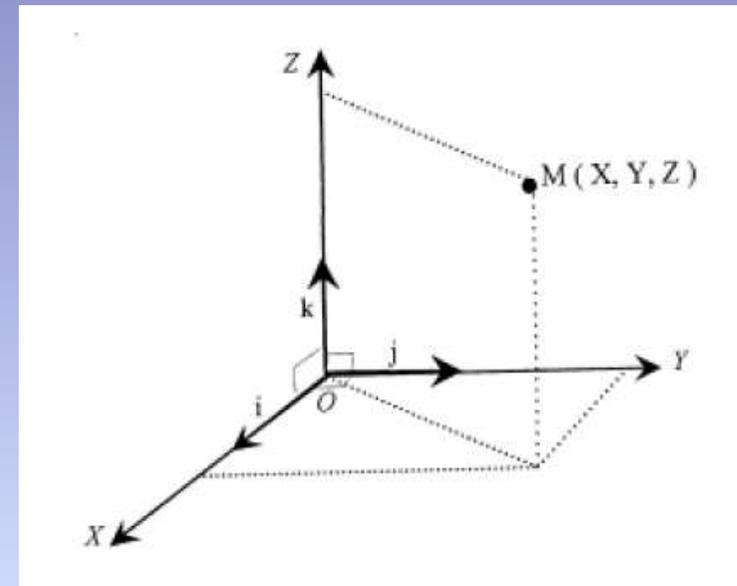
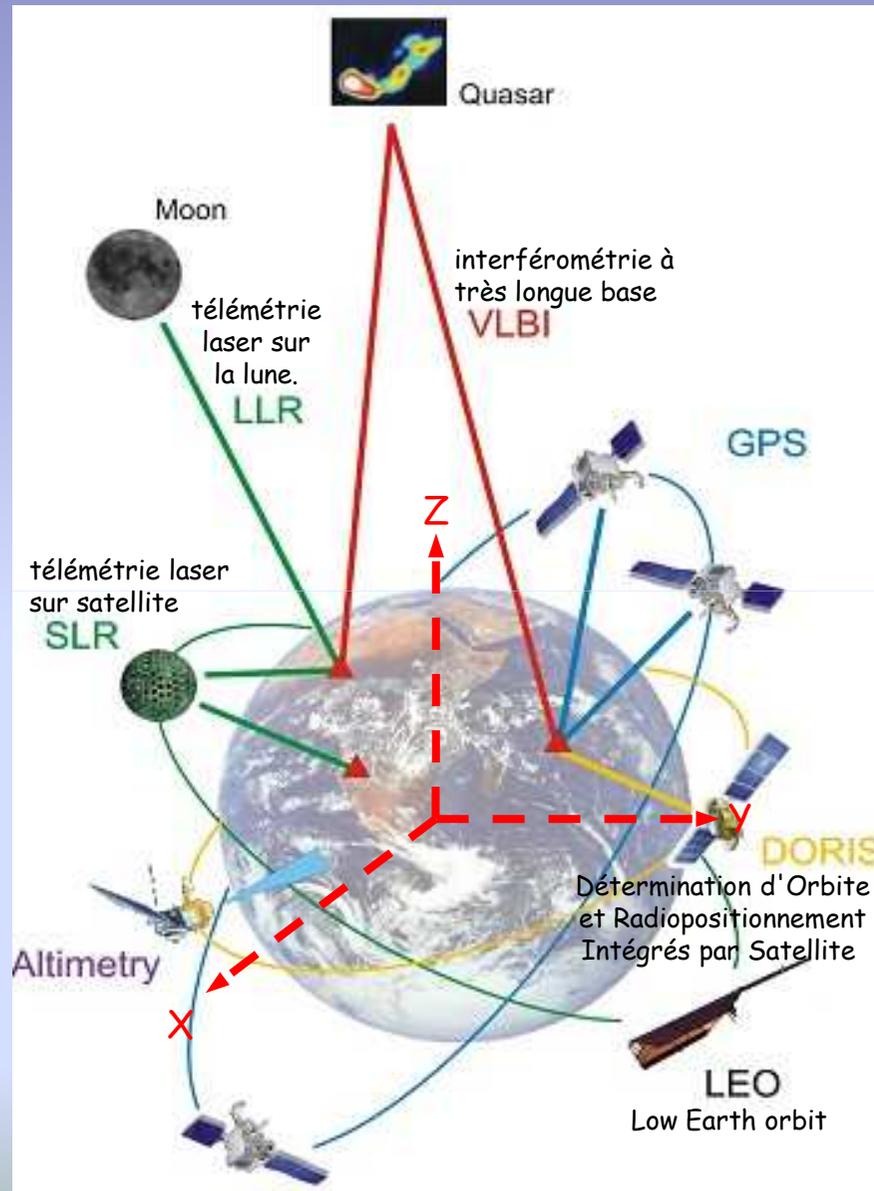


Systemes de référence terrestres



Dans un **système géocentrique**, les coordonnées cartésiennes (X, Y, Z) d'un point sont relatives aux 3 axes d'un repère dont l'origine est le centre des masses de la terre, avec OZ l'axe de rotation de la terre, OXY le plan de l'équateur et OXZ le plan méridien origine .

Systemes de référence terrestres

Le système ITRS et ses réalisations

- ❑ Le **système ITRS** (*International Terrestrial Reference System*)
 - système de référence terrestre défini par l'IERS (*International Earth Rotation and Reference System Service*)
 - définition : l'origine coïncide avec le centre des masses de la terre (y compris ses océans et son atmosphère), l'axe Z coïncide avec l'axe de rotation de la terre, ...

- ❑ Le **cadre ITRF** (*International Terrestrial Reference Frame*)
 - l'ITRF est l'appellation générique des **réalisations** de l'ITRS.
 - matérialisé par un réseau mondial de près de 800 stations réparties sur 500 sites.
 - constitué par les positions et les vitesses de stations d'observation.
 - depuis 1988, l'IERS fournit régulièrement une réalisation appelée **ITRFyy**, avec yy comme derniers chiffres du millésime.
 - les réalisations ITRFyy sont obtenues par combinaison de jeux de coordonnées issues de différentes techniques de géodésie spatiale très précises : VLBI, LLR, SLR, GPS, DORIS...

