

Aide géodésique de Circé : Mayotte

Table des matières

Le repère de référence géodésique Combani 1950	5
Le repère de référence géodésique "Cadastre 1997"	6
Réseau Géodésique de Mayotte 2004 (RGM04).....	7
Repère de référence Géodésique de Mayotte 2023 (RGM23).....	8
Accès à la référence.....	9
IAG GRS 80 (Ellipsoïde associé aux repères de référence géodésiques RGM04 et RGM23).....	10
International HAYFORD 1909 (Ellipsoïde associé aux repères de référence géodésiques Combani 1950 et Cadastre 1997)	10
Système d'altitude SHOM 1953.....	11
Type d'altitude	11
Accès à la référence verticale	11
Surface de conversion altimétrique.....	12
La conversion des hauteurs ellipsoïdales en altitudes.....	12
Modèle de géoïde utilisé.....	12
Surface de conversion altimétrique pour Mayotte	13
Système d'altitude IGN 2023 Mayotte.....	13
Différences entre "Shom 1953" et "IGN 2023 Mayotte".....	14
Type d'altitude et processus de calcul.....	14
Accès à la nouvelle référence verticale	15
Surface de conversion altimétrique associée à "IGN 2023 Mayotte"	15
La conversion des hauteurs ellipsoïdales en altitudes.....	15
Modèle de géoïde utilisé.....	16
Surface de conversion altimétrique pour Mayotte	16
Transformations standard	17
Triangulations locales => RGM04.....	17
Combani 1950 => RGM04	17
Cadastre 1997 => RGM04	17

Transformation par grille de paramètres.....	18
RGM04 <=> RGM23.....	18
Principe	18
Processus.....	20
Transformation par modèle de déplacement 3D	20
RGM04 <=> RGM23.....	20
Projection Mercator Transverse Universelle UTM (Universal Transverse Mercator).....	21
Paramètres de la représentation plane :	21

Institut National de l'Information Géographique et Forestière



Contacts techniques

Service de Géodésie et de Métrologie

L'information géodésique à l'IGN : <http://geodesie.ign.fr/>

Nous écrire : geodesie@ign.fr

Consulter les Géoservices de l'IGN : <http://www.ign.fr/>

Le repère de référence géodésique Combani 1950

Le traitement des mesures de triangulation effectuées vers 1950 couvrant les îles de Mayotte a conduit à la réalisation d'un repère de référence géodésique que l'on notera «Combani 1950» (ou "Triangulation IGN 1950") dont le point fondamental est situé sur le Terme Sud de la Base Combani I, déterminé par mesures astronomiques.

Désignation : Combani 1950

Ellipsoïde associé : International Hayford 1909

- $a = 6378388.000$ m
- $1/f = 297.000000$

Méridien origine : Greenwich (Observatoire)

Point fondamental :

- Longitude : $45^{\circ} 07' 06''$ Est de Greenwich
- Latitude : $12^{\circ} 47' 27.5''$ Sud

Projection associée : UTM Sud, fuseau 38

- Latitude origine: $0^{\circ} 00' 00.0000''$
- Méridien Central : $45^{\circ} 00' 00.0000''$ Est
- Facteur d'échelle : 0.9996
- Coordonnées de l'origine :
 - $E_0 = 500\,000$ m
 - $N_0 = 10\,000\,000$ m (sud de l'équateur)

Le repère de référence géodésique "Cadastre 1997"

Ce repère de référence est issu des mesures GPS effectuées à la fin du vingtième siècle. Lors du calcul final, les coordonnées d'un des points du réseau ont été fixées à leurs valeurs dans le système "Combani 1950". Le système "Cadastre 1997" n'est donc pas directement compatible avec l'ITRS ou le WGS 84.

C'est une réalisation tri-dimensionnelle qui diffère sensiblement de la réalisation initiale "Combani 1950".

Désignation : Cadastre 1997

Ellipsoïde associé : International Hayford 1909

- $a = 6378388.000$
- $1/f = 297.000000$

Méridien origine : Greenwich (Observatoire)

Projection associée : UTM Sud, fuseau 38

- Latitude origine: $0^{\circ}00'00.0000''$
- Méridien Central : $45^{\circ}00'00.0000''$ Est
- Facteur d'échelle : 0.9996
- Coordonnées de l'origine :
 - $E_0 = 500\,000\text{ m}$
 - $N_0 = 10\,000\,000\text{ m}$

Réseau Géodésique de Mayotte 2004 (RGM04)

À l'initiative de l'IGN, un réseau moderne a été mis en place à Mayotte : le RGM04 (Réseau Géodésique de Mayotte 2004). Il a été réalisé par le Service de Géodésie et Métrologie de l'IGN.

