

## SYSTEMES D'ALTITUDE

Un système d'altitude ou référentiel altimétrique est défini par :

- un type d'altitude
- une surface de référence
- un point fondamental

Les systèmes d'altitudes NGF-Lallemand, NGF-IGN69 et NGF-IGN78 ont la même surface de référence et le même point fondamental. En revanche, le type d'altitude est orthométrique pour le système NGF-Lallemand et normale pour les deux autres.

Le système d'altitude du réseau NGF-IGN69 et NGF-IGN78 est système d'altitude normal, calculé en utilisant des mesures de pesanteur réelle.

Les différents systèmes d'altitude		
Nom du réseau	Altitude	Observations
Bourdalouë	Boudalouë	Aucune valeur de pesanteur n'est prise en compte dans le calcul
Lallemand	Orthométrique	C'est une valeur théorique de la pesanteur qui est prise en compte dans le calcul
IGN69	Normale	La valeur de la pesanteur est mesurée sur le terrain

Un système d'altitude est réalisé par un réseau défini par :

- un type d'altitude et les constantes associées
- un point fondamental et son altitude conventionnelle
- un réseau de repères de nivellement
- un ensemble d'observation de nivellement de précision (dénivelées et gravimétrie)
- un processus de calcul des altitudes des repères.

## TYPES D'ALTITUDE

Communément, l'altitude est la distance d'un point de la surface topographique au niveau de la mer (géoïde). Mais si l'on additionne les dénivelées successives pour aller d'un point à un autre, on s'aperçoit que le résultat dépend du chemin suivi. En effet, les équipotentielle d'un champ de pesanteur ne conservent pas en tout point du globe une distance constante, celles-ci dépendant des variations de la pesanteur  $g$ . Cette gravité est plus importante en milieu montagneux ?

### Cote géopotentielle

Nous savons que la surface d'un fluide au repos est une surface équipotentielle du champ de pesanteur. Il semble donc logique dans cette optique - dynamique - de considérer comme points de même altitude, ceux d'une même surface équipotentielle et comme différence d'altitude une grandeur mesurant l'écart entre ces deux surfaces. Le champ de pesanteur  $g$  définit une famille de surfaces de niveau, normales en tous points à  $g$ . la différence de potentiel (travail élémentaire) entre deux surfaces  $W_A$  et  $W_B$  voisines est constante.

On appelle cote géopotentielle d'un point A le travail  $CA$  à effectuer dans le champ de la pesanteur réelle pour se rendre de la surface de référence Géoïde  $W_0$  à la surface de niveau passant par A. ( $W_A$ ) avec :

C exprimé en unités géopotentielles GPU ( $=10 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$ ) donc peu pratiques

$g$  en kilogals ( $g \approx 0.98$ )

dh en mètres

L'inconvénient de la cote géopotentielle est que la différence entre deux altitudes et la dénivelée mesurée présente un écart de l'ordre de 2cm/m.

Aussi on définit pour les besoins pratiques une évaluation de l'altitude en mètres, en divisant la cote géopotentielle  $C$  (travail) par une valeur de  $g$  (accélération). Selon la valeur de  $g$  choisie que l'on notera  $\gamma$ , on définit une altitude orthométrique, dynamique ou normale :

**1) altitude orthométrique :**

$$\mathbf{H}_{ortho} = \frac{1}{\gamma_m} \sum_0^A g dh$$

Avec  $\gamma_m = (\gamma + \gamma) / 2$  valeur moyenne issue du modèle théorique de pesanteur aux points  $(\varphi, \mathbf{H}_{ortho})$  et  $(\varphi, 0)$

**2) altitude dynamique :**

$$\mathbf{H}_{dynamique} = \frac{1}{\gamma_{(45^\circ, 0 m)}} \sum_0^A g dh$$

Avec une valeur théorique de  $\gamma$  pour  $\varphi = 45^\circ$  et  $\mathbf{H} = 0\text{m}$  (gravité de référence constante pour la France).

