MINISTÈRES
TRANSITION ÉCOLOGIQUE
AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
TRANSPORTS
VILLE ET LOGEMENT
Liberté
Égalité
Fraternité

SHOM

IGN
INSTITUT NATIONAL
DE L'INFORMATION
GÉOGRAPHIQUE
ET FORESTIÈRE

Suivi de la stabilité verticale des observatoires de marée

Thomas DONAL

PARTENAIRE SCIENCE COMES TO TOWN
Financé par l'Union européenne

MARINE NATIONALE 400 ANS


Lorsque
le niveau de l'eau
s'élève
est-ce la mer
qui monte...
marégraphe
... ou la terre
qui descend

La problématique

- **Distinguer les variations réelles du niveau de la mer des mouvements verticaux du sol sur lequel l'instrument de mesure marégraphique est ancré.**

Les objectifs

- **Niveau absolu de la mer:**
  - Enjeux climatiques

- **Niveau relatif de la mer:**
  - Enjeux d'aménagement du littoral, prévention des risques.

SONEL

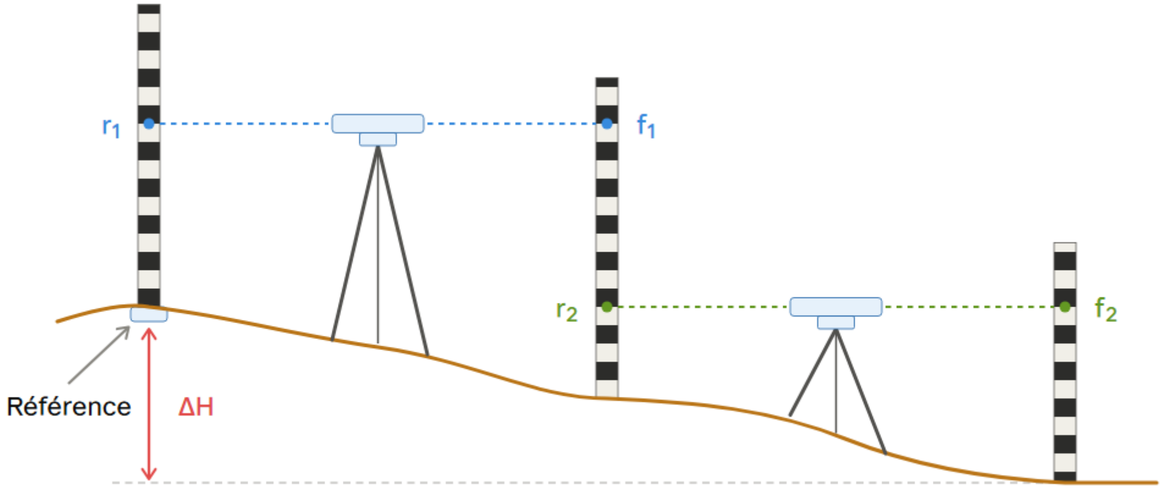
=> Suivi de la stabilité de l'observatoire marégraphique

Thomas DONAL
IGN

1 – Rattachement altimétrique de précision

- **Campagnes régulières de nivellement direct entre le capteur marégraphique et un réseau de repères locaux.**