Ce nouveau canevas a été conçu pour matérialiser sur les îles un repère de référence précis, adapté aux technologies modernes, et compatible avec les références mondiales.

Ce réseau comprend 47 stations déterminées par mesures GPS.

Ce repère de référence est tridimensionnel et géocentrique, et correspond à la réalisation locale du système mondial ITRF2000 (International Terrestrial Reference System 2000).

Repère de référence géodésique équivalent (à un biais de réalisation près) : ITRF2000 (calcul époque 2004.0)

Ellipsoïde associé : IAG GRS80

- $a = 6378137.000$
- $1/f = 298.25722210088$

Il est appelé à remplacer progressivement les repères de référence antérieurs "Combani 1950" et "Cadastre 1997".

Projection associée : UTM Sud fuseau 38

Paramètres de la représentation plane :

	UTM fuseau 38 Sud
Zone d'application	0° à 80° de latitude sud 42° à 48° de longitude est
Latitude origine	0°
Longitude origine ou méridien central de la projection	45° est de Greenwich
E_0	500 000 m
N_0	10 000 000 m
k_0	0.9996 m

Repère de référence Géodésique de Mayotte 2023 (RGM23)

Suite à une crise volcanique au large de Mayotte, des déformations significatives ont été enregistrées entre mai 2018 et janvier 2021 sur l'île, notamment grâce aux stations GNSS permanentes déployées. Des déplacements absolus de plus de 20 cm et des déplacements relatifs supérieurs à 10 cm ont été observés. Les coordonnées RGM04 des réseaux de référence matérialisés déterminées à partir de 2006 ne sont donc plus valides.

A l'automne 2023, le Service de Géodésie et Métrologie de l'IGN a effectué une mission terrain pour mener une campagne de mesures, ajoutant aux mesures GNSS et de nivellement des mesures gravimétriques. Suite à ces mesures, un nouveau réseau géodésique basé sur un nouveau repère de référence géodésique a été mis en place à Mayotte : le RGM23 (Repère de référence Géodésique de Mayotte 2023).

Ce nouveau canevas a été conçu pour matérialiser sur les îles un nouveau repère de référence précis, compatible avec les références mondiales, et tenant compte des mouvements induits par la crise sismique.

Ce réseau comprend 51 points matérialisés déterminées par mesures GPS.

Ce repère de référence est tridimensionnel et géocentrique, et correspond à une réalisation locale du système mondial ITRF2020 (International Terrestrial Reference System 2000).

Repère de référence géodésique équivalent (à un biais de réalisation près) : ITRF2020 (calcul époque 2023.75)

Ellipsoïde associé : IAG GRS80

- $a = 6378137.000$
- $1/f = 298.25722210088$

Il est appelé à remplacer progressivement le repère de référence antérieur "RGM04".

Projection associée : UTM Sud fuseau 38

Paramètres de la représentation plane :

	UTM fuseau 38 Sud
Zone d'application	0° à 80° de latitude sud 42° à 48° de longitude est
Latitude origine	0°
Longitude origine ou méridien central de la projection	45° est de Greenwich
E_0	500 000 m
N_0	10 000 000 m
k_0	0.9996 m

Accès à la référence

Pour accéder à la référence RGM23, l'utilisateur doit considérer les données à sa disposition :

- **coordonnées RGM04 déterminées à partir d'observations antérieures au 1er mai 2018** :

transformation par grille de paramètres (Circé Service Public)

- **coordonnées RGM04 déterminées à partir d'observations effectuées entre le 1er mai 2018 et le 1er janvier 2021** : transformation par modèle de déplacement 3D (PROJ), téléchargeable depuis le site <https://geodesie.ign.fr/>

- **coordonnées RGM04 déterminées à partir d'observations effectuée entre le 1er janvier 2021 et la date de publication du RGM23 (novembre 2024)** : calcul des coordonnées RGM23 à partir des observations GNSS et des coordonnées RGM23 des stations permanentes de Mayotte ; à défaut, application du modèle de déplacement 3D (PROJ) pour ramener les coordonnées RGM04 à la date du 1er mai 2018 (PROJ), puis transformation par grille de paramètres vers le RGM23 (Circé)