Elle est utilisée pour la compensation des réseaux de nivellement, mais ne peut avoir d'application pratique dans la mesure où sa valeur varie dans des proportions sensibles pour le nivellement de précision. De plus, son écart avec les valeurs de l'altitude est de l'ordre de  $\mathbf{H}_m / \mathbf{R}$  soit environ  $10^{-4}$ . Ces altitudes sont indépendantes du trajet suivi, elles ont une signification géométrique mais pas physique.

**3) altitude normale ( $\mathbf{H}_N$ ):**

Si on définit la quantité  $\gamma_m$ , pesanteur théorique normale, comme valeur intégrée de  $\gamma$  entre le géoïde et la surface équipotentielle du point considéré :

$$\gamma_m = \frac{1}{\mathbf{H}_N} \int_0^{\mathbf{H}} \gamma \cdot dh$$

Elle s'exprime simplement, en fonction de la latitude et de l'altitude moyenne par :

$$\gamma_m = \gamma_E \cdot (1 + \beta \sin^2 \varphi) \left(1 - \frac{\mathbf{H}_m}{\mathbf{R}}\right)$$

On a finalement l'expression de l'altitude normale, avec  $g$  pesanteur mesurée :

$$\mathbf{H}_N = \frac{1}{\gamma_m} \sum_0^A g \cdot dh$$

Les altitudes normales sont calculées à partir des altitudes dynamiques compensées. Elles ont le même avantage que les altitudes orthométriques, mais de plus, elles font intervenir les valeurs de  $g$  mesurées et non plus théoriques. L'IGN publie des altitudes normales. On a donc défini un type d'altitude :

- homogène à une longueur
- indépendante du trajet suivi
- proche des dénivellées mesurées par nivellement
- tenant compte des valeurs réelles locales de  $g$ .

L'IGN calcul également des corrections permettant de passer des altitudes normales aux altitudes orthométriques

## DEPARTEMENTS D'OUTRE-MER

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques des réseaux des DOM. A l'exception de la Guyane, les premiers réseaux datent des années 1955. Ils ont été remis en état (densification, remplacement des repères détruits) de 1987 à 1989

	Année	Longueur du réseau (km)	Nombre de repères	Localisation et immatriculation du repère fondamental	Altitude adoptée du repère fondamental au-dessus du niveau moyen de la mer	Appellation adoptée
Guadeloupe	1988	563	715	Pointe-à-Pitre GO – 7	2,670 m	Altitude orthométrique IGN 88
Les Saintes	1988	13	20	Grand-Bourg MO – 1	0,832 m	Altitude orthométrique IGN 88 MG
Marie-Galante	1988	63	90	Terre-de-Haut MO – 1	1,441 m	Altitude orthométrique IGN 88 LS
St-Barthélémy	1988	20	30	Marigot AS – 13	6,990 m	Altitude orthométrique IGN 88 SM
St-Martin	1988	26	40	Gustavia A.ef – 2	0,621 m	Altitude orthométrique IGN 88 SB
Martinique	1987	539	916	Le Lamentin N.bc – 2	34,732 m	Altitude orthométrique IGN 87
Réunion	1989	656	1018	St-Pierre AB – 100	13,808 m	Altitude orthométrique IGN 89
Guyane	1977	368	213	Cayenne BM – 35	1,604 m	Altitude orthométrique NGG 77

## FRONTIERES

Les relations avec les autres pays s'effectuent dans le cadre de l'AIG (Association Internationale de Géodésie) et de REUN (Réseau Européen Unifié de nivellement). Il s'agit d'établir et d'observer des points frontaliers avec les réseaux des pays limitrophes d'échanger des données et des informations scientifiques, d'entreprendre des nivellements particuliers dits travaux de métrologie ( tunnel sous la Manche, le tunnel du Mont-blanc ...)