

## NIREF

NIVELLEMENT DE RÉFÉRENCE

LE RÉSEAU FRANÇAIS DE NIVELLEMENT TRÈS HAUTE PRÉCISION



## SYSTÈME DE RÉFÉRENCE VERTICAL OFFICIEL : IGN69

- Environ 330 000 repères en état
- Subdivisé en 4 réseaux de plus en plus denses
- Observations dans les années 60

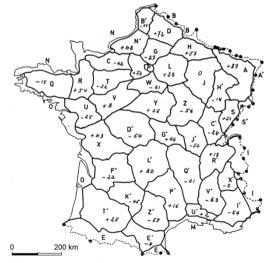
Le réseau « de 1er ordre » constitue la participation de la France au Réseau européen unifié de

nivellement (UELN)

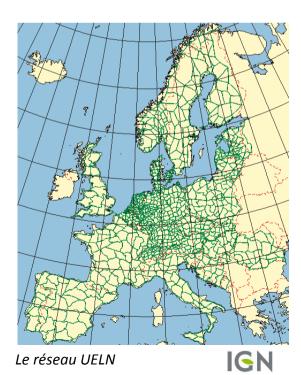




Deux exemples de repères de nivellement



Le réseau de 1<sup>er</sup> ordre d'IGN69



#### INCONVÉNIENTS DE IGN69

- Précision faible
  - Ecart-type des mesures du réseau de 1<sup>er</sup> ordre presque 2x supérieur à celui de l'ensemble du réseau UELN
- Biais Nord-Sud
  - Altitudes « trop hautes » vers le Nord
  - Détection en 1970 par comparaison à des données marégraphiques
  - Confirmation en 1983 par la réalisation d'une traverse précise Marseille-Dunkerque
  - Ce biais Nord-Sud est attesté dans d'autres réseaux de par le monde
  - L'origine est toujours inconnue : une erreur systématique ?

#### AVANTAGES DE IGN69

- Couverture très dense du territoire
- Forte utilisation



#### **CRÉATION DE NIREF**

- Lancement en 1996, sur la base de la traverse de 1983
- « NIREF » pour « Nivellement de Référence »
- Techniques modernes et spécifications strictes pour obtenir un réseau de très haute précision
- Objectifs:
  - Estimer le biais Nord-Sud de IGN69 de manière globale
  - Comparer le réseau aux données marégraphiques
  - Servir à la recherche sur les réseaux de référence verticaux
  - Permettre la livraison d'un nouveau jeu de données à UELN
- N'est pas destiné à remplacer IGN69 comme système légal



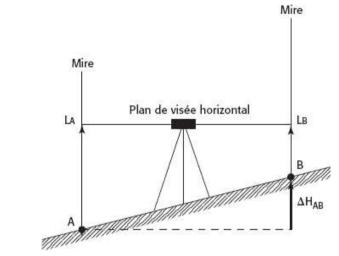
02. RÉALISATION



## **02. RÉALISATION**

#### TECHNIQUES

- « NIGEMO » : Nivellement géométrique motorisé
  - Technique moins sujette aux erreurs de réfraction
  - Permet de couvrir de longues distances plus rapidement
- Spécifications strictes :
  - Portées de 50 mètres maximum
  - Mesures sur deux échelles
  - Observations en aller/retour
  - Tolérances entre aller et retour :
    - < 0.3 mm</p>
    - $87\% < 0.83 \text{ mm/km}^{1/2}$
- Pas de relief accidenté, car pas de mesures de gravimétrie



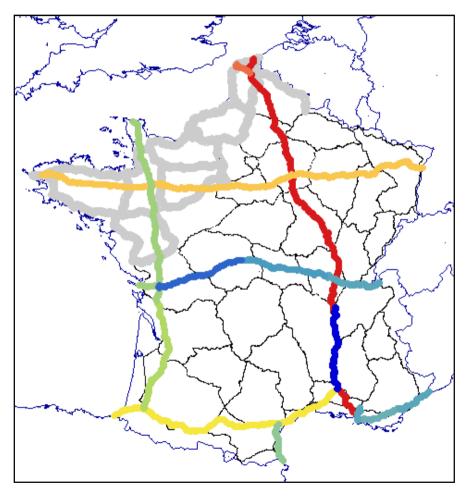




## **02. RÉALISATION**

#### NIREF EN 2013

- Traverse Marseille-Dunkerque (1983)
- Jonction avec le Tunnel sous la Manche (1994)
- Traverses Nord et Sud (2001-2002)
- Traverse Ouest et jonction Espagne (2004-2006)
- Traverse Centre et jonction Italie (2008-2011)
- Reprise de Marseille-Dunkerque (2012-...)
- Ré-observations de 1er ordre (1992-1999)





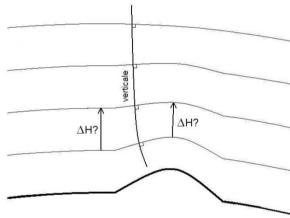


## L'ALTITUDE IDÉALE

- L'altitude est « une hauteur au-dessus de la mer »
- Elle doit être constante sur une surface « horizontale »
- L'eau doit couler « vers le bas »