$$\Delta H = (r_1 - f_1) + (r_2 - f_2)$$

1 – Rattachement altimétrique de précision



Saint Quay Portrieux

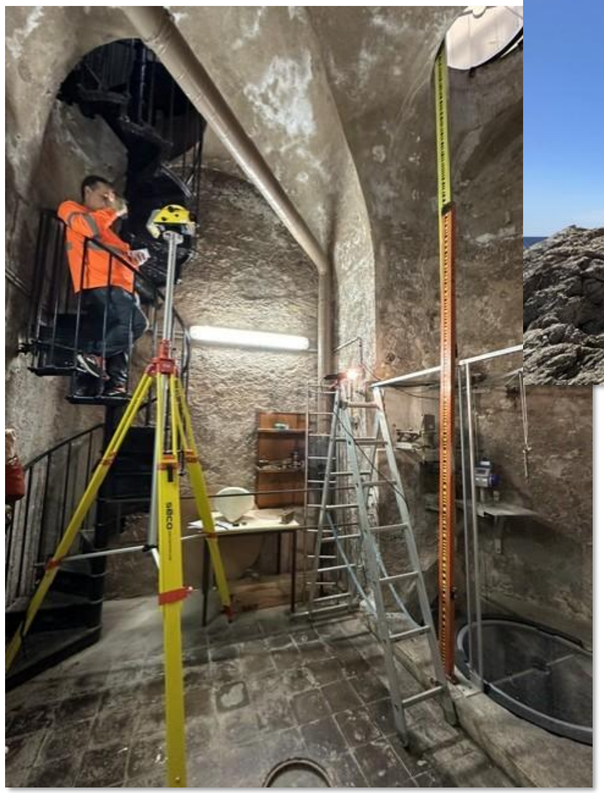
Source: SHOM

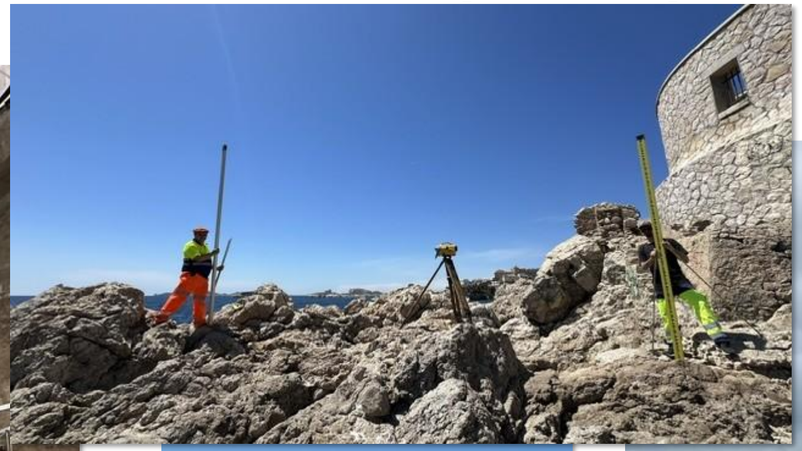




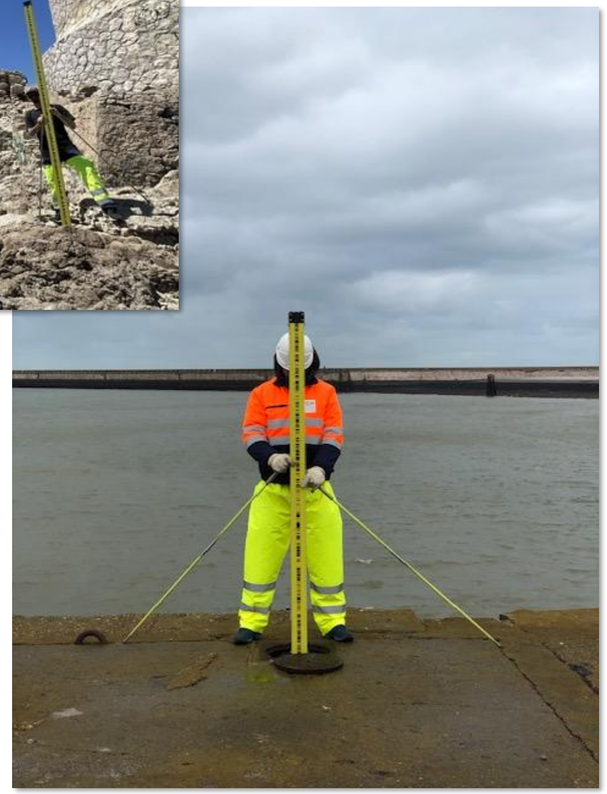


1 – Rattachement altimétrique de précision



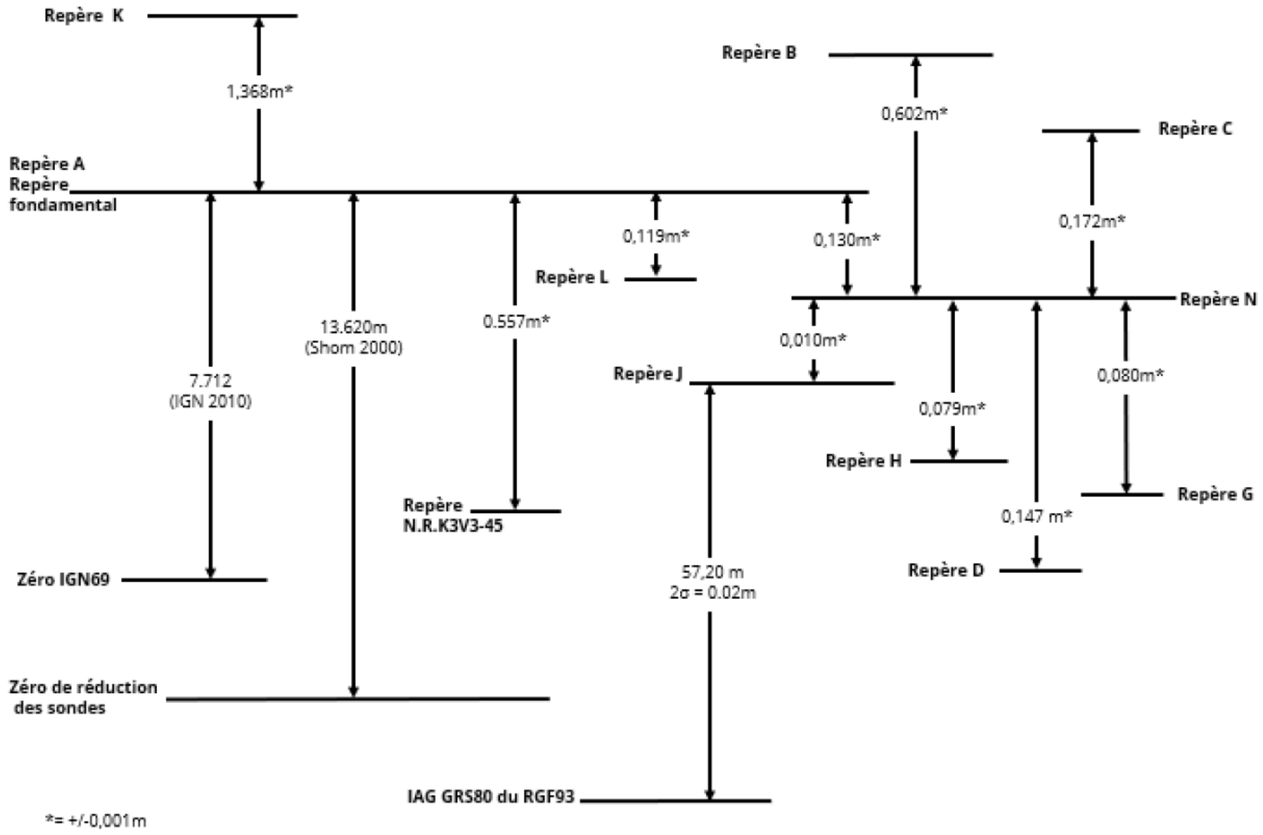