Systemes de référence terrestres

Le système **ETRS89** (*European Terrestrial Reference System 1989*)

- ❑ Le système ETRS89 est défini à partir de l'ITRS et coïncide avec l'ITRF à l'époque 1989.0. Il est attaché à la partie stable de la plaque eurasienne.
- ❑ Ellipsoïde associé : **GRS80** (*Geodetic Reference System 1980*)
 $1/2$ grand axe (a) = 6378137, aplatissement (f) = $1 / 298,257222101$

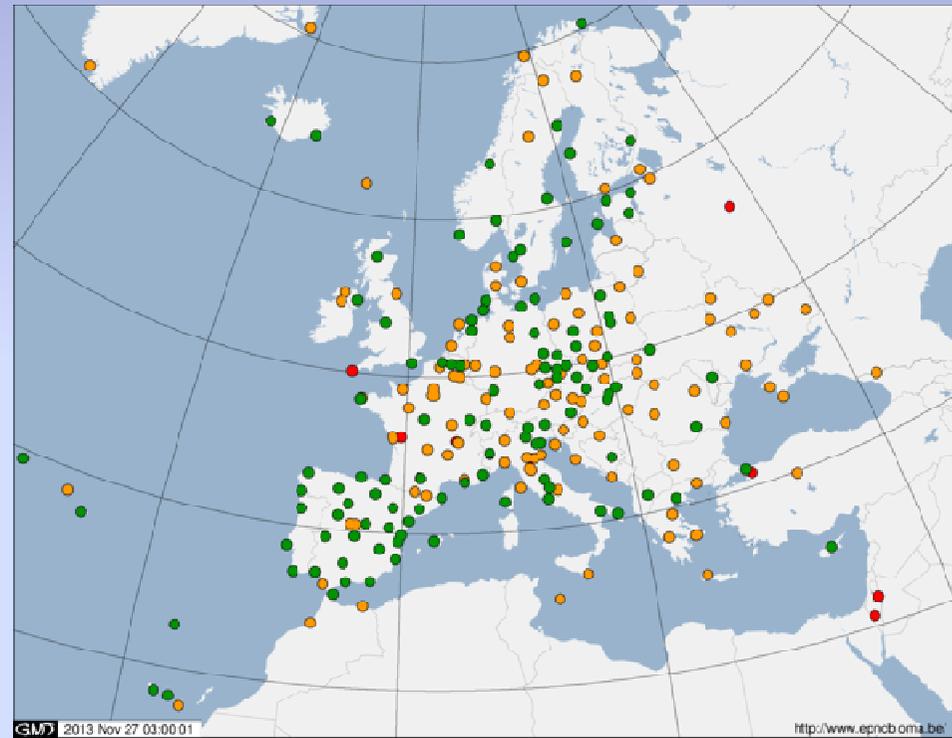


Systemes de référence terrestres

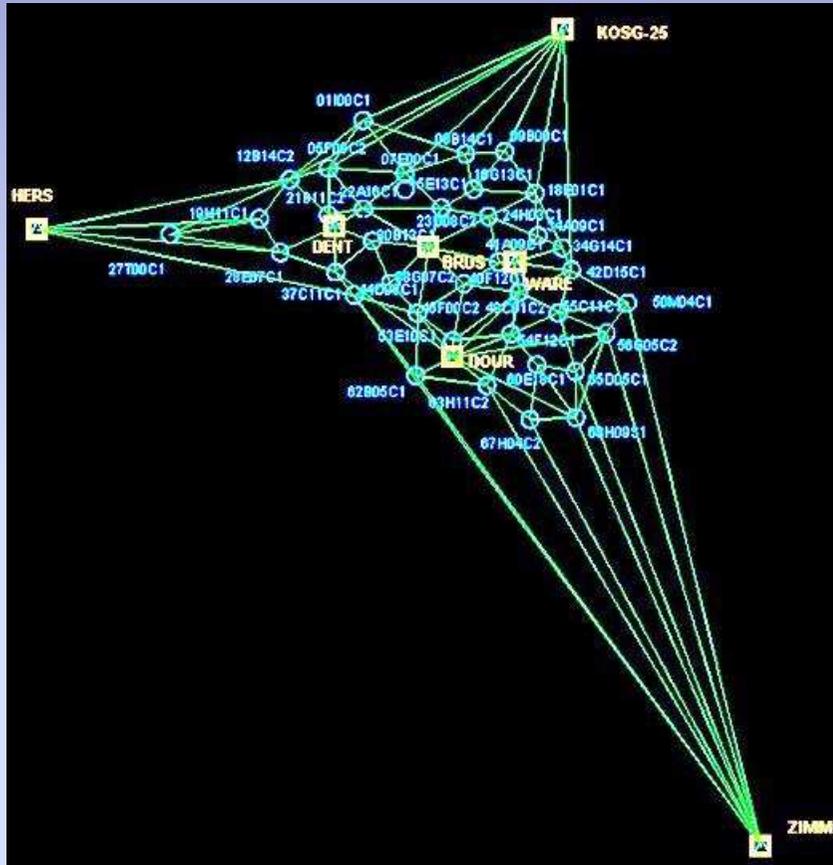
Le système **ETRS89** (*European Terrestrial Reference System 1989*)

EPN - *EUREF Permanent GNSS Network* -

- ❑ Réseau européen de près de 250 stations GNSS permanentes
- ❑ Objectifs
 - maintenir le système de référence ETRS89
 - permettre des densifications locales pour les pays européens
- ❑ Produits de l'EPN
 - les données du réseau des stations EPN
 - les positions et les vitesses pour les stations EPN dans le système ETRS89 et ITRS



BeRef - Belgian Reference frame



BeRef - Belgian Reference frame

❑ composante belge du système ETRS89

❑ réseau de référence :

- constitué de 36 points dont 4 points font partie du réseau EPN (*Euref Permanent Network*)
- ajustement du réseau en un ensemble par appui sur EPN (écart standard 5 mm)

❑ densification :

- la densification comporte quelques 4000 points assurant une cohérence au niveau centimétrique.

