



Service de Géodésie et Nivellement

Document Technique

RT/G 7

n° archive 26580

date de création 01/10/1981

n° de version 1

Claude Boucher

Définition des systèmes géodésiques

Utilisés en France

NTF – ED50 – WGS72

mots-clé

NTF, ED50, WGS72, ellipsoïdes, unités, projections

résumé

Ce document présente les paramètres et les utilisations des systèmes géodésiques utilisés en France au début des années 1980.

**Définition des systèmes géodésiques
utilisés en France
NTF – ED50 – WGS72**

sommaire

1. Définition et utilisation des systèmes géodésiques mentionnés.....	4
11. LA NOUVELLE TRIANGULATION DE LA FRANCE (NTF)	4
12. LE SYSTEME EUROPE 1950 (ED50)	5
13. LE SYSTEME WORLD GEODETIC SYSTEM 1972 (WGS72)	7
2. Transformations entre les systèmes	8
21. MODELE ADOPTE	8
22. FORMULES DE TRANSFORMATION	8
23. EXEMPLE NUMERIQUE.....	9
24. SPECIFICATIONS SUR L'EXACTITUDE.....	9

**Définition des systèmes géodésiques
utilisés en France
NTF – ED50 – WGS72**

La Géodésie, la Cartographie, la Navigation ont besoin de coordonnées, c'est-à-dire, doivent attribuer à la position de certains objets dans l'espace un ensemble de valeurs numériques qui identifient sans ambiguïté celle-ci. Pour ce faire, il est nécessaire de définir un système de référence dans l'espace. En ce qui concerne la France et ses environs immédiats, un certain nombre de systèmes de référence sont utilisés, selon le type d'application.

Le présent document expose, d'une part, la définition de ces différents systèmes et d'autre part, définit les formules de transformation entre ces différents systèmes.

Dans ce document, trois systèmes sont considérés :

- la Nouvelle Triangulation de la France (NTF)
- le système Europe 50 (ED 50)
- le système World Geodetic System 1972 (WGS 72)

1. Définition et utilisation des systèmes géodésiques mentionnés

11. La Nouvelle triangulation de la France (NTF)

C'est le système géodésique national défini par le Service Géographique de l'Armée à partir de 1870 et repris par l'IGN à sa création. Il est caractérisé par les éléments techniques suivants :

Point fondamental : Panthéon

Ellipsoïde : Clarke 1880 SGA/IGN

Méridien origine : Paris

Unité d'angle : Coordonnées géographiques en grades

Projections utilisées (depuis 1922) : Lambert I, II, III et IV, Lambert II étendu pour certains travaux

Réseau : 58.000 sites géodésiques (en excluant le 5^{ème} ordre, chaque site ayant plusieurs repères). Ce réseau, commencé en 1870, doit s'achever prochainement. Il couvre la France continentale et la Corse.

● Utilisation

- Publication, pour tous les utilisateurs, des coordonnées de ces points, avec description, sous forme de fiches signalétiques, d'abord sur support papier, puis, depuis 1978, sur microfiches.
- Ce système géodésique, conjointement avec l'emploi de la projection Lambert, est imposé pour tous les levés entrepris par les services publics.

● Positionnement dans le système NTF

Nous distinguerons 3 cas :

● NTF-1 – Etablissement des coordonnées NTF d'un point géodésique du réseau IGN

Ce travail est effectué par le SGNM au fur et à mesure des campagnes d'observation sur le terrain. Il s'agit donc d'une méthode de compensation par contraintes sur les réseaux d'ordre inférieur. Cette méthode a l'avantage de fournir des coordonnées au fur et à mesure des travaux, commencés comme nous l'avons dit depuis 1870 mais ne fournit pas la solution la meilleure en ce qui concerne la précision. Seule, une compensation de l'ensemble des données d'observation recueillies depuis 1870 peut fournir des coordonnées avec une précision optimale par rapport aux travaux réalisés. Ce projet est d'ailleurs en cours d'étude au SGNM.

- *NTF-2 – Détermination des coordonnées d'un point par méthode terrestre de triangulation ou polygonation*

Ce procédé classique fournit des coordonnées dans le système NTF dans la mesure où un certain nombre de points du réseau IGN ont été utilisés. C'est le procédé traditionnel suivi lors des travaux topométriques ou cadastraux, ainsi que par les levés de stéréopréparation effectués par l'IGN pour l'établissement de la carte topographique de France.

