

L'accès à la nouvelle référence géodésique RGM23 de Mayotte

version du 16/12/2024

Historique et perspectives

La succession des réalisations en matière de référence géodésique, inéluctable car motivée par le progrès technologique et l'amélioration de la précision, perturbe généralement le bon échange de l'information géographique sous toutes ses formes, pendant un laps de temps (toujours trop long), durant lequel l'IGN s'efforce de proposer des mesures d'accompagnement du changement. À titre d'exemple, les réalisations métropolitaines précises de 1993-1995 ont été légalisées en 2000 et ont coexisté avec les anciennes jusqu'en 2009.

L'IGN réalise et entretient des réseaux matérialisés (1950, 2004, 2023), et gère en collaboration avec des partenaires publics et privés des stations GNSS permanentes à Mayotte. Il diffuse les coordonnées des points matérialisés au titre du service public. Il met également à disposition sur son site <https://geodesie.ign.fr> les différents algorithmes, paramètres, logiciels qui permettent la transformation des coordonnées dans les meilleures conditions possibles.

La crise sismo-volcanique de Mayotte a engendré des déformations et un déplacement de l'archipel, avec des variations intrinsèques de coordonnées supérieures à 15 cm (et de plus de 20 cm par rapport à un repère mondial de référence tel que l'ITRF2020), principalement sur la période allant du 1^{er} mai 2018 au 1^{er} janvier 2021. Ces déformations ont conduit l'IGN à réaliser des travaux de terrain sur l'archipel de Mayotte entre septembre et décembre 2023, afin de mettre en place un nouveau repère de référence géodésique. Ce repère, nommé RGM23, a été publié à partir d'octobre 2024. Il n'est pas encore la référence légale, les démarches de révision de l'arrêté du 5 mars 2019 portant application du décret n° 2000-1276 du 26 décembre 2000 étant en cours à l'heure actuelle.

Le repère de référence géodésique légal à Mayotte est donc toujours RGM04, mais le RGM23 est le seul qui permette de réaliser actuellement un positionnement centimétrique à l'échelle de l'archipel.

En attendant la publication d'un nouvel arrêté, le SGM a préféré anticiper pour améliorer le service aux utilisateurs en diffusant les coordonnées de l'infrastructure géodésique dans le repère de référence RGM23 à partir de janvier 2025 (en précisant qu'il s'agit de coordonnées utiles et recommandées mais pas encore légales), et de mettre à la disposition du public des outils permettant de gérer transitoirement les transformations entre RGM04 et RGM23 (Circé Service Public v5.4.6) et son complément : le modèle de déformation sur Mayotte pour la crise sismo-volcanique de 2018-2020.

Le nouveau repère de référence RGM23 (réalisation de l'ITRS à Mayotte)

La campagne d'observations géodésiques du réseau mahorais réalisée en 2023 dans les deux îles principales de Mayotte a donné naissance à la **Référence Géodésique de Mayotte 2023 (RGM23)**.

Le repère de référence RGM23 est matérialisé par un réseau rénové de précision centimétrique homogène.

Par construction, le repère de référence RGM23 coïncide avec l'ITRF2020 à l'époque 2023.75 (plus exactement RGM23 est une réalisation de l'ITRS via le repère de référence IGS20 époque 2023.75). Pour l'instant, aucun modèle de vitesse traditionnel n'est applicable, les effets secondaires de la crise étant pour l'heure impossibles à estimer précisément.

Transformation de coordonnées en RGM23

L'utilisateur doit considérer la date t des observations ayant permis la mise en référence RGM04 avant de calculer les coordonnées RGM23 correspondantes :

S'il dispose de coordonnées RGM04 déterminées à partir d'observations antérieures au 1^{er} mai 2018, il doit utiliser Circé Service Public v 5.4.6 (ou plus récente) pour transformer les coordonnées RGM04 en coordonnées RGM23. La transformation fait appel à une grille de paramètres 3D entre les deux repères, garantissant une prise en compte des effets de la crise sismo-volcanique.