BeRef & projection Lambert

- ❑ Paramètres issus des points communs aux systèmes ETRS89 et BD72.

- *Translations (mètre)*

- Δ_x 106.868628

- Δ_y -52.297783

- Δ_z 103.723893

- *Rotations (arc seconde)*

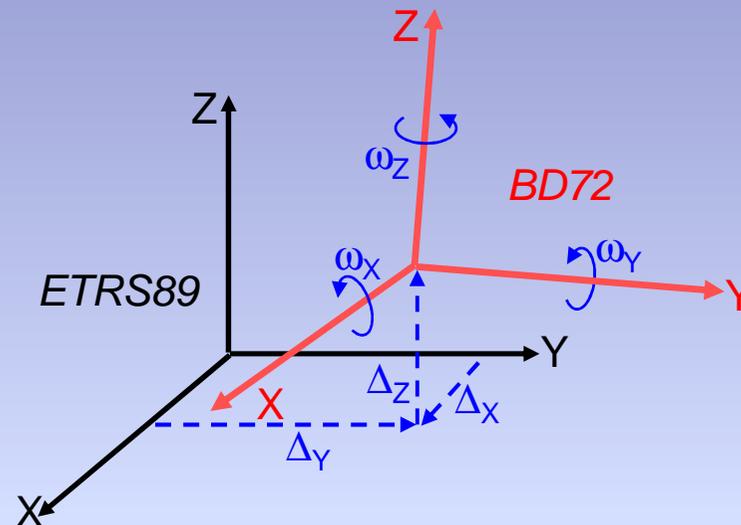
- ω_x 0.336570

- ω_y -0.456955

- ω_z 1.842183

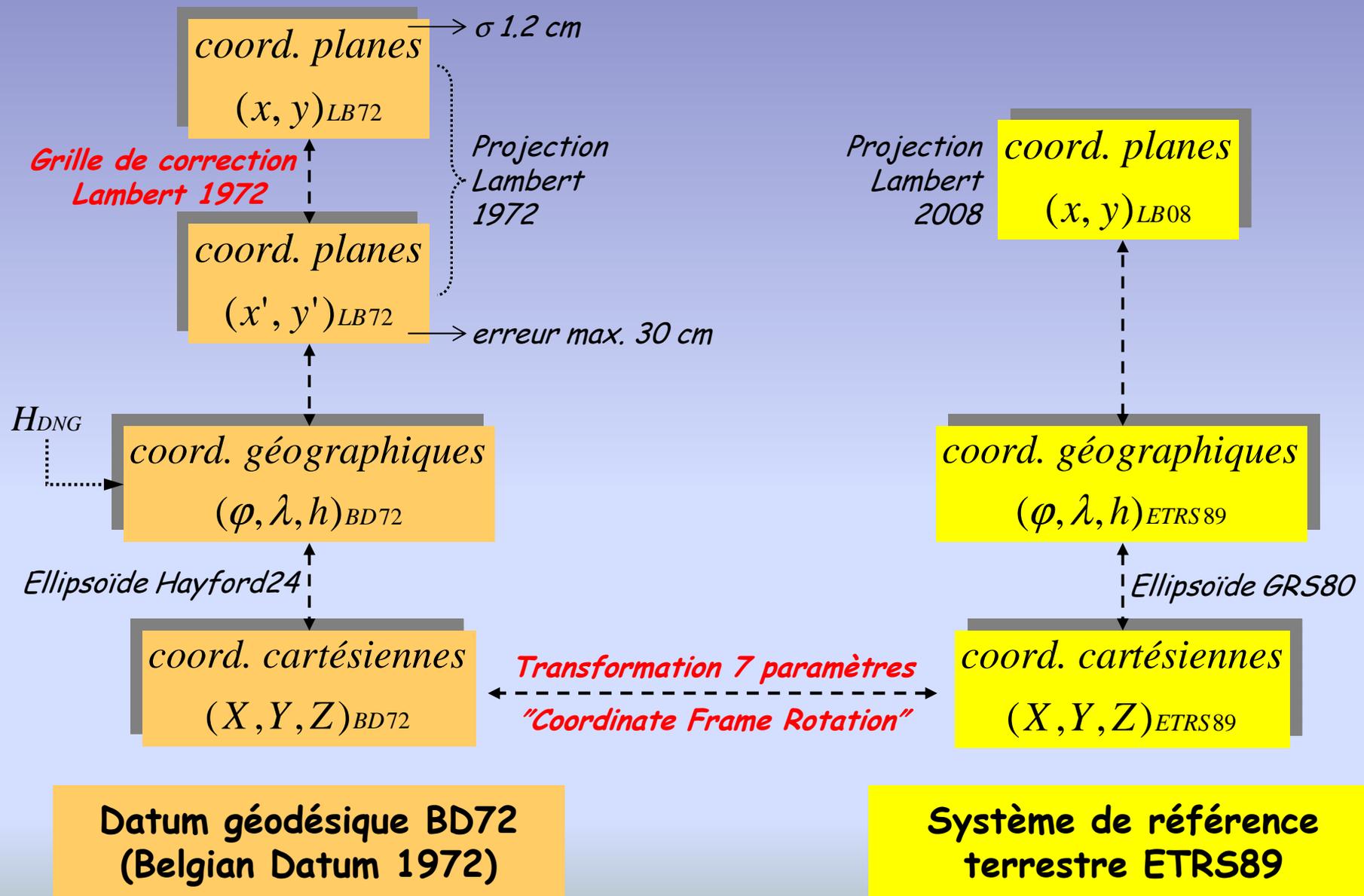
- *Facteur d'échelle*

- S 1.0000012747

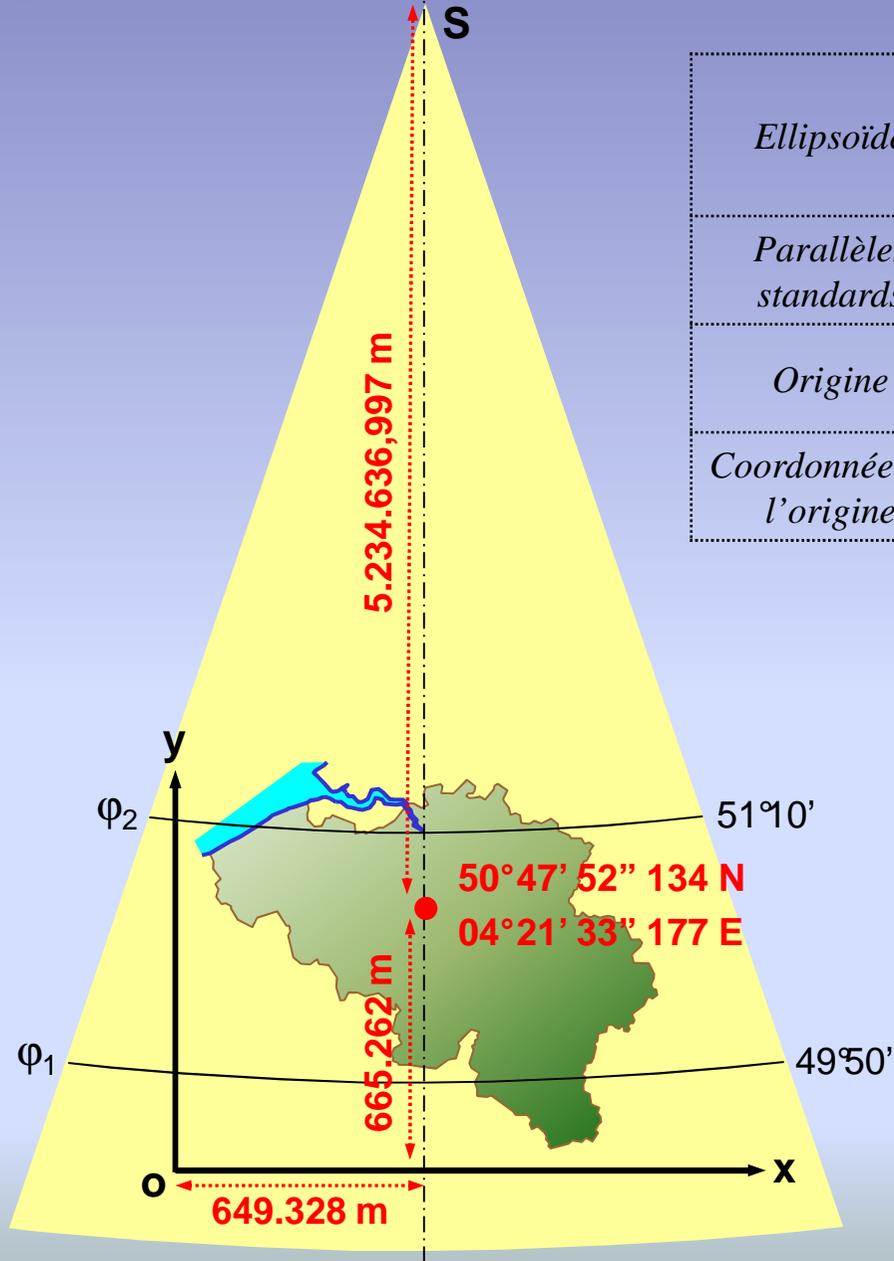


- ❑ Les paramètres précédents ne prenant pas en compte les variations locales existant entre les deux systèmes géodésiques, la comparaison des coordonnées Lambert calculées avec les coordonnées Lambert connues conduit à des écarts en x et en y; ces écarts ont été modélisés en une grille régulière appelée **grille de correction Lambert72**. L'application des corrections Δx et Δy calculées sur cette grille fournit un écart standard de 1,2 cm sur les coordonnées planes Lambert72.