IAG GRS 80 (Ellipsoïde associé aux repères de référence géodésiques RGM04 et RGM23)

L'Ellipsoïde IAG GRS 80 est défini par les constantes suivantes (valeur exacte pour a et dérivée pour $1/f$) :

demi grand axe :	$a = 6\,378\,137,0 \text{ m}$
aplatissement :	$f = 1/298.257\,222\,101$

International HAYFORD 1909 (Ellipsoïde associé aux repères de référence géodésiques Combani 1950 et Cadastre 1997)

L'Ellipsoïde international HAYFORD est défini par les constantes suivantes (valeurs de définition) :

demi grand axe :	$a = 6\,378\,388.0 \text{ m}$
aplatissement :	$f = 1/297$

Système d'altitude SHOM 1953

Pour MAYOTTE, l'ancien système altimétrique (valable jusqu'à la crise tellurique qui a frappé l'île entre 2018 et janvier 2021) était défini par :

Nom: SHOM 1953

Type d'altitude : Orthométrie

Repère fondamental : Repère SHOM 1953 scellé sur la jetée Issoufali à Petite-Terre

Pour chaque point du réseau géodésique, les altitudes par rapport au niveau moyen de la mer (MSL : Mean Sea Level) dans le système altimétrique local ont été déterminées selon le cas :

- par des mesures de rattachement en nivellement direct aller-retour au repère de nivellement le plus proche quand il est situé à moins de 1 km. Certains points, situés sur les itinéraires de nivellement, ont été déterminés lors des travaux de densification du réseau de nivellement. La précision obtenue de cette détermination est meilleure que 0,01 m (écart-type).
- par l'utilisation de la grille de conversion altimétrique (points GPS nivelés + modèle de géoïde + translation moyenne de celui-ci au système altimétrique local) estimée à partir des points géodésiques dont la détermination verticale est connue dans les systèmes « RGM04 » (hauteur ellipsoïdale) et « SHOM 1953 » (altitude). L'interpolateur utilisé est de type bilinéaire. La précision obtenue de cette détermination est meilleure que 0,50 m (écart-type).

Type d'altitude

Le type d'altitude choisi pour cette réalisation peut être appelé 'orthométrie'.

Accès à la référence verticale

L'accès aux systèmes de référence altimétrique s'effectue au moyen de deux processus distincts :

- Opération de nivellement à partir du réseau matérialisé.
- Mesures GPS précises de coordonnées tridimensionnelles exprimées en RGM04, puis application de la grille ou surface de conversion altimétrique.

Surface de conversion altimétrique

La conversion des hauteurs ellipsoïdales en altitudes

Le développement rapide de l'utilisation de récepteurs GNSS a suscité de nouveaux besoins en matière de systèmes de référence et de conversions de coordonnées, en particulier dans le domaine de l'altimétrie. Alors qu'en géodésie traditionnelle on sépare les déterminations planimétriques et altimétriques, les méthodes d'acquisition GNSS permettent d'intégrer ces opérations. Il devient dès lors nécessaire de convertir les hauteurs ellipsoïdales h en altitudes orthométriques $H^{(o)}$.

$$H^{(o)} = h - N$$

La grandeur N , appelée ondulation, correspond à la hauteur du géoïde au-dessus de l'ellipsoïde. Elle peut être négative.

Modèle de géoïde utilisé

Le modèle global **EGM96** (Earth Gravity Model 1996) est un « modèle de géoïde » diffusé par la NIMA (National Imagery and Mapping Agency - USA) sous forme d'un fichier (WW15MGH.GRD) disponible sur Internet World Wide Web. Ce fichier donne les valeurs de l'ondulation du géoïde (hauteur du géoïde au-dessus de l'ellipsoïde IAG-GRS 1980), dans la référence WGS-84, au pas de 15'x15' selon un format facilement exploitable. Différentes méthodes d'interpolation peuvent être exploitées, donnant lieu à des résultats pouvant varier de quelques décimètres. Le processus d'interpolation retenu pour ces travaux est l'interpolation bilinéaire.

C'est le modèle global le plus précis mais il ne prend pas suffisamment en compte les irrégularités de longueurs d'ondes inférieures à 200 km.

L'utilisation en particulier de l'altimétrie satellitaire a permis d'affiner ce modèle en y introduisant des informations de longueurs d'ondes inférieures, comprises entre 8 et 200 km environ.

