'utilisation de deux récepteurs supprime certains BIAIS comme l'erreur de l'horloge.

Les autres erreurs dépendent de la distance entre la station de référence et le récepteur mobile.



Les deux appareils traquent les mêmes satellites en même temps.

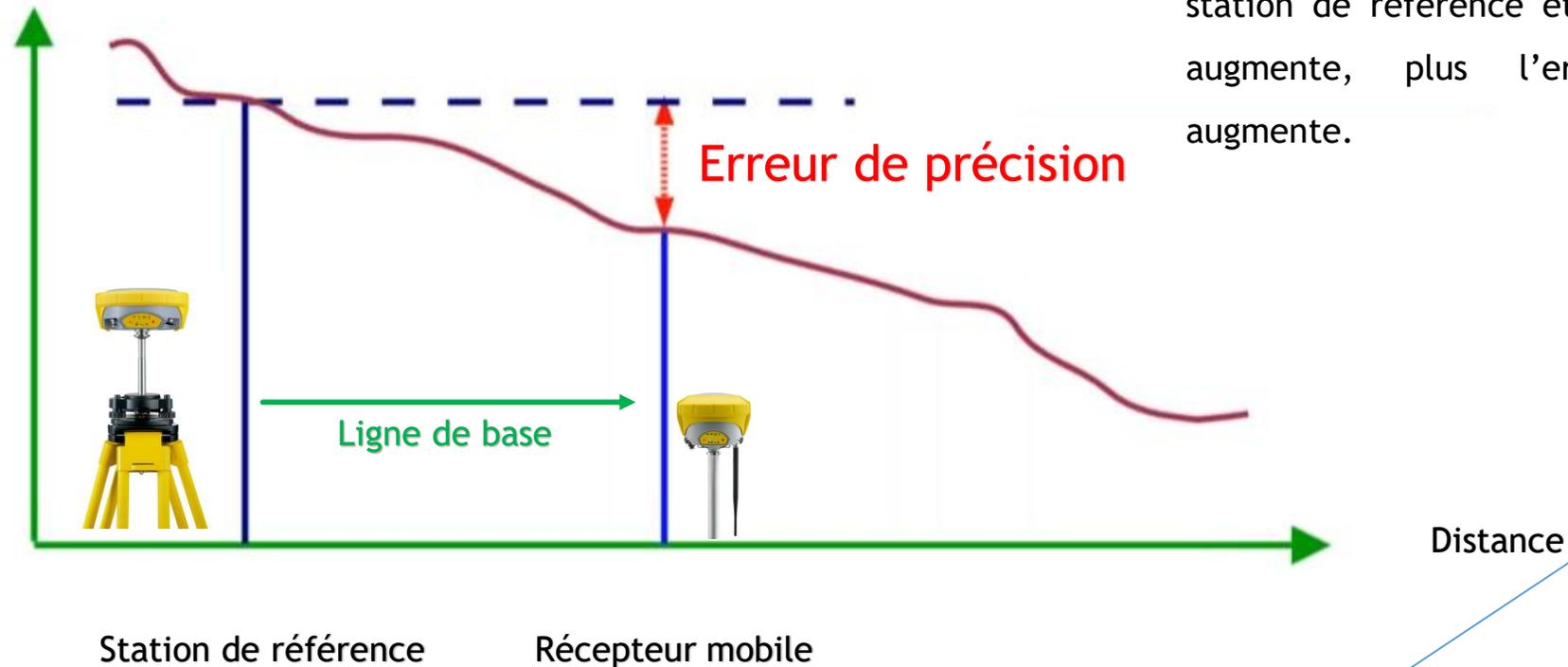
La station de référence est sur un point connu en coordonnées qui envoie les corrections au récepteur (**ligne de base**) mobile.

Ainsi les erreurs sont éliminées.

## Corrections par une seule station de référence.

La précision temps réel varie en fonction de la distance entre la station de référence et du récepteur mobile.