BeRef & projection Lambert



La projection Lambert belge 2008

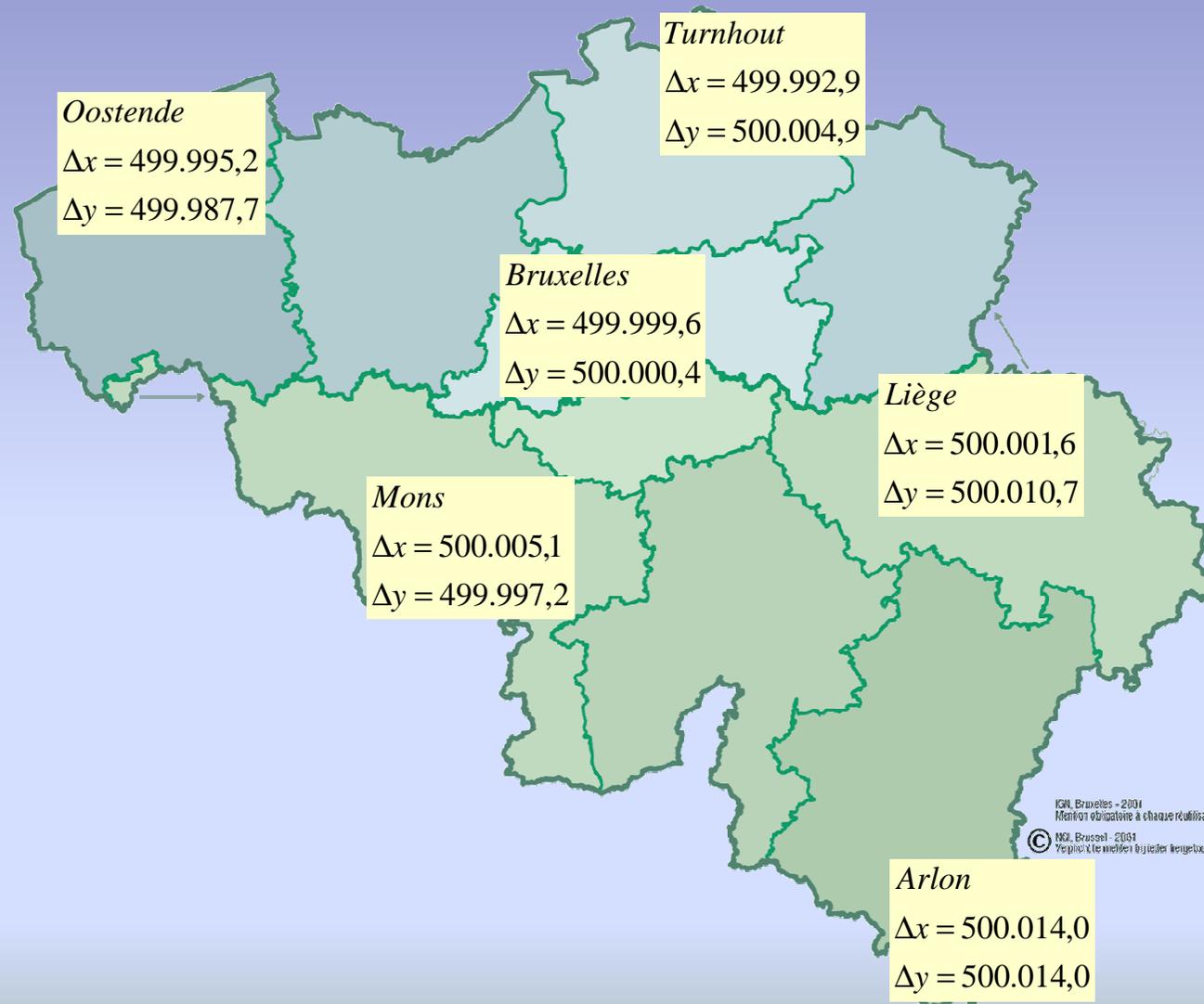


	Identité	GRS80
<i>Ellipsoïde</i>	½ grand axe (a)	6.378.137,0 m
	Aplatissement (f)	1 / 298,257222101
<i>Parallèles standards</i>	φ_1	49° 50' N
	φ_2	51° 10' N
<i>Origine</i>	Latitude origine	50° 47' 52" 134 N
	Méridien central	4° 21' 33" 177 E
<i>Coordonnées de l'origine</i>	x_0	649.328,0 m
	y_0	665.262,0 m

<i>Latitude</i>	<i>Facteur d'échelle</i>	<i>Correction d'échelle (cm/km)</i>
51°30'	1.0000850	+8.50
51°10'	1.0000000	0.00
50°50'	0.9999492	-5.08
50°30'	0.9999325	-6.75
50°10'	0.9999495	-5.05
49°50'	1.0000000	0.00
49°30'	1.0000838	+8.38