Surface de conversion altimétrique pour Mayotte

EGM96 recalé + points GPS nivelés => calcul de **grille de conversion dite "géométrique"** => **ggm04v1.mnt**

Le modèle global EGM96 recalé a été utilisé comme « modèle de géoïde ou quasi-géoïde » pour définir localement une surface de référence des altitudes dans les zones où les points GPS nivelés font défaut (au large des côtes en particulier).

On a utilisé ce modèle et les points GPS nivelés pour calculer une grille de conversion (géométrique) permettant de déduire l'altitude d'un point à partir de sa hauteur ellipsoïdale mesurée par GPS et exprimée dans le repère RGM04.

Pour chaque point du réseau géodésique diffusé par l'IGN, les altitudes par rapport au niveau moyen de la mer (MSL : Mean Sea Level) dans le système altimétrique local ont été déterminées selon le cas :

- par des mesures de rattachement en nivellement direct aller-retour au repère du réseau de nivellement le plus proche
- par l'utilisation d'un « modèle de géoïde » et d'une translation moyenne estimée à partir des points géodésiques dont la détermination verticale est connue dans le repère « RGM04 » (hauteur ellipsoïdale) et dans le système altimétrique local
- par l'utilisation d'un « modèle de géoïde » ou « surface de conversion altimétrique » pour corriger les différences de hauteurs ellipsoïdales mesurées par GPS à partir d'un repère de nivellement

Système d'altitude IGN 2023 Mayotte

Pour MAYOTTE, le nouveau système altimétrique (valable à partir du 1er janvier 2023, correspondant à la fin de la crise tellurique qui a frappé l'île entre mai 2018 et le janvier 2021) est défini par :

Nom: IGN 2023 Mayotte

Type d'altitude : Orthométrique

Repère fondamental : Repère SHOM N - 402-BIS scellé dans la façade de la première maison à gauche en remontant du môle d'Issouf Ali vers le centre de Dzaoudzi

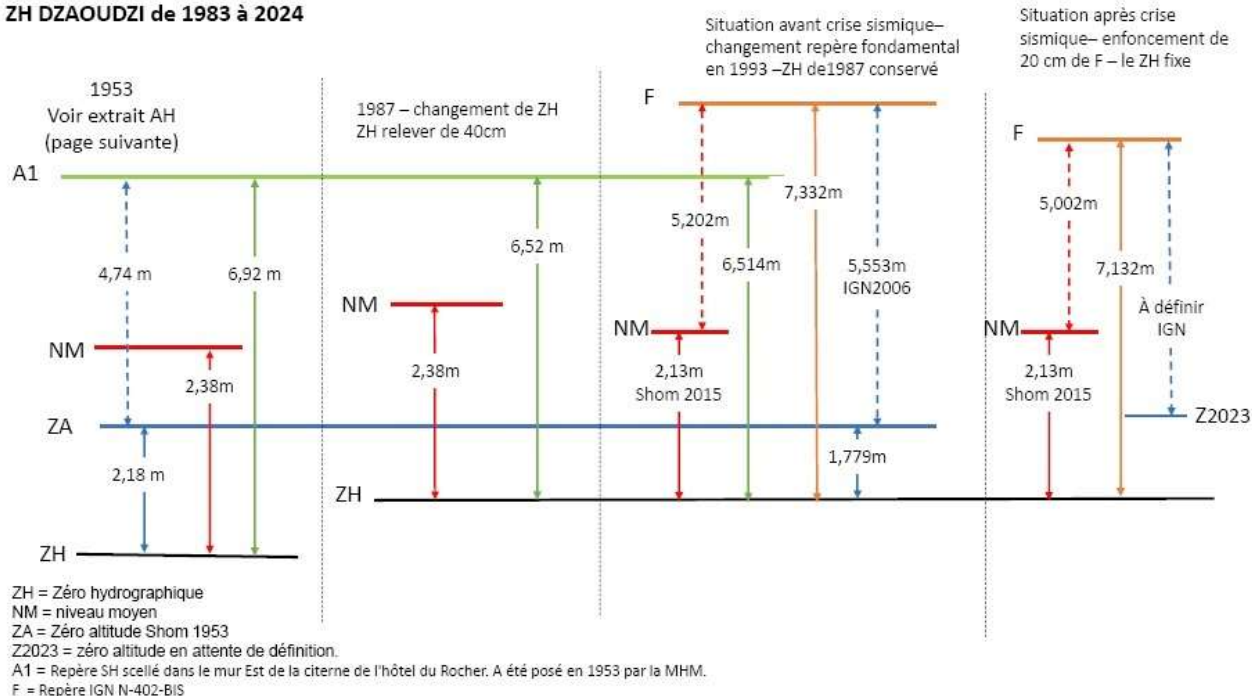
Différences entre "Shom 1953" et "IGN 2023 Mayotte"