1 – Rattachement altimétrique de précision



Source: SHOM

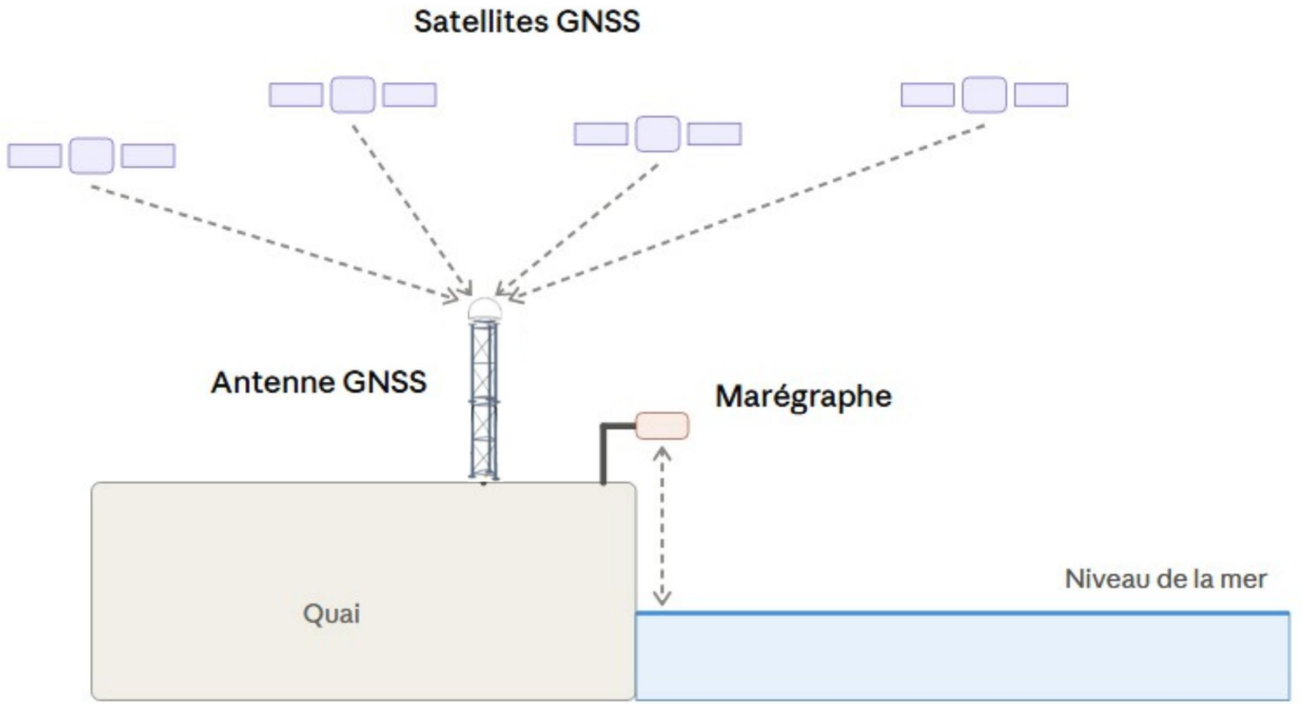
Thomas DONAL
IGN

1 – Rattachement altimétrique de précision

Avantages	Inconvénients
➢ Mesures verticales précises ➢ Mesures verticales fiables	➢ Mesures locales, relatives ➢ Très basse résolution temporelle