- *NTF-3 – Positionnement dans le système NTF par une autre technique telle que la radiolocalisation ou la géodésie spatiale*

Dans ce cas, la méthode porte en soi son propre système de référence qui n'est généralement pas le système NTF. Il faut alors transformer les coordonnées des points positionnés dans ce système en coordonnées NTF, ce qui suppose l'utilisation d'une certaine formule.

12. Le système Europe 1950 (ED50)

En 1950, et dans des buts principalement militaires, les USA ont réalisé une compensation d'ensemble de chaînes de triangulation couvrant l'Europe. Ce travail a été réalisé par l'Army Map Service (AMS), devenu maintenant la Défense Mapping Agency (DMA). Ce travail a défini un système de référence dit Europe 50 (ED 50), avec les caractéristiques suivantes :

Point fondamental : Potsdam

Ellipsoïde : International 1924 (Hayford 1909)

Méridien origine : Greenwich

Unité d'angle : Coordonnées géographiques en degrés, minutes et secondes

Projection utilisée : UTM

Réseau : il n'y a pas de réseau propre à ce système, dans la mesure où celui-ci est essentiellement une recompensation de blocs de triangulation existants. On se reportera à la suite pour plus de détails.

● Utilisation

- Système géodésique de référence pour les travaux géographiques militaires dans le cadre de l'OTAN.
- Divers besoins civils comme système géodésique européen unifié permettant des activités supranationales : délimitation d'eaux territoriales, positionnement de systèmes de radiolocalisation à l'échelle européenne...

● Positionnement dans le système ED50

La situation est ici légèrement plus complexe que dans le cas de la Nouvelle Triangulation de la France, étant donné que ce système a une couverture européenne, et donc que différentes méthodes ont été adaptées au sein de chacun des pays. Nous retiendrons donc :

● ED-1 – Coordonnées des stations participant dans la compensation 1950

L'ensemble du réseau, constitué, comme nous l'avons dit, de chaînes de premier ordre couvrant l'Europe, a été compensé par l'AMS. L'ensemble des coordonnées de ces points constitue donc un premier jeu. En ce qui concerne la France, environ 300 points sont conservés (chaînes de premier ordre).

● ED-2 – Densification à l'ensemble des points géodésiques pour chacun des pays

Cette densification a été réalisée dans chacun des pays par des techniques parfois très différentes. Nous ne retiendrons ici que le cas de la France, où l'on distingue les phases suivantes :

1950-1954 : adaptations successives des points de l'ancienne triangulation et de la Nouvelle Triangulation à l'Europe 50 par des formules empiriques.

1956 : adoption d'un ensemble de 18 formules de transformation couvrant le territoire français (polynômes conformes du 3^{ème} degré transformant les coordonnées Lambert en UTM).

Après 1956 : adoption d'un procédé normalisé pour fournir la documentation à la Section Géographique Militaire, à savoir, la surcharge des fiches signalétiques modèle 1954.

● ED-3 – Détermination de coordonnées d'un point par méthode terrestre

Remarque semblable au paragraphe précédent (NTF-2), en s'appuyant sur la documentation précédente.

● ED-4 – Positionnement dans le système ED50 par une autre technique, telle que la radiolocalisation ou la géodésie spatiale

Même remarque qu'en NTF-3.

13. Le système World Geodetic System 1972 (WGS72)

Le système WGS72 est le troisième des systèmes géodésiques de référence mondiaux définis par le Département de la Défense des Etats-Unis d'Amérique, à la suite du WGS60 et du WGS66.

Ellipsoïde : WGS72

Méridien origine : Greenwich

Réseau : il n'y a pas de réseau à proprement parler, le système résultant d'un traitement global de données de géodésie spatiale, complété par des données gravimétriques et astro-géodésiques. Néanmoins, on peut considérer l'ensemble des stations de poursuite de base, soit une centaine environ, comme un réseau mondial associé à WGS72.

● Utilisation

- Système géodésique mondial de référence pour les travaux géographiques du Département de la Défense américain. Celui-ci souhaite également voir adopter WGS72 par l'OTAN, d'une façon progressive.
- Système associé à un certain nombre de systèmes de positionnement à base spatiale, tels que les systèmes de navigation par satellites Transit, et prochainement NAVSTAR GPS.

● Positionnement dans le système WGS72

Nous distinguons trois cas :

● WGS-1 – Coordonnées des stations de base

Il faut tout de suite mentionner que ces coordonnées sont classifiées au niveau du DoD américain.