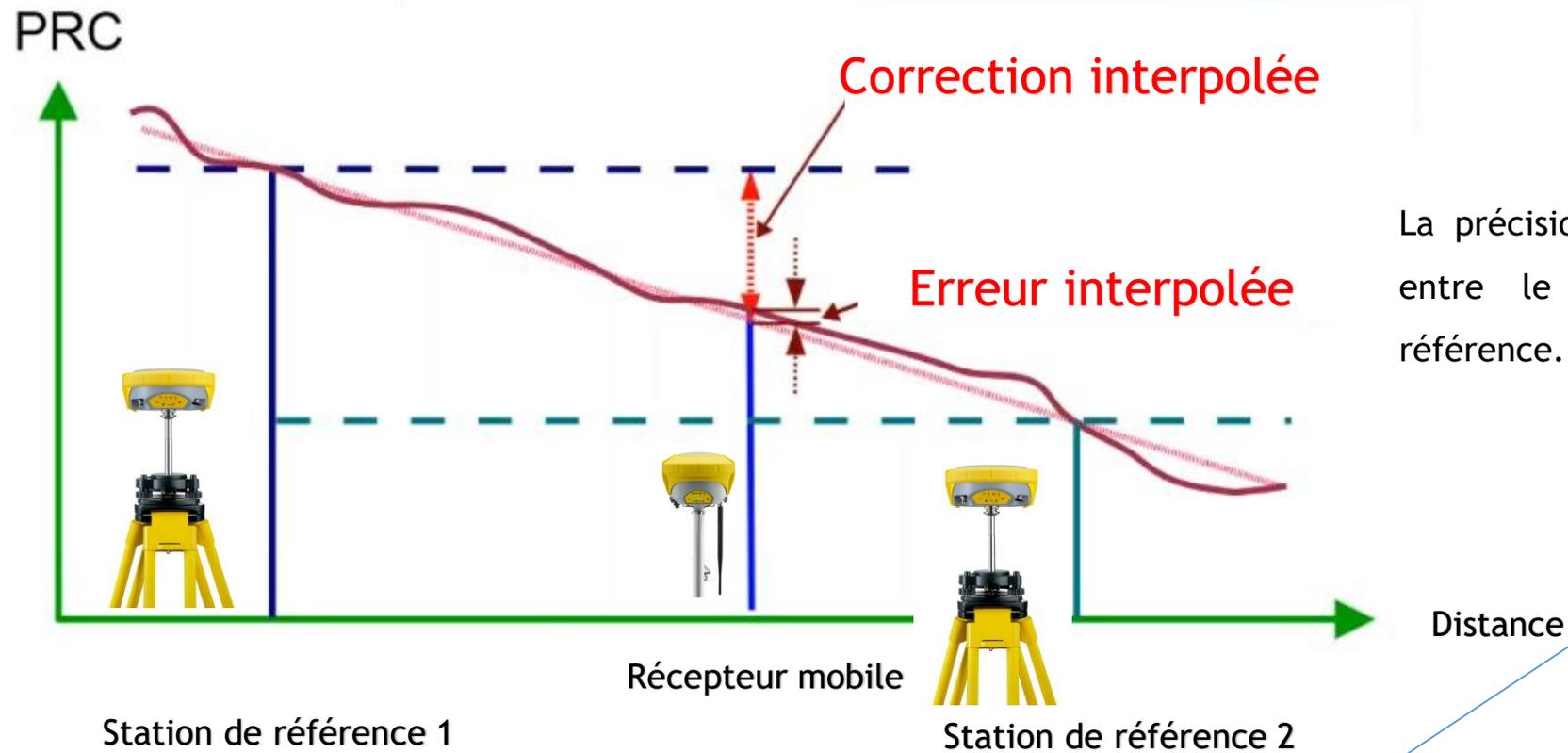
- Corrections par une seule station PRC



On constate que plus la distance entre la station de référence et le récepteur mobile augmente, plus l'erreur de précision augmente.