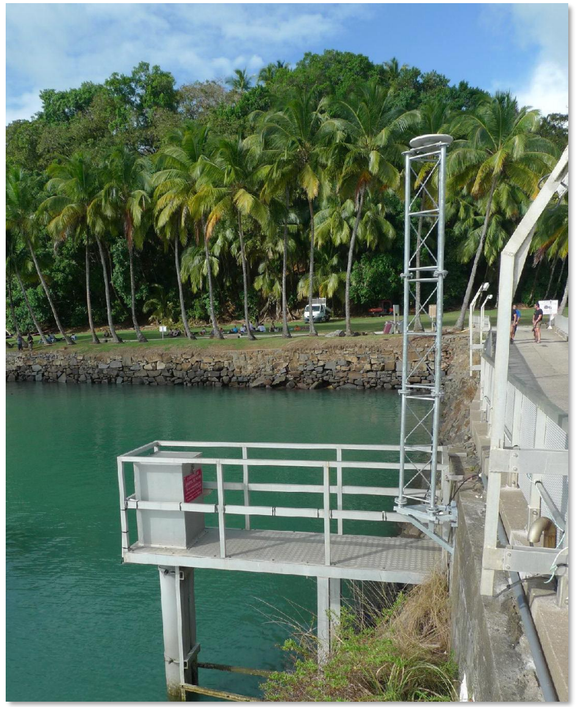
2 – Positionnement par satellite - GNSS

➢ **Co-localisation d'une station GNSS permanente avec le marégraphe**



2 – Positionnement par satellite - GNSS

Exemple de co-localisation



Île Royale



Mayotte



Nouméa



Marseille

2 – Positionnement par satellite - GNSS

➢ **Nivellement de l'antenne GNSS lors des campagnes de mesures altimétriques**









2 – Positionnement par satellite - GNSS

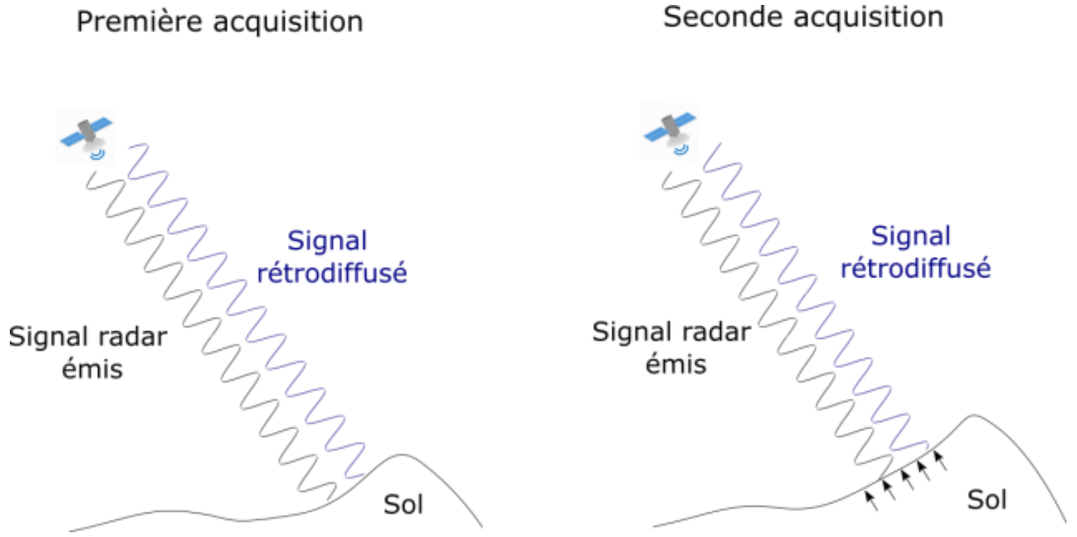
➢ Co-localisation d'une station GNSS permanente avec le marégraphe

Avantages	Inconvénients
➢ Mesures absolues ➢ Très haute résolution temporelle	➢ Longue série temporelle pour une vitesse précise ➢ Très basse résolution spatiale