#### MAIS:

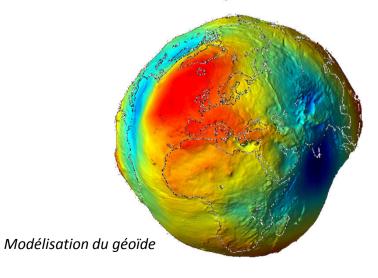
- Les « verticales » ne sont pas droites
- Donc les surfaces « horizontales » ne sont pas parallèles
- Donc les altitudes ne peuvent pas être des hauteurs géométriques



## L'ALTITUDE : QUELQUES DÉFINITIONS

- L'accélération de la pesanteur est un gradient, la dérivée d'une grandeur :
   le « potentiel gravitationnel »
- Une surface en tout point perpendiculaire au vecteur d'accélération : une « équipotentielle »
- L'équipotentielle qui correspond le mieux au niveau moyen des mers :

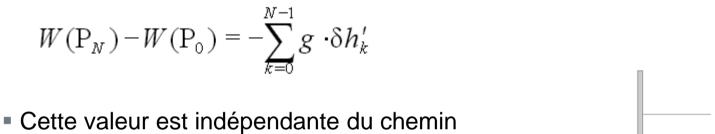
le « géoïde »



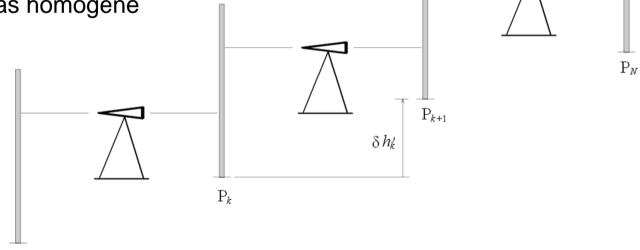


## L'ALTITUDE : QUELQUES DÉFINITIONS

 Un nivellement géométrique associé à des mesures de gravimétrie permet de calculer la « différence de potentiel » entre deux points P<sub>N</sub> et P<sub>0</sub> :



Cette valeur est indépendante du chemir suivi, mais n'est pas homogène à une distance



Une opération de nivellement géométrique

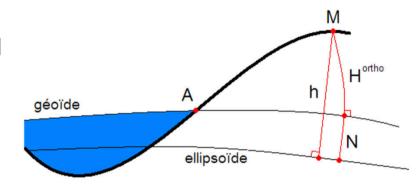


#### LES ALTITUDES

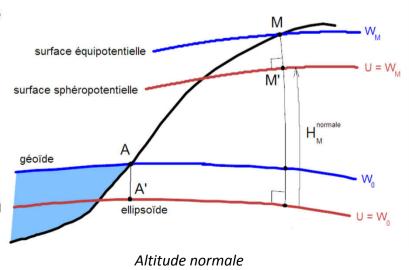
- Pour transformer une différence de potentiel en altitude, il faut la diviser par une accélération
- L'altitude orthométrique
  - Utilise une « valeur moyenne de g » le long de la « verticale »
  - Mais on ne peut pas mesurer g à l'intérieur de la Terre, on doit donc faire des hypothèses

#### L'altitude normale

- Se base sur un « champ de pesanteur normal », modélisation du champ où les équipotentielles sont des ellipsoïdes
- Utilise une « valeur moyenne de l'accélération normale » le long de la verticale du champ « normal »



Altitude orthométrique







### **DONNÉES ISSUES DU TERRAIN**

- Liste des points
  - Identifiant unique
  - Coordonnées géographiques
- Liste des travées
  - Identifiants des points avant et arrière
  - Dénivelée mesurée
  - Longueur de la travée
  - Écart-type

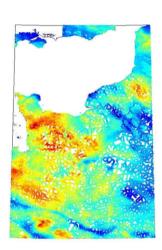
## DONNÉES MANQUANTES

Gravimétrie sur les points



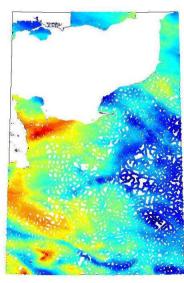
#### INTERPOLATION DE LA PESANTEUR

- Données en entrée :
  - Points du réseau NIREF
  - Couverture gravimétrique
    - Environ 500 000 anomalies à l'air libre
  - Modèle numérique de terrain
- Interpolation : « retrait-restauration »
  - Calcul des corrections de Bouguer
    - Effets du relief sur la pesanteur
  - Application des corrections aux données gravimétriques
    - Anomalies de Bouguer, plus lisses que les anomalies à l'air libre
  - Interpolation sur les points NIREF
    - Anomalies de Bouguer sur les points NIREF
  - Application des corrections en sens inverse
    - Anomalies à l'air libre sur le réseau NIREF