Remarque : le service hydrographique et océanographique de la Marine (SHOM) a communiqué à l'IGN la hauteur du repère fondamental N - 402-BIS par rapport au niveau moyen de la mer défini par le SHOM en 2015, désormais mesurée à 5,002 m dans le nouveau système IGN 2023 Mayotte.

Cette nouvelle altitude reflète un changement significatif par rapport à l'ancien système altimétrique SHOM 1953, avec une différence d'environ 55,1 cm, attribuée d'une part à un enfoncement d'environ 19 cm de l'archipel et d'autre part à un changement du zéro hydrographique.

Le graphique suivant montre l'évolution du Zéro Hydrographique à Mayotte entre 1983 et 2024 :

ZH DZAOUDZI de 1983 à 2024



Type d'altitude et processus de calcul

Le type d'altitude choisi pour cette réalisation peut être appelé 'orthométrique' car elle est de la sous-famille des altitudes orthométriques de Helmert.

Les altitudes géométriques, calculées sans prendre en compte la gravimétrie, ont été réalisées à l'aide de RISCA et comp3D. Puis une compensation du réseau a été effectuée avec comp3D de manière itérative en cotes géopotentielle, en utilisant les dénivelées mesurées ainsi que les valeurs de la gravité à marée nulle (issues du modèle mondial EGM2008 recalées sur les valeurs gravimétriques mesurées par l'IGN à l'aide d'une interpolation bilinéaire), afin de

définir des altitudes orthométriques de Helmert du nouveau système IGN 2023 Mayotte.

Pour chaque point du réseau géodésique, les altitudes par rapport au niveau moyen de la mer (MSL : Mean Sea Level) dans le système altimétrique local ont été déterminées selon le cas :

- par des mesures de rattachement en nivellement direct aller-retour au repère de nivellement le plus proche quand il est situé à moins de 1 km. Certains points, situés sur les itinéraires de nivellement, ont été déterminés lors des travaux de densification du réseau de nivellement. La précision obtenue de cette détermination est meilleure que 0,01 m (écart-type).
- par l'utilisation de la nouvelle grille de conversion altimétrique (points GPS nivelés + modèle de géoïde EGM2008) estimée à partir des points géodésiques dont la détermination verticale est connue dans les systèmes « RGM23 » (hauteur ellipsoïdale) et « IGN 2023 Mayotte » (altitude). L'interpolateur utilisé est de type bilinéaire. La précision obtenue de cette détermination est meilleure que 0,05 m (écart-type).

Accès à la nouvelle référence verticale

L'accès aux systèmes de référence altimétrique s'effectue au moyen de deux processus distincts:

- Opération de nivellement à partir du réseau matérialisé.
- Mesures GPS précises de coordonnées tridimensionnelles exprimées en RGM23, puis application de la grille ou surface de conversion altimétrique.

Surface de conversion altimétrique associée à "IGN 2023 Mayotte"

La conversion des hauteurs ellipsoïdales en altitudes

Le développement rapide de l'utilisation de récepteurs GNSS a suscité de nouveaux besoins en matière de systèmes de référence et de conversions de coordonnées, en particulier dans le domaine de l'altimétrie. Alors qu'en géodésie traditionnelle on sépare les déterminations planimétriques et altimétriques, les méthodes d'acquisition GNSS permettent d'intégrer ces opérations. Il devient dès lors nécessaire de convertir les hauteurs ellipsoïdales h en altitudes orthométriques $H^{(0)}$.

$$H^{(0)} = h - N$$

La grandeur N , appelée ondulation, correspond à la hauteur du géoïde au-dessus de l'ellipsoïde. Elle peut être négative.