3 – Mesures de déformation du sol par interférométrie radar



Satellite radar Sentinel-1



3 – Mesures de déformation du sol par interférométrie radar

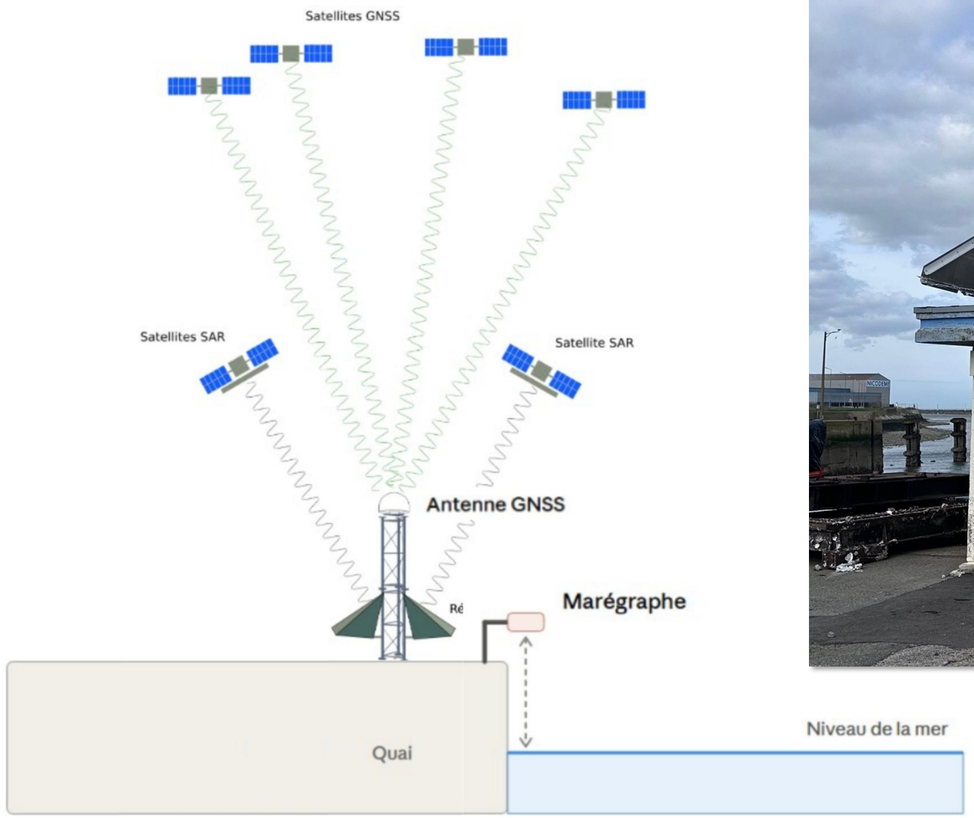


https://egms.land.copernicus.eu/

3 – Mesures de déformation du sol par interférométrie radar

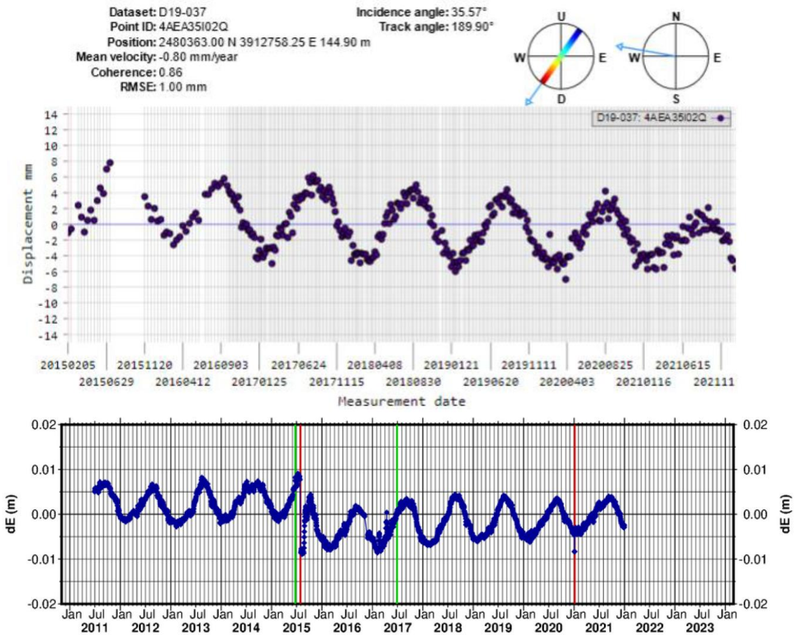
Avantages	Inconvénients
➢ Résolution spatiale élevée ➢ Résolution temporelle élevée	➢ Mesures relatives ➢ Précision et fiabilité à qualifier

3 – Mesures de déformation du sol par interférométrie radar





Dunkerque

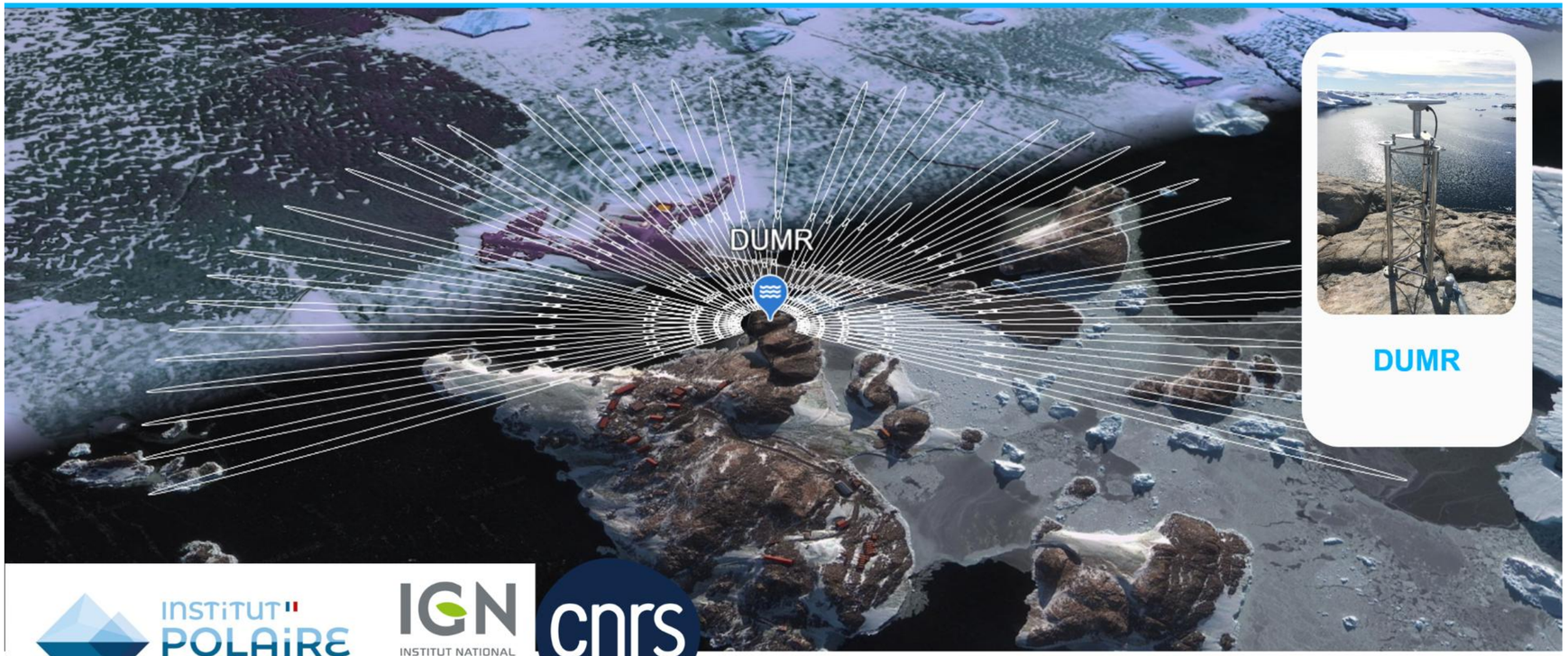


Séries temporelles

4 – Réflectométrie GNSS

DUMR, DUMONT D'URVILLE, FRENCH ANTARCTICA

National Oceanography Centre



INSTITUT POLAIRE FRANÇAIS PAUL-ÉMILE VICTOR

IGN INSTITUT NATIONAL DE L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE ET FORESTIÈRE