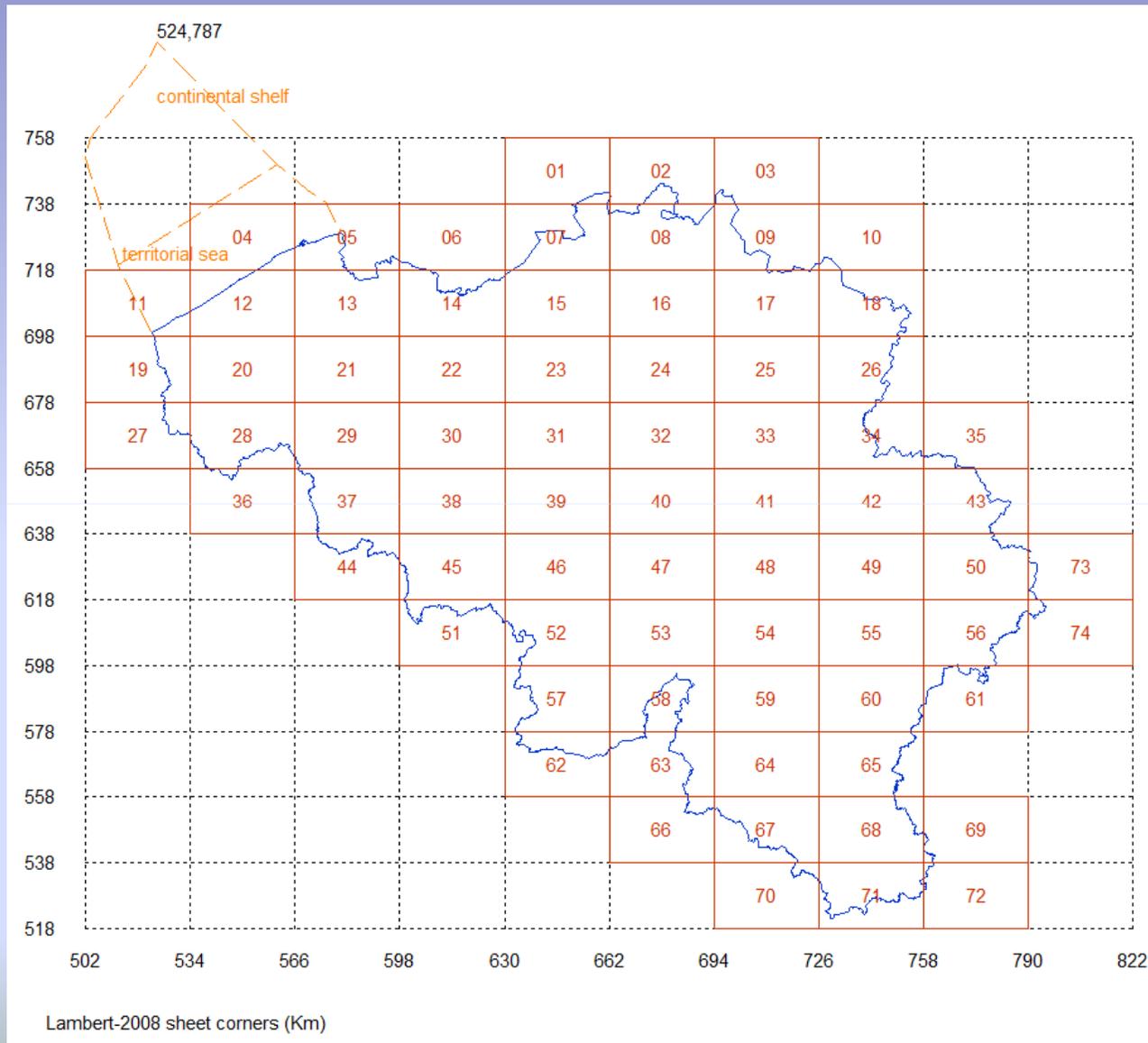
La projection Lambert belge 2008

Différence entre coordonnées Lambert 1972 / 2008



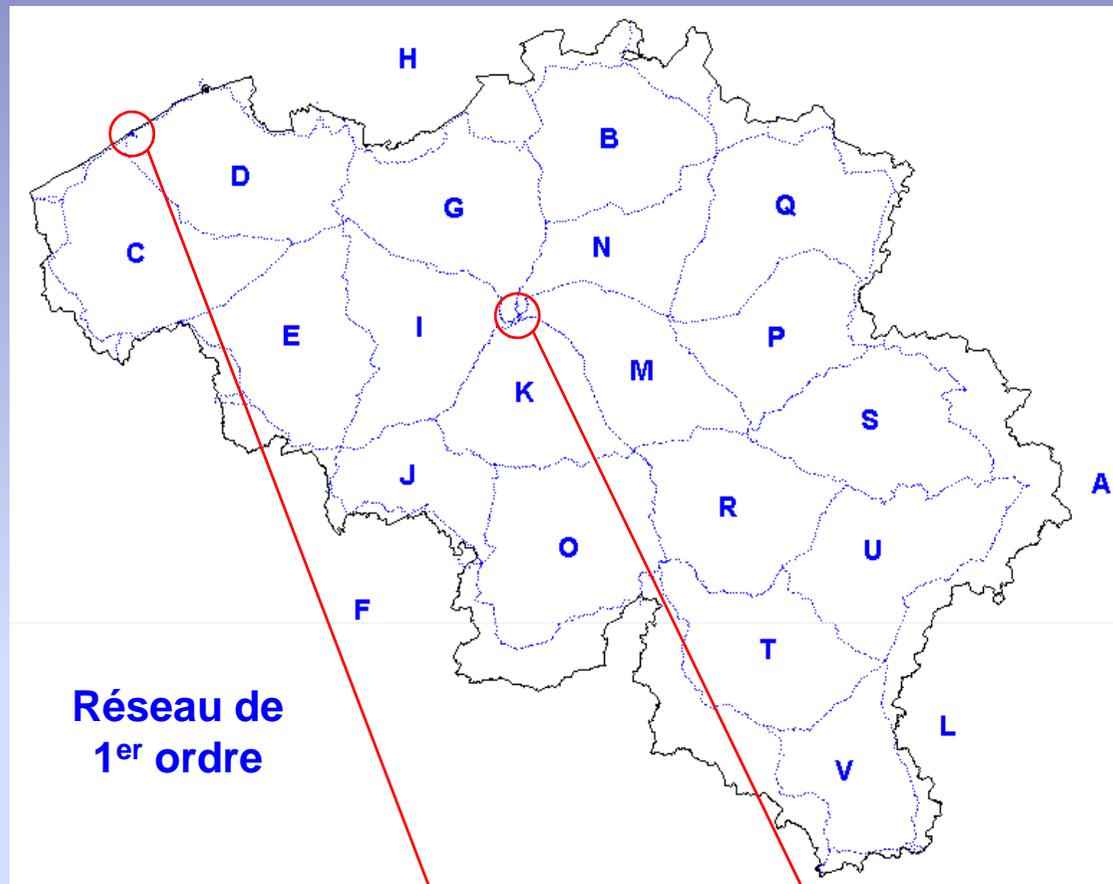
La projection Lambert belge 2008

Découpage cartographique



Écarts entre coins des feuilles Lambert 1972/2008		
écarts	x	y
minimum	-17,456	-21,501
maximum	11,407	17,604
moyen	-2,135	-3,236