Modèle de géoïde utilisé

Le modèle global **EGM2008** (Earth Gravity Model 2008) est un « modèle de géoïde » diffusé par la NIMA (National Imagery and Mapping Agency - USA) sous forme d'un fichier (WW15MGH.GRD) disponible sur Internet World Wide Web. Ce fichier donne les valeurs de l'ondulation du géoïde (hauteur du géoïde au-dessus de l'ellipsoïde IAG-GRS 1980), dans la référence WGS-84, au pas de 15'x15' selon un format facilement exploitable. Différentes méthodes d'interpolation peuvent être exploitées, donnant lieu à des résultats pouvant varier de quelques décimètres. Le processus d'interpolation retenu pour ces travaux est l'interpolation bilinéaire.

C'est le modèle global le plus précis mais il ne prend pas suffisamment en compte les irrégularités de longueurs d'ondes inférieures à 200 km.

L'utilisation en particulier de l'altimétrie satellitaire a permis d'affiner ce modèle en y introduisant des informations de longueurs d'ondes inférieures, comprises entre 8 et 200 km environ.

Surface de conversion altimétrique pour Mayotte

EGM2008 recalé + points GPS nivelés => calcul de **grille de conversion dite "géométrique"** => **ggm23v2.mnt**

Le modèle global EGM2008 recalé a été utilisé comme « modèle de géoïde ou quasi-géoïde » pour définir localement une surface de référence des altitudes dans les zones où les points GPS nivelés font défaut (au large des côtes en particulier).

On a utilisé ce modèle et les points GPS nivelés pour calculer une grille de conversion (géométrique) permettant de déduire l'altitude d'un point à partir de sa hauteur ellipsoïdale mesurée par GPS et exprimée dans le repère RGM23.

Pour chaque point du réseau géodésique diffusé par l'IGN, les altitudes par rapport au niveau moyen de la mer (MSL : Mean Sea Level) dans le système altimétrique local ont été déterminées selon le cas :

- par des mesures de rattachement en nivellement direct aller-retour au repère du réseau de nivellement le plus proche
- par l'utilisation d'un « modèle de géoïde » ou « surface de conversion altimétrique » pour corriger les différences de hauteurs ellipsoïdales mesurées par GPS à partir d'un repère de nivellement

Transformations standard

Triangulations locales => RGM04

À partir des éléments de géodésie spatiale de 2003 et des réseaux triangulés existants, il a pu être établi pour Mayotte, des modèles de transformation entre les repères de référence "Combani 1950", "Cadastre 1997" et **RGM04**.

Combani 1950 => RGM04

Paramètres de la Similitude 3D de "Combani 1950" vers RGM04

Translation Tx :	-599.928 [m]
Translation Ty :	-275.552 [m]
Translation Tz :	-195.665 [m]
Rotation sur l'axe X : Rx :	-0.0835 ["]
Rotation sur l'axe Y : Ry :	-0.4715 ["]
Rotation sur l'axe Z : Rz :	+0.0602 ["]
Facteur d'échelle :	49.2814 [ppm]

La précision de ce modèle à l'époque de sa détermination était estimée comme de l'ordre de 30 centimètres.

Cadastre 1997 => RGM04

Paramètres de la Similitude 3D (modèle réduit à 3 paramètres) de "Cadastre 1997" vers RGM04

Translation Tx :	-381.788 [m]
Translation Ty :	-57.501 [m]
Translation Tz :	-256.673 [m]

La précision de ce modèle à l'époque de sa détermination était estimée comme de niveau décimétrique.

Transformation par grille de paramètres

RGM04 <=> RGM23

À partir des éléments de géodésie spatiale de 2003 et des mesures de 2023, il a pu être établi pour Mayotte, un modèle de transformation entre les repères de référence "RGM04" et "RGM23".

Les modèles classiques à trois ou sept paramètres ne suffisant pas à décrire les déplacements subis par Mayotte pendant la crise sismique de 2018-2021, une grille de paramètres de transformation a été calculée.

Attention : cette grille n'est applicable que pour des coordonnées mises en référence dans le RGM04 avant le 1er mai 2018 !

Principe

Le principe du processus de transformation est l'interpolation, dans un semis de points régulièrement répartis, ou "grille", de paramètres tridimensionnels de translation entre systèmes. Ces points constituent la grille de paramètres "RGM04versRGM23" au pas régulier de 0.01° en longitude et latitude.