cnrs

Source: Simon Williams

Brest

Information

ID:	10175
IGS type code:	BRST00FRA
Latitude:	48.380490°
Longitude:	-4.496600°
Ellipsoidal Height:	67.862 m
Ellipsoidal Height Epoch:	2016.0000
Reflector Height:	16.771 m
Provider:	RGP
Alternative Providers:	IGN
SONEL Link:	BRST00FRA
NGL Link:	

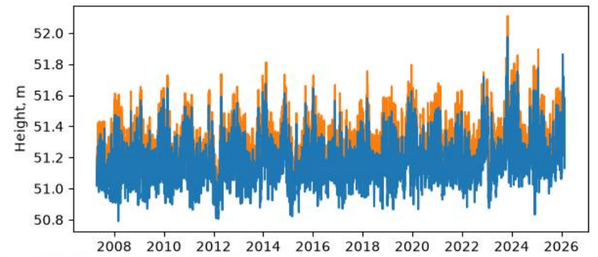
GNSS Receiver
Mask used



Data

Zipped data file

Plot of daily data



Blue: GNSS-IR Data, Orange: Nearby tide gauge data

Source: PSMSL

Bilan : chaque technique compense les limites des autres

Technique	Mesure	Couverture spatiale	Résolution temporelle	Précision et fiabilité	Rôle dans le dispositif
Nivellement campagnes de terrain	Relative	Locale (repères du site)	Très faible (campagnes)	Précise et fiable	Référence de précision
GNSS permanent station co-localisée	Absolue	Ponctuelle (un site)	Très élevée (continue)	Fiable sur longues séries	Mouvement vertical absolu du site
InSAR coins-réflecteurs	Relative	Élevée (vue spatiale)	Élevée	À qualifier	Étendre le suivi autour du site
Réflectométrie GNSS-IR	Absolue (niveau de la mer)	Surfacique	Continue (données GNSS)	Comparée au marégraphe	Niveau de la mer absolu

Atout Limite Sous conditions

Conclusion

- **Le suivi de la stabilité verticale d'un observatoire de marée est essentiel** pour interpréter correctement les séries marégraphiques et distinguer mouvement du sol et variation du niveau marin.

- **Marégraphe, GNSS, nivellement, InSAR, réflectométrie**: des techniques complémentaires, des informations de l'échelle locale à la vue d'ensemble.

- **Mieux comprendre le changement climatique.**

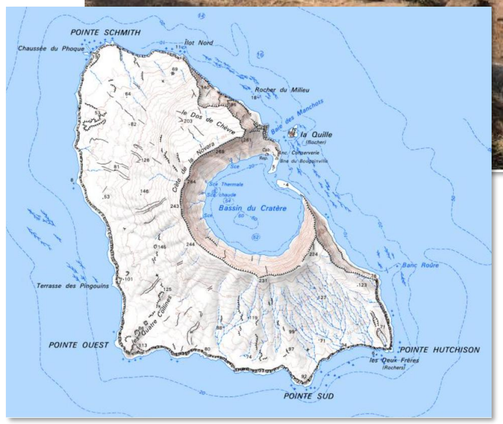
- **Mieux adapter les territoires côtiers.**