S'il dispose de coordonnées RGM04 déterminées à partir d'observations GNSS réalisées à une date t comprise entre le 1^{er} mai 2018 et le 1^{er} janvier 2021¹, la démarche à appliquer par l'utilisateur dépendra de la précision désirée sur les coordonnées transformées et de la façon dont ont été obtenues ces coordonnées :

- a) **Si une précision de 20 cm est suffisante sur chaque composante** : transformer les coordonnées RGM04 avec Circé Service Public v5.4.6 (ou plus récente) dans le RGM23. Notez toutefois qu'en raison de la crise sismo-volcanique et de la déformation associée, les positions relatives entre les points levés et les stations de référence (bases) ont varié avec le temps de 0 cm jusqu'à 20 cm en fin de crise sur la composante nord à l'échelle de l'île de Grande-Terre. A noter que la déformation interne est généralement inférieure à 10 cm pour les composantes est et hauteur. Cependant, la déformation cumulée sur la période complète de la crise est en grande partie accommodée par la transformation RGM04 vers RGM23. Appliquer la transformation sur des coordonnées obtenues en fin de crise reviendrait alors à appliquer deux fois la déformation interne cumulée, ce qui limite l'exactitude de la transformation. Toutefois, lorsqu'un calcul GNSS a été effectué avec plusieurs stations de base, il est probable que le déplacement relatif des stations de base ait atténué partiellement ce biais sans toutefois l'éliminer. Dans tous les cas, l'incertitude des coordonnées transformées doit être revue à la hausse.
- b) **Si une précision centimétrique est nécessaire**, l'utilisation du modèle de déformation mis à disposition par l'IPGP sera pertinente pour modéliser les déplacements (téléchargeable sur la page <https://geodesie.ign.fr/index.php?page=mayottededformation>). La démarche à appliquer dépendra du mode d'acquisition qui a été utilisé pour obtenir les coordonnées à transformer :
 - I. Acquisition GNSS temps réel avec une seule base (RTK) ou calcul en post-traitement à l'aide d'une unique station de base : aucun recalcul GNSS n'est nécessaire, mais il est fondamental de connaître la station de base utilisée. La démarche à appliquer est la suivante :
 - i) L'utilisateur devra appliquer aux coordonnées RGM04 à transformer une correction correspondant au déplacement calculé avec le modèle de déformation à la station de base entre le 1^{er} mai 2018 et la date t pour obtenir des coordonnées RGM04 à la date t .
 - ii) Les coordonnées RGM04 obtenues à la date t devront être ensuite transformées au 1^{er} mai 2018 (2018.331) à l'aide du modèle de déformation.
 - iii) Enfin, la transformation RGM04 vers RGM23 devra être appliquée avec Circé Service Public v5.4.6 (ou plus récente).

¹ À compter de cette date, on ne mesure plus de déformations significatives à Mayotte

- II. Calcul en post-traitement à partir de plusieurs stations de base : un recalcul des données GNSS sera nécessaire.
- 1) Si ces bases disposent de coordonnées en RGM23,
 - i) Calculez les coordonnées de ces stations de base en RGM23 à la date t à l'aide du modèle de déformation.
 - ii) Recalculez les données avec un logiciel de post-traitement à l'aide de ces nouvelles coordonnées pour les stations de base. Les coordonnées obtenues seront exprimées en RGM23 à la date t .
 - iii) A l'aide du modèle de déformation, propagez ensuite les coordonnées obtenues à la date 2023.75.
 - 2) Si ces bases disposent de coordonnées en RGM04 uniquement,
 - i) Calculez les coordonnées de ces stations de base en RGM23 à l'aide de la transformation RGM04 vers RGM23 implémentée dans Circé Service Public v5.4.6 (ou plus récente).
 - ii) Appliquez la démarche proposée en II.1)
- III. Acquisition GNSS temps réel avec plusieurs bases (N-RTK) [Attention, l'utilisation d'un service réseau GNSS (exemple : Teria) avec un point de montage RTK ramène l'utilisateur au point I ci-dessus] :
- Si les données brutes GNSS ont été stockées, un recalcul des données GNSS est recommandé, voir II ci-dessus.
- Sinon, la démarche proposée en a) est la seule applicable et une précision centimétrique ne sera pas garantie.