La grille de paramètres de transformation de coordonnées RGM04 vers RGM93 est fournie sous forme d'un fichier texte (ASCII) selon la configuration suivante :

```
45.0 45.32 -13.02 -12.62 0.01 0.01 1 1 3 1 0. 0. 0. Grille RGM04-RGM23
45.0000 -13.0200 -0.4401 0.3859 0.3926 01
45.0000 -13.0100 -0.4411 0.3883 0.3901 01
45.0000 -13.0000 -0.4421 0.3908 0.3873 01
45.0000 -12.9900 -0.4429 0.3933 0.3845 01
45.0000 -12.9800 -0.4436 0.3956 0.3815 01
...
45.1600 -12.7400 -0.5395 0.4001 0.2846 01
45.1600 -12.7300 -0.5372 0.4009 0.2781 01
45.1600 -12.7200 -0.5349 0.4018 0.2717 01
45.1600 -12.7100 -0.5325 0.4027 0.2654 01
45.1600 -12.7000 -0.5300 0.4036 0.2593 01
45.1600 -12.6900 -0.5274 0.4044 0.2532 01
45.1600 -12.6800 -0.5247 0.4054 0.2473 01
45.1600 -12.6700 -0.5218 0.4062 0.2415 01
...
```

```

45.3200 -12.7000 -0.5848 0.3015 0.2350 01
45.3200 -12.6900 -0.5900 0.3018 0.2242 01
45.3200 -12.6800 -0.5948 0.3021 0.2132 01
45.3200 -12.6700 -0.5989 0.3025 0.2021 01
45.3200 -12.6600 -0.6023 0.3029 0.1911 01
45.3200 -12.6500 -0.6048 0.3035 0.1801 01
45.3200 -12.6400 -0.6062 0.3042 0.1694 01
45.3200 -12.6300 -0.6067 0.3050 0.1592 01
45.3200 -12.6200 -0.6062 0.3060 0.1492 01

```

ENTETE : longitude min.; longitude max.; latitude min.; latitude max.; pas en longitude; pas en latitude (ici les deux pas de grilles sont égaux : 0.01°); 7 codes interprétables par Circé; nom de la grille

Le mode d'interpolation est bilinéaire.

CORPS : 1 enregistrement par nœud de grille:

longitude, latitude, TX, TY,TZ, code de précision

Les paramètres TX, TY,TZ sont les trois paramètres de transformation de coordonnées cartésiennes (translation) de RGM04 vers RGM23.

La grille de paramètres est exprimée en longitude, latitude dans le repère de référence géodésique RGM93, (ellipsoïde IAG-GRS80, méridien international, degrés décimaux). Les valeurs des 3 paramètres de transformation (en mètres) sont données dans le sens RGM04 vers RGM23.

En conséquence, le processus de transformation de coordonnées est dépendant du sens de la transformation. L'interpolation est directe à partir des coordonnées géographiques dans le sens RGM23 vers RGM04. Elle nécessite un premier calcul approché dans le sens RGM04 vers RGM23 à l'aide de la translation initiale suivante :