Thomas Donal
IGN

Merci de votre attention

Thomas DONAL
IGN



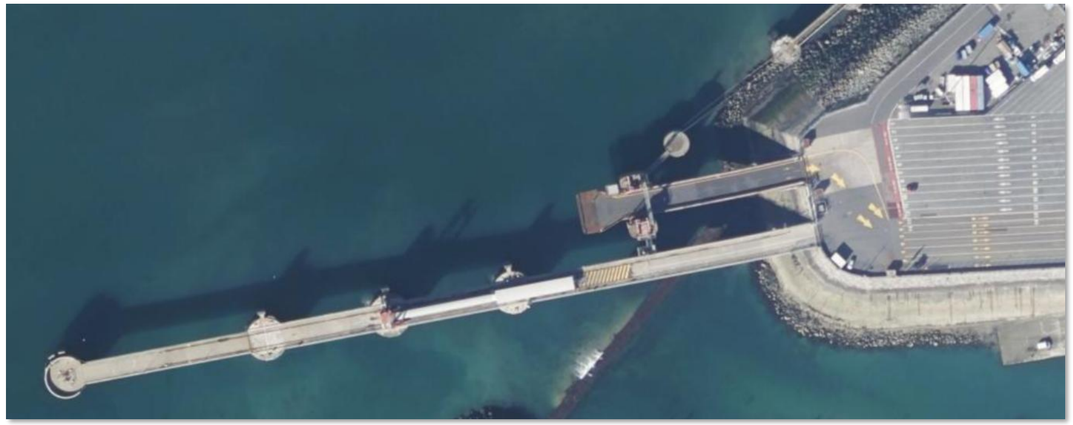


Observatoire de marée de Saint Paul
Terres australes et antarctiques françaises

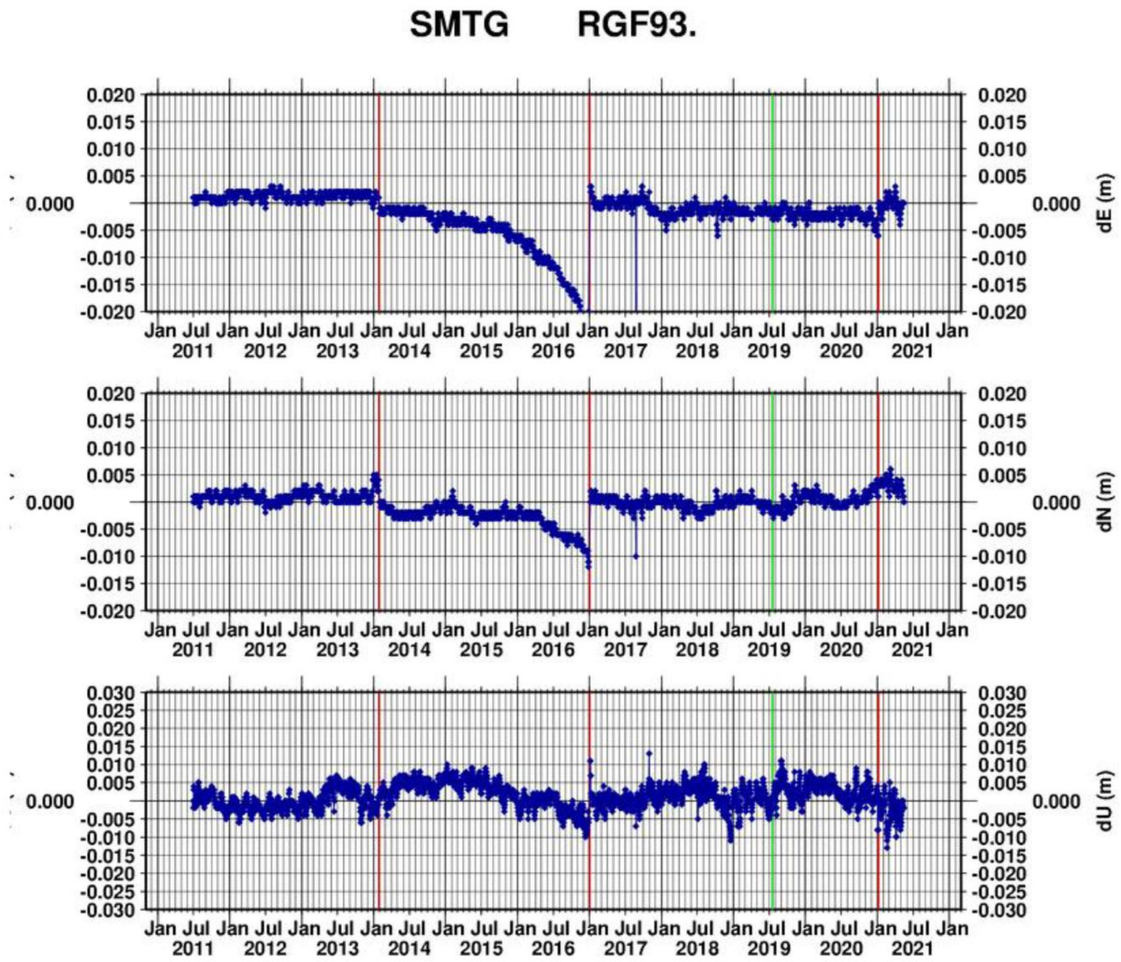
Annexes

Thomas DONAL
IGN

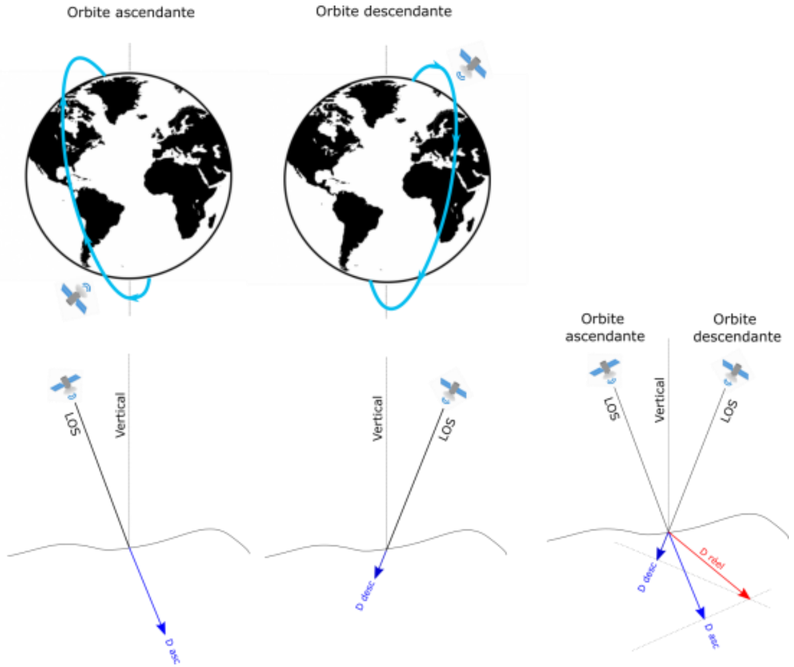
Saint Malo

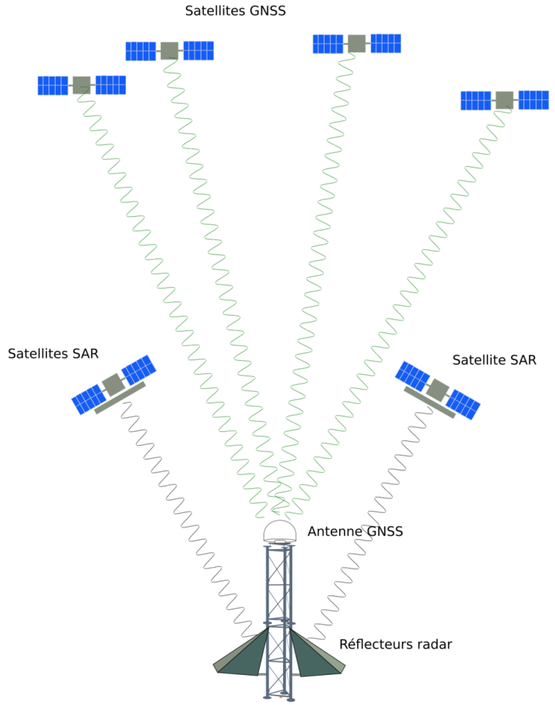






Mesures de déformation du sol par interférométrie radar