Anomalies à l'air libre

Modèle numérique de terrain



Anomalies de Bouquer



#### CALCUL DES ALTITUDES

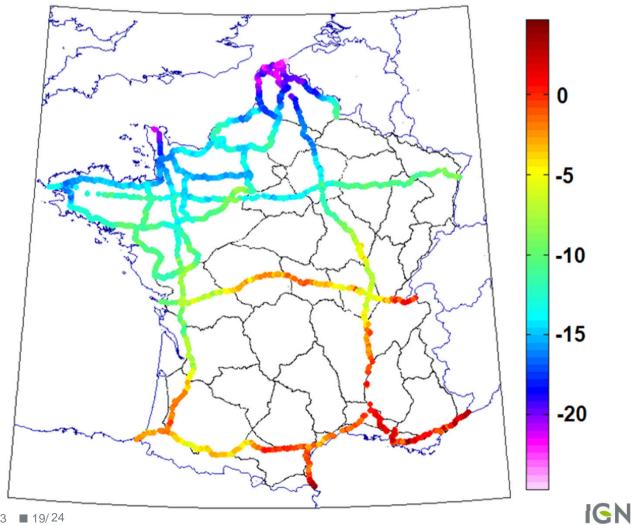
- Calcul des différences de potentiel :
  - A partir des dénivelés des travées et de la gravimétrie sur les points
- Compensation des différences de potentiel :
  - Ajustement par moindres carrés
- Calcul des cotes géopotentielles :
  - À partir d'une valeur conventionnelle au point d'origine et des différences de potentiel ajustées
- Transformation des cotes géopotentielles en altitudes normales :
  - Grâce à un ellipsoïde de référence et une formule de calcul du champ normal





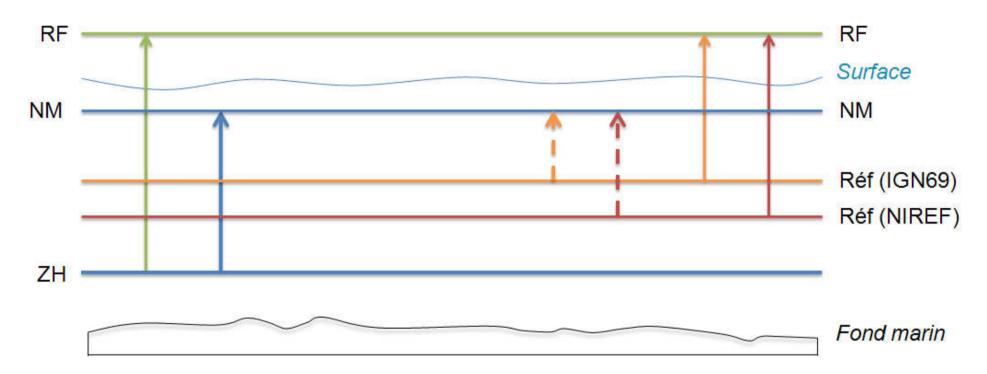
#### **COMPARAISON AVEC IGN69**

- Biais Nord-Sud
  - 24 cm au Nord
  - + 4 cm au Sud



## COMPARAISON AVEC LES MARÉGRAPHES

Références verticales différentes

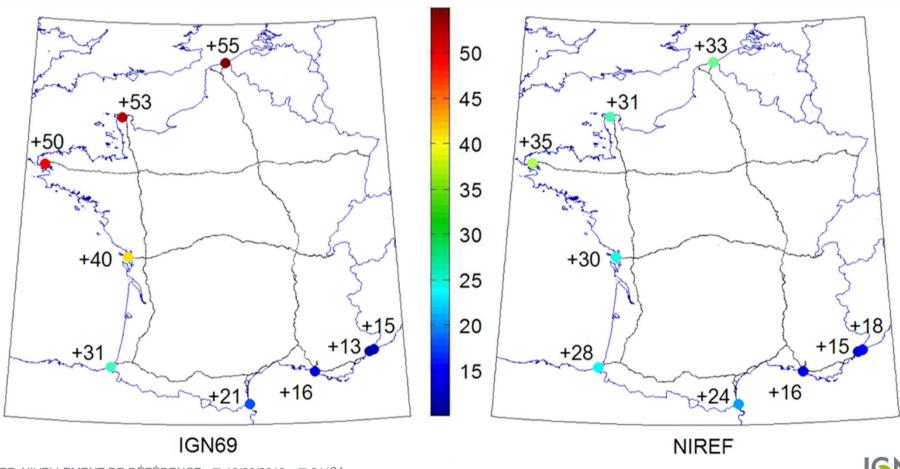


Sources : Références Altimétriques Maritimes 2012, SHOM



## **COMPARAISON AVEC LES MARÉGRAPHES**

Niveaux moyens des mers



**06. PERSPECTIVES** 



## **06. PERSPECTIVES**

#### REPRISE DE MARSEILLE-DUNKERQUE

Analyse des variations éventuelles

## NOUVELLE PARTICIPATION À UELN

• NIREF avec premier ordre « corrigé » ?

#### **IGN69**

Grille de transformation NIREF-IGN69 ?



# FIN. MERCI DE VOTRE ATTENTION