● WGS-2 – Positionnement par un système utilisant directement WGS 72

C'est le cas par exemple du nouveau système de navigation américain NAVSTAR GPS.

● WGS-3 – Positionnement à partir d'une technique travaillant dans un autre système

Dans ce cas, il faut appliquer une formule de transformation entre ce système et WGS 72. C'est le cas par exemple lorsqu'on fait un positionnement par la méthode Doppler sur le satellite Transit ou bien la transformation de données dans un réseau géodésique classique.

2. Transformations entre les systèmes

21. Modèle adopté

Le modèle général adopté pour la transformation entre 2 systèmes géodésiques est une similitude euclidienne à 3 dimensions, c'est-à-dire une formule pouvant admettre 7 paramètres (3 translations, 3 rotations et un facteur d'échelle).

Etant donné que les différents systèmes présentent des distorsions systématiques relatives de plusieurs mètres, et que l'analyse n'a pas mis en évidence d'erreurs d'échelle et d'orientation d'une façon significative plus importante, il a été décidé d'adopter comme modèle général un modèle à 3 paramètres, c'est-à-dire à 3 translations.

22. Formules de transformation

Les formules de transformation pour aller d'un système 1 à un système 2 peuvent être exprimées soit en coordonnées tridimensionnelles cartésiennes, soit en coordonnées géographiques (formule de Molodensky) Le passage du système 1 au système 2 dépend de 5 paramètres numériques DX, DY, DZ, Da, Df, en reprenant les notations de la Note Technique NT/G N° 8. Les valeurs numériques à utiliser sont résumées dans le tableau ci-contre.

1	2	DX m	DY m	DZ m	Da m	Df x 10*
NTF	ED 50	- 84	37	437	138.800	- 40.5461
NTF	WGS 72	- 168	- 72	314	- 114.200	- 54.7700
ED 50	WGS 72	- 84	- 109	- 123	- 253.000	- 14.2239
ED 50	NTF	84	- 37	- 437	- 138.800	40.5461
WGS 72	NTF	168	72	- 314	114.200	54.7700
WGS 72	ED 50	84	109	123	253.000	14.2239

23. Exemple numérique

Les coordonnées ci-dessous représentent, à partir de valeurs initiales nominales, les valeurs transformées à partir des formules recommandées. Le modèle mathématique utilisé dans ce cas est le modèle cartésien tridimensionnel, avec une cohérence numérique meilleure que 1 millimètre.

● ***NTF / Clarke 1880 IGN / coordonnées géographiques grades Paris***

$\lambda = -7$ grades $\varphi = 45$ grades $h = 0$ mètres

● ***NTF / X Y Z***

$X = 4\,845\,420,242$ mètres $Y = -335\,661,122$ mètres $Z = 4\,120\,074,843$ mètres

● ***NTF / Clarke 1880 IGN / coordonnées géographiques degrés, minutes, secondes Greenwich***

$\lambda = -3^{\circ}57'45''975$ $\varphi = 40^{\circ}30'$ $h = 0$ mètres

● ***ED 50 / International / coordonnées géographiques en degrés, minutes, secondes Greenwich***

$\lambda = -3^{\circ}57'44''65396$ $\varphi = 40^{\circ}30'4''32952$ $h = -29,324$ mètres

● ***WGS 72 / WGS72 / coordonnées géographiques en degrés, minutes, secondes Greenwich***

$\lambda = -3^{\circ}57'49''51849$ $\varphi = 40^{\circ}29'59''97251$ $h = 47,250$ mètres

24. Spécifications sur l'exactitude

L'erreur introduite par les formules de transformation, consistant en la différence par rapport à l'application d'autres méthodes de transformation, vérifie les spécifications suivantes :

1) Pour le passage entre ED50 et NTF, on peut admettre que l'erreur est de 1 mètre à 1 et que l'erreur différentielle entre 2 points est de $10^{-5} D$, où D est la distance en mètres entre ces deux points.

2) En ce qui concerne la transformation entre ED 50 et WGS 72, elle est fondée sur une comparaison de points Doppler, et l'utilisation de la formule de transformation entre les systèmes Doppler et WGS 72 pour laquelle des informations précises ne sont pas disponibles. Nous suggérons néanmoins 2 mètres à 1σ comme ordre de grandeur de cette erreur.

3) Evidemment, l'application de ces formules introduit une erreur qui doit être ajoutée à l'erreur propre sur les coordonnées du point initial.