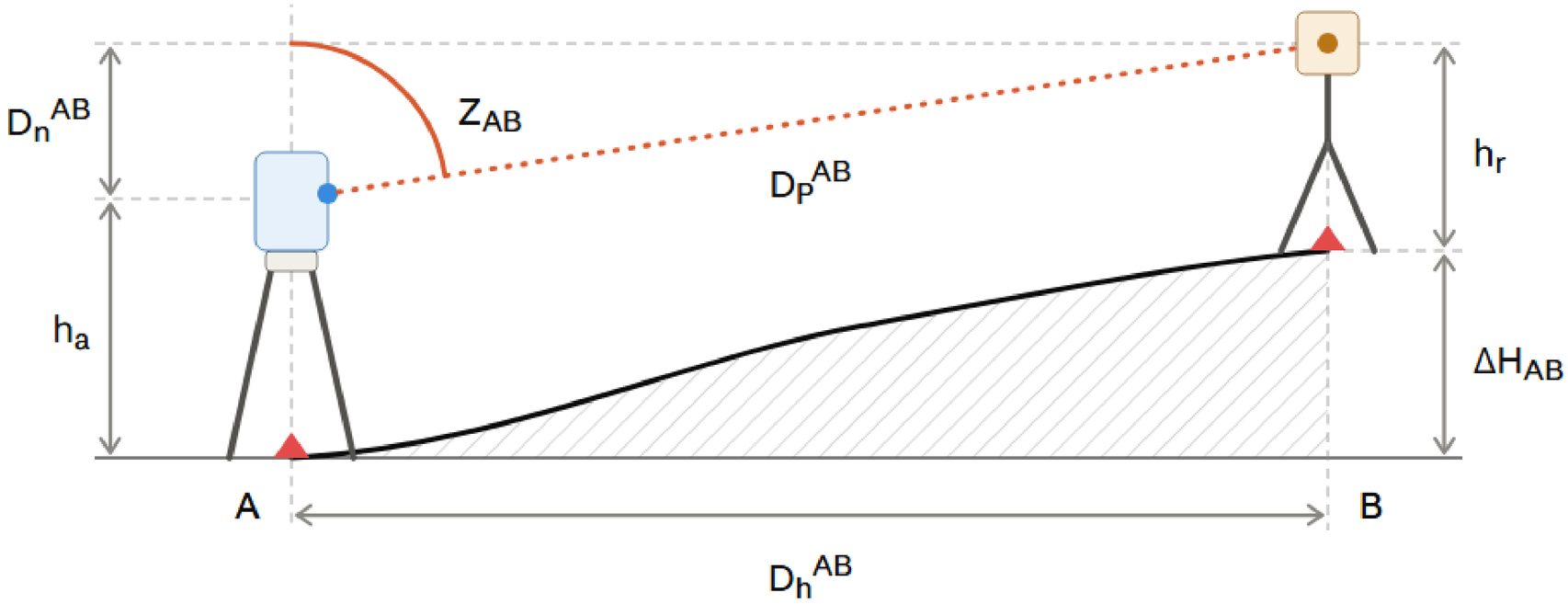




Thomas DONAL
IGN

Nivellement indirect par trigonométrie





Origines des mouvements verticaux

- **Tectoniques des plaques**
- **Ajustement isostatique post-glaciaire**

- **Effets anthropiques ou géologiques**

(compaction des sédiments, pompage d'eaux souterraines, retrait gonflement des argiles, …)

- **Structurelles**

(affaissement du quai, du bâtiment, du support marégraphique)

