

La Nouvelle Triangulation Tunisienne - NTT- Arrêté du 10 février 2009

Par

Abdelmajid BEN HADJ SALEM & Kamel NAOUALI
Office de la Topographie et de la Cartographie

**Communication Présentée au Symposium Scientifique – 2009-
" Les Immeubles en Co-propriété "**

**The New Tunisian Triangulation -NTT- : The Decree of 10 February 2009
Communication Presented at the Scientific Symposium
on " Buildings in Co-ownership"
Tunis, 28-29 April 2009**

Résumé :

Dans cet article, on détaille l'arrêté du 10 février 2009 qui définit la Nouvelle Triangulation Tunisienne-NTT- constituée par les trois fondements de base des travaux topographiques, cartographiques et géodésiques à savoir:

- Le système géodésique terrestre officiel de la Tunisie.
- La nouvelle représentation cartographique plane.
- Le réseau de nivellement général de précision.

Quelques éléments historiques sont donnés pour expliquer la nécessité et l'intérêt de cet arrêté.

Abstract :

In this article, we detail the decree of February 10, 2009 which defines the New Tunisian Triangulation -NTT- consisting of the three basic foundations of topographic, cartographic and geodetic work, namely:

- The official terrestrial geodetic system of Tunisia.
- The new cartographic mapping representation.
- The general precision leveling network.

Some historical elements are given to explain the necessity and the interest of this order.

*A toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de la Nouvelle
Triangulation Tunisienne de l'OTC et d'ailleurs.*

1. Introduction

Parmi les missions de l'Office de la Topographie et de la Cartographie telles qu'elles sont définies par la loi de sa création n° 74-100 du 25 décembre 1974, il est chargé d'exécuter les travaux nécessaires pour assurer sur le territoire national, l'implantation et la conservation d'un réseau géodésique et d'un réseau de nivellement de précision...etc.

Dans ce cadre, l'arrêté du 10 février 2009, définit le nouveau système géodésique tunisien avec les deux composantes planimétrique et altimétrique ainsi le changement de la représentation planimétrique connue sous l'appellation projection cartographique.

L'objet de cette communication est d'apporter des éclaircissements sur le sujet.

2. Définition de la Géodésie

2.1. Rappels de Géodésie

2.1.1. Définitions

Le grand géodésien Allemand F.R. Helmert (1880) définissait la géodésie comme suit " la Géodésie est la science de la mesure et de la représentation de la surface terrestre".

Une définition contemporaine de la géodésie est donnée par le Comité Associé Canadien de Géodésie et de Géophysique (1973) à savoir :

" la Géodésie est la discipline qui concerne la mesure des dimensions et la représentation de la Terre, incluant son champ de gravité, dans un espace tridimensionnel variant avec le temps."

La géodésie a donc deux aspects :

- l'un théorique: concernant la détermination des dimensions de la terre et la modélisation de son champ de gravité,
- l'aspect pratique: concerne l'établissement et la maintenance des réseaux géodésiques tridimensionnels nationaux et globaux, constitués de points matérialisés avec de coordonnées connues.

Les coordonnées des points géodésiques se réfèrent par rapport à un référentiel ou système géodésique donné.

3. Les Différents Systèmes Géodésiques en Tunisie

3.1 Le Système Voirol (1875):

- Le point fondamental: le point Voirol à Alger.
- L'ellipsoïde de référence : ellipsoïde de Clarke français 1880.

Certains dossiers anciens se réfèrent à ce système.

3.2. Le Système Carthage34 (1934)

- Le point fondamental: le point Carthage.
- L'ellipsoïde de référence: ellipsoïde de Clarke français 1880.

Le système Carthage34 présente les inconvénients suivants:

- Insuffisance d'azimuts.
- Insuffisance de bases.
- Calculs hétérogènes.

4. Pourquoi Un Nouveau Système Géodésique?

Suite à la publication du décret-loi relatif à l'immatriculation foncière obligatoire en 1964 et à la promulgation du Code des droits réels en 1965 d'une part, et le début de la mission cartographique du Service Topographique Tunisien d'autre part, il était impératif de mettre en place les infrastructures nécessaires pour réaliser les travaux de cartographie et de topographie dans un nouveau système géodésique national basé sur une nouvelle géodésie.

A cet effet, un premier diagnostic a été effectué en 1969 sur l'état de la géodésie tunisienne.

L'analyse de l'état de ces réseaux a montré des insuffisances aux niveaux de la qualité de l'échelle et de l'orientation.

Ainsi, le réseau géodésique existant n'était plus un support pour une cartographie précise à grande échelle et à fortiori pour les travaux du cadastre.

D'où la nécessité de reprendre des travaux géodésiques pour revaloriser les réseaux géodésiques tunisiens.

C'était à partir de 1978, que commençaient les travaux de revalorisation des réseaux géodésiques tunisiens pour:

- abolir définitivement l'utilisation des différents systèmes géodésiques de types " isolés et fuseaux " en usage depuis plus d'un siècle,

- créer un référentiel géodésique terrestre unique pour la Tunisie,

- mettre en place une nouvelle représentation plane qui convient le mieux pour la Tunisie à savoir l'UTM.

4.1 Les Travaux de la Revalorisation de la Géodésie Tunisienne

Ces travaux comprenaient essentiellement:

- * la construction de nouveaux points géodésiques sur les sites des points disparus,
- * la réfection des anciens points conservés,
- * la densification du réseau par de nouveaux points,
- * les mesures de 8 points de Laplace (latitude, longitude et azimut astronomiques) et de 24 distances,
- * un calcul d'ensemble des observations terrestres,
- * la détermination des coordonnées Doppler de cinq points géodésiques.

4.2 Les Résultats des Travaux de la Revalorisation de la Géodésie Tunisienne

A l'issue des travaux de calculs en 1984, on a obtenu un nouveau système géodésique – dit système géodésique Calcul84 – matérialisé par le nouveau réseau géodésique appelé le Réseau Primordial Terrestre Tunisien constitué de 312 points géodésiques.

4.2.1. Le Système Géodésique Calcul84

Les caractéristiques du système:

- Ellipsoïde de référence Clarke 1880 français.
- Les nouvelles observations angulaires + les anciennes observations angulaires pour les anciens points conservés (avant 1978