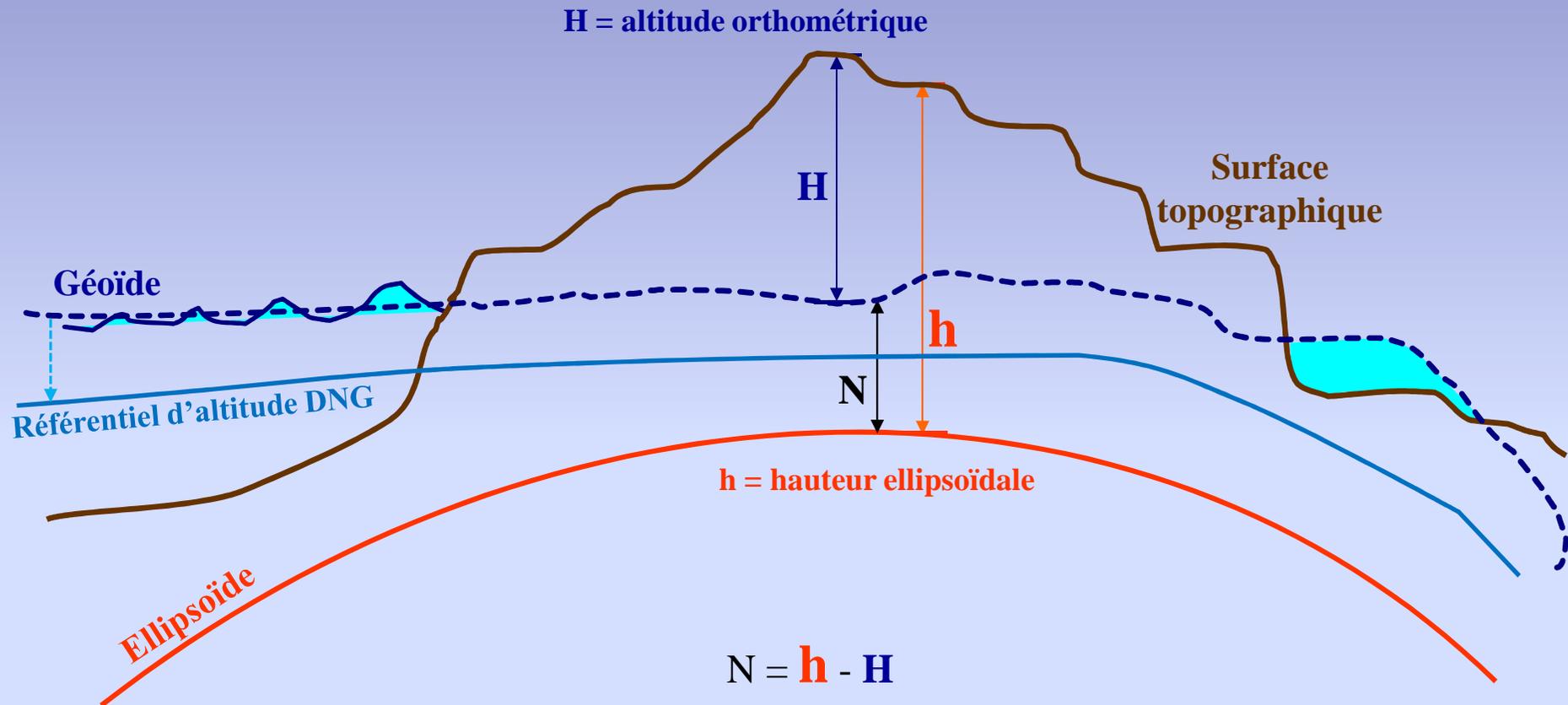
Le système de référence vertical Belge



- ❑ **Le Deuxième Nivellement Général (DNG)**, exécuté de 1947 à 1968, comporte quelques 19.000 repères, répartis sur tout le territoire. La **réitération** de ce réseau a été réalisée de 1981 à 2000.
- ❑ **Surface de niveau Zéro** : Zéro du Dépôt de la Guerre ou Zéro D, défini comme étant le niveau de la marée basse moyenne à vive eau ordinaire, obtenue à partir des observations marégraphiques de 1834 à 1853, à l'échelle du pilotage de l'écluse du bassin du Commerce à Ostende.
- ❑ **Repère Fondamental** : repère "IGKMN" situé à l'Observatoire Royal de Belgique à Uccle, dont la cote est de 100,174 mètres.

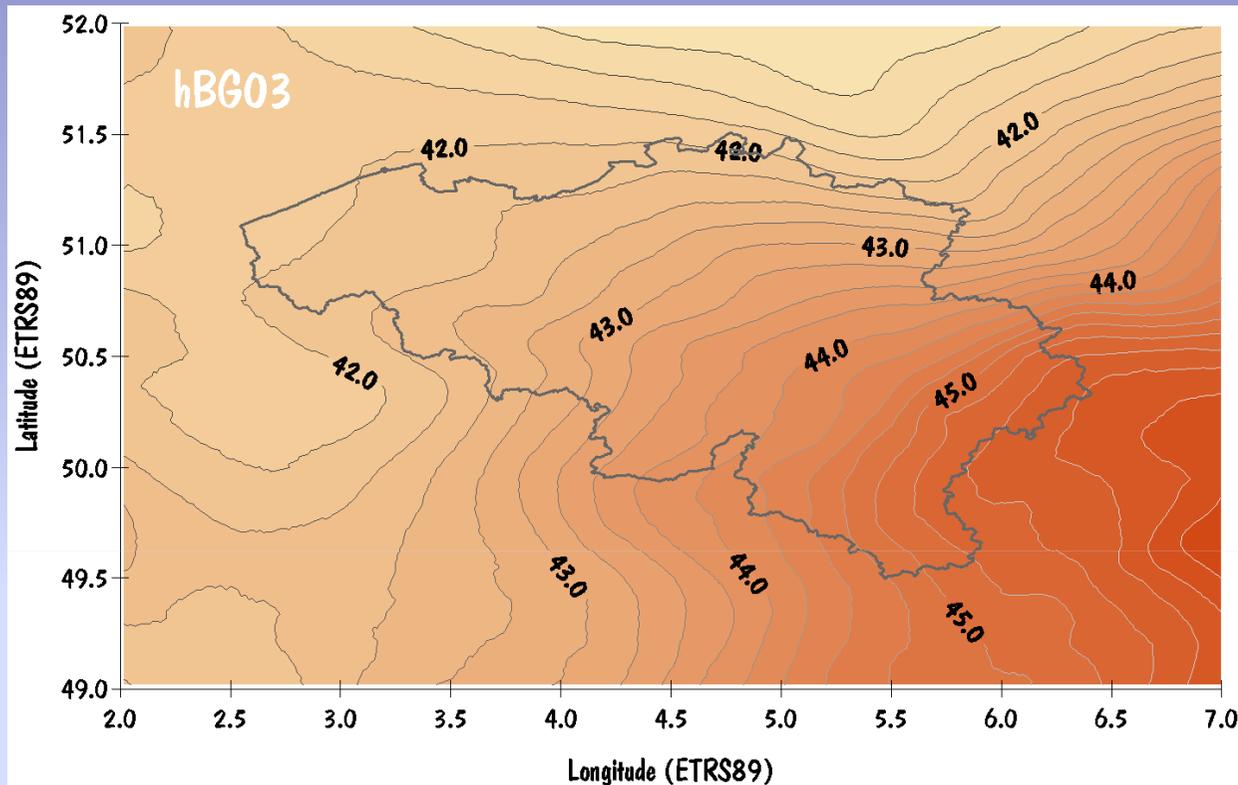
Le système de référence vertical Belge

Relation géoïde / ellipsoïde



N représente “ l'écart géoïde-ellipsoïde “ ou “ ondulation du géoïde “

Le système de référence vertical Belge Relation DNG / ellipsoïde GRS80



Représentation de la surface de conversion altimétrique. Les lignes de contour (isolignes) sont exprimées en mètres.