S'il dispose de coordonnées RGM04 déterminées à partir d'observations GNSS après le 1^{er} janvier 2021²,

les déformations postérieures au 1^{er} janvier 2021 sont faibles (inférieures à 1 cm). Le nouveau référentiel RGM23 est donc fidèle à la géométrie du territoire. Il est recommandé à l'utilisateur de redéterminer ses coordonnées en RGM23 s'il dispose des données brutes GNSS (voir paragraphe suivant). Le protocole défini à la section précédente reste toutefois valable pour transformer des coordonnées RGM04 en RGM23 si l'utilisateur ne dispose pas de données brutes GNSS.

S'il dispose d'observations GNSS brutes postérieures au 1^{er} janvier 2021³, l'utilisateur doit recalculer directement ses coordonnées en RGM23 avec un logiciel de post-traitement GNSS, en s'appuyant sur les coordonnées RGM23 des stations du RGP (disponibles à partir de janvier 2025) ou sur les coordonnées RGM23 des points du réseau géodésique matérialisés (publiées à partir de janvier 2025), selon la méthode utilisée sur le terrain.

² À compter de cette date, on ne mesure plus de déformations significatives à Mayotte

³ À compter de cette date, on ne mesure plus de déformations significatives à Mayotte

S'il dispose de coordonnées RGM04 déterminées à l'aide d'une station totale à une date t postérieure au 1^{er} mai 2018

Dans ce cas, le référencement sera lié aux coordonnées des points du canevas utilisés sur le chantier. Les mesures topométriques se faisant souvent sur des chantiers de petite taille, la déformation interne est alors considérée négligeable. On distingue les deux cas suivants :

- a) si les coordonnées des points du canevas sont des coordonnées RGM04 déterminées avant le 1^{er} mai 2018, convertissez les coordonnées RGM04 des points levés à l'aide de la transformation RGM04 vers RGM23 implémentée dans Circé Service Public v5.4.6 (ou plus récente).
- b) si les coordonnées des points du canevas ont été levées sur le terrain par méthode GNSS en RGM04, calculez les coordonnées RGM23 des points du canevas en suivant les indications du paragraphe dédié aux mesures GNSS. Calculez la différence moyenne entre les coordonnées RGM23 et RGM04 sur les points du canevas (coordonnées RGM23 moins coordonnées RGM04) pour chacune des 3 coordonnées. Appliquez cette correction aux coordonnées RGM04 levées à l'aide de la station totale.

Outils de transformations de coordonnées

Pour garantir la rétrocompatibilité pour l'utilisateur, le Service de Géodésie et Métrologie a mis en place plusieurs outils pour transformer des coordonnées RGM04 en RGM23 et vice-versa. Ces outils sont accessibles depuis la page <https://geodesie.ign.fr/index.php?page=documentation#titre3>.

- L'IGN diffuse depuis le 22 octobre 2024 **la version 5.4.6 de Circé Service Public**, où le RGM23 a été ajouté dans la zone Mayotte. Il ne doit être utilisé pour des transformations entre RGM04 et RGM23 que si la mise en référence RGM04 a été faite en respectant les recommandations ci-dessus.

- L'IGN propose au téléchargement **une grille de paramètre de transformation (trois translations s'appliquant aux coordonnées géocentriques) entre les repères RGM04 et RGM23**. C'est la grille utilisée dans Circé Service Public v5.4.6.

- L'IGN diffuse également **un modèle de déformation pour la crise sismo-volcanique de 2018-2020**. Ce modèle de déformation a été développé par l'IPGP, et permet d'estimer en tout point de Mayotte et entre deux dates les variations de coordonnées liées à la crise. Pour en permettre une utilisation simplifiée, ce modèle a été implémenté dans la librairie de transformation de coordonnées *proj* (logiciel libre). Il n'est pas implémenté dans Circé Service Public.