## Corrections par réseau de stations de référence.

La précision temps réel s'améliore considérablement, notamment grâce à l'interpolation de plusieurs stations de référence.



La précision ne dépend plus de la distance entre le récepteur et les stations de référence.

## Réseau de stations de référence TERIA.

- Le centre de contrôle du réseau TERIA reçoit les corrections RTK de toutes les stations permanentes et calcule un modèle d'erreur spatialement lié.
- Comme l'erreur est modélisée en fonction de la région, les erreurs ne dépendent pas de la distance par rapport à la station de référence.
- La précision du modèle de correction dépend de l'interdistance des stations.
- Le réseau TERIA possède le plus grand nombre de stations et donc l'interdistance la plus faible.



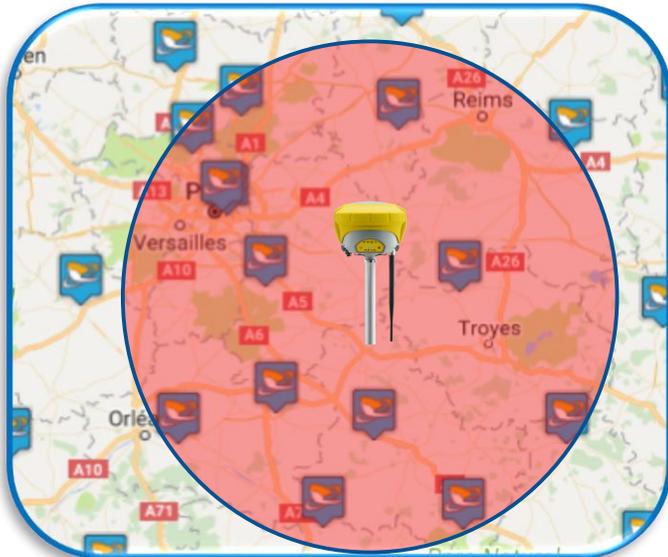
- France métropolitaine
- Corse
- Luxembourg
- Suisse
- Allemagne
- Andorre
- Angleterre
- Autriche
- Belgique
- Espagne
- Grèce
- Hongrie
- Irlande
- Italie
- Monaco
- Pays-Bas
- Portugal
- Suède
- Ukraine
- Vatican
- Guadeloupe
- Guyane Française
- Martinique
- Mayotte
- Réunion
- Saint Barthélémy
- Saint Martin

# teria



## Réseau de stations de référence TERIA.

- Les corrections sont envoyées aux récepteurs GNSS via le réseau téléphonique.
- L'utilisateur reçoit les corrections de toutes les stations à proximité, ce qui en fait le réseau le plus fiable et le plus précis.



Principe de couverture TERIA



Illustration d'une station de référence TERIA

# 8. Comment reçoit-on les corrections ?



- Les formats de correction sont envoyés via un protocole standard nommé NTRIP.
- Pour pouvoir se connecter au serveur de correction TERIA, le protocole exige:
  - Une adresse IP
  - Un port réseau
  - Un identifiant
  - Un mot de passe
  - Un point de montage (format de communication par marque de GPS).
    - **PRS30** (nécessite un très bon réseau téléphonique et dans ce cas la précision sera très bonne).
    - **MAC30** (nécessite très peu de connexion téléphonique et permet donc de recevoir les corrections même dans des zones géographiques reculées).
- L'ensemble de ces paramètres est géré par **JACOB S.A** lors de la configuration de votre récepteur GNSS.
- Afin de recevoir les corrections des constellations **GALILEO** et **BEIDOU**, le format est le **RTCM3**.



**Démonstration à votre demande**  
**Merci de votre attention.**

**Des questions ?**

**[topographie@blindage-jacob.com](mailto:topographie@blindage-jacob.com)**