➤ La grille de conversion altimétrique *hBG03* résulte de la combinaison du modèle géoïdal gravimétrique *BG03* avec 3735 points GPS nivelés appartenant à la référence BeRef.

➤ Le calcul de la valeur de N par interpolation bilinéaire sur la grille *hBG03*, permet d'obtenir directement l'altitude orthométrique H dans la référence *DNG* par la relation :

$$H_{DNG} = h_{ETRS89} - N_{hBG03}$$

Le système de référence vertical Européen

Le système **EVRS** et ses réalisations

- ❑ Le **système EVRS** (*European Vertical Reference System*)
 - surface de niveau zéro : “Normaal Amsterdams Peil” (NAP)
 - côtes géopotentielle (altitudes liées à la gravité), altitude Normale

- ❑ Le **cadre EVRF** (*European Vertical Reference Frame*)
 - EVRF = réalisation du système EVRS à une époque donnée
 - EVRF intègre :
 - UELN - **United European Levelling Network**
 - mesures de nivellement (géométrique) de précision
 - ajustement des observations réalisé en “nombres géopotentiels”
 - EUVN - **European Vertical Reference Network**
 - mesures GNSS pour la détermination des hauteurs ellipsoïdales
 - mesures de nivellement entre les points EUVN et les noeuds UELN
 - observations marégraphiques le long des côtes européenne
 - 2 réalisations :
 - EVRF 2000
 - EVRF 2007

Le système de référence vertical Européen

United European Levelling Network 1995

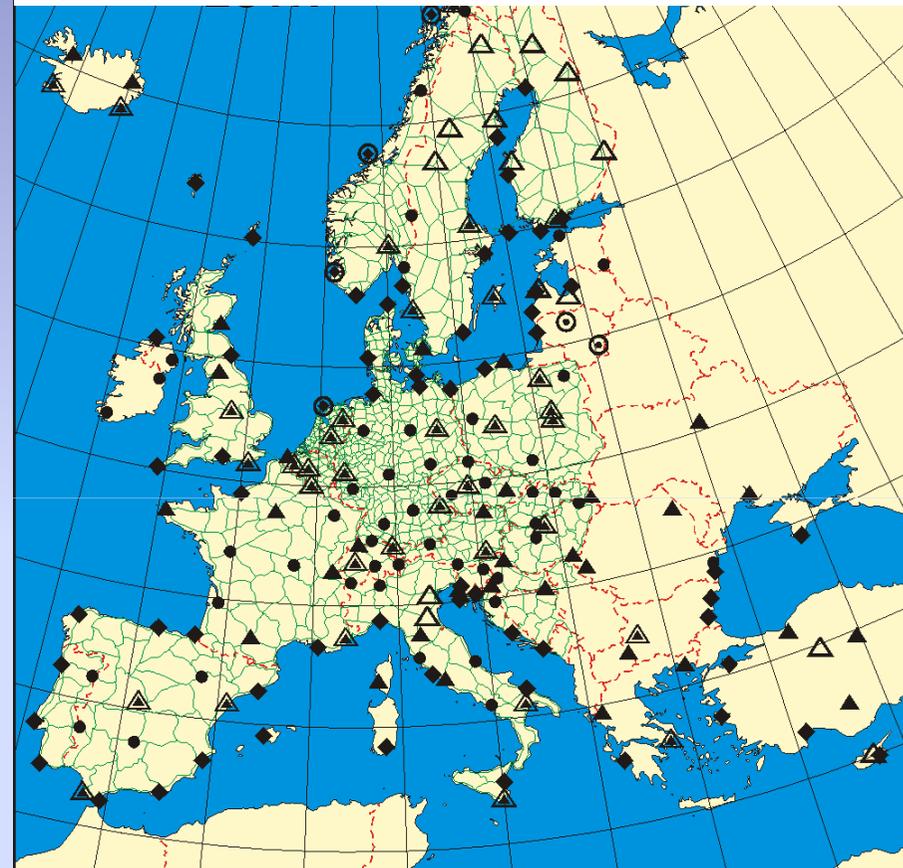
UELN 95/98



December 1998

• Reference point

EUVN - European Vertical Reference Network



- ▲ EUREF sites
- △ GPS permanent stations - EUREF
- △ GPS permanent stations
- UELN & UPLN nodal points
- ⊙ GPS permanent stations - nodal points
- ◆ Tide gauge sites
- ⊙ GPS permanent stations - tide gauge
- ∨ UELN lines

Le système de référence vertical Européen

Transformation des altitudes DNG vers EVRS

Description de la transformation

- transformation à 3 paramètres

	EVRF 2000	EVRF 2007
(a1) translation verticale	-2.311 m	-2.317 m
(a2) pente dans la direction du méridien	-0.016"	-0.031"
(a3) pente dans la direction perpendiculaire au méridien	0	0

- Formule : $H_{EVRF} = H_{DNG} + a1 + a2 \cdot M_0 \cdot (\text{lat} - \text{lat}_0) + a3 \cdot N_0 \cdot (\text{lon} - \text{lon}_0) \cdot \cos(\text{lat})$

M_0	rayon de courbure [m] de GRS80 selon le méridien local, au point P_0
N_0	rayon de courbure [m] de GRS80 le long de la verticale locale perpendiculaire au méridien, au point P_0
$P(\text{lat}, \text{lon})$	latitude, longitude du point altimétrique dans le système ETRS89
$P_0(\text{lat}_0, \text{lon}_0)$	point de référence de la transformation : 50°43' N 4°46' E
a1	translation verticale [m]
a2	pente dans la direction du méridien
a3	pente dans la direction perpendiculaire au méridien