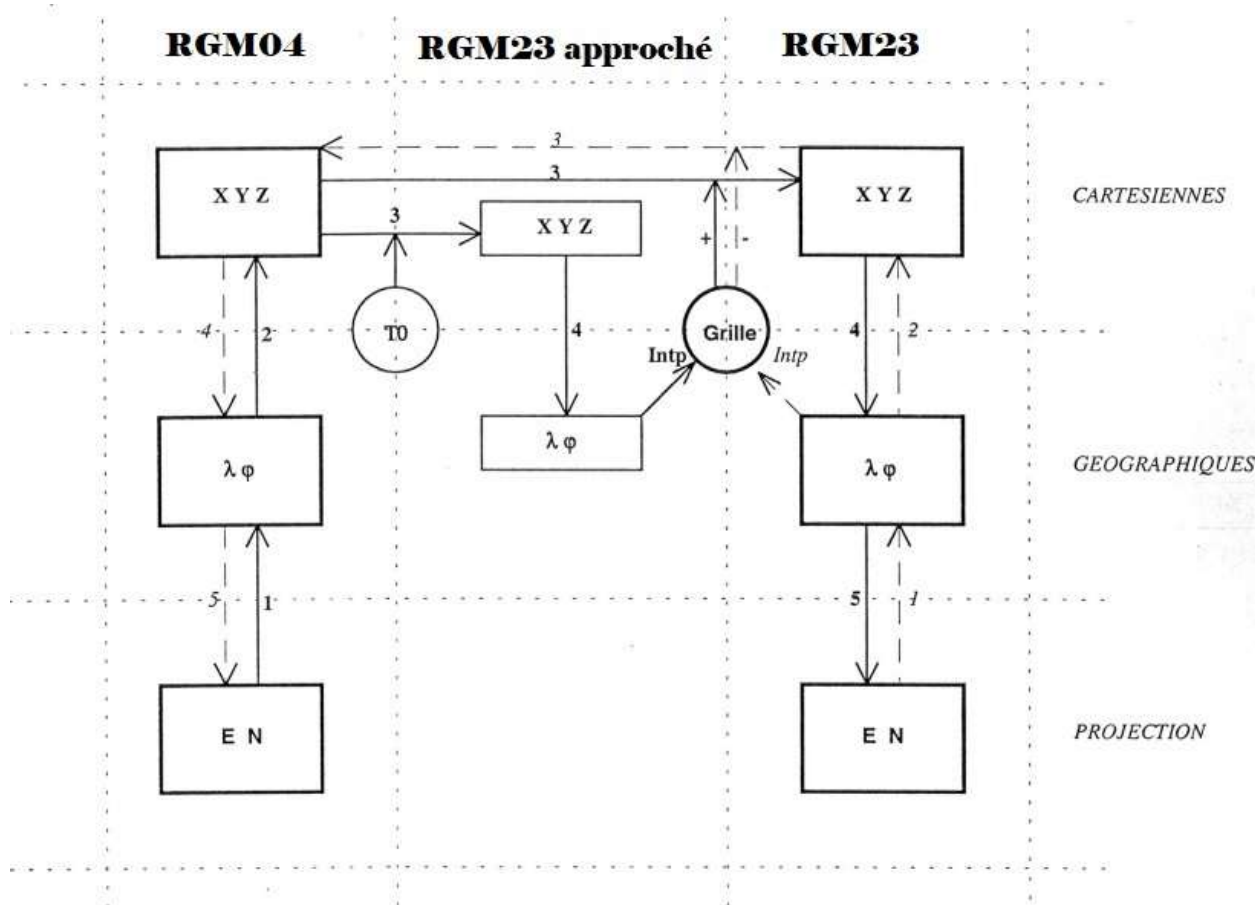
Tx0 = - 0.5377 m

Ty0 = + 0.3946 m

Tz0 = +0.3608 m

Processus

Le processus de transformation de coordonnées utilisant la grille de paramètres correspond au schéma suivant :



Transformation par modèle de déplacement 3D

RGM04 <=> RGM23

Pour des coordonnées déterminées dans le RGM04 entre le 1er mai 2018 et le 1er janvier 2021, un modèle de déplacement 3D doit être utilisé pour la transformation vers RGM23.

Remarque : ce modèle n'est pas utilisé par le logiciel Circé.

Grâce à un travail effectué en collaboration avec l'Institut de Physique du Globe de Paris, une prévision du déplacement 3D en tout point de l'île et à toute date est aujourd'hui également disponible. Cette prévision repose sur un modèle physique de l'évolution du volcan, contraint à l'aide d'observations InSAR et du déplacement de 9 stations GNSS permanentes installées sur l'île. Le modèle a été implémenté dans la librairie de transformation coordonnées PROJ (<https://proj.org/>), rendant son utilisation simplifiée pour un grand nombre d'utilisateurs. Ce

type de modèle permet de transformer, dans le repère de référence RGM23, des coordonnées acquises pendant la crise en tout point de l'île.

Ce modèle est publié sur le site Internet de la géodésie (<https://geodesie.ign.fr>). Les fichiers fournis sont utilisables uniquement avec le logiciel PROJ.

Projection Mercator Transverse Universelle UTM (Universal Transverse Mercator)

La projection cylindrique UTM (Universal Transverse Mercator) couvre le monde entier et est constituée de 60 fuseaux de 6 degrés d'amplitude en longitude.

L'île de Mayotte est sur 1 seul fuseau UTM : fuseau 38 Sud (entre 42 degrés Est et 48 degrés Est de Greenwich)

Paramètres de la représentation plane :

	UTM fuseau 38 Sud
Zone d'application	0° à 80° de latitude sud 42° à 48° de longitude est
Latitude origine	0°
Longitude origine ou méridien central de la projection	45° est de Greenwich
E_0	500 000 m
N_0	10 000 000 m
k_0	0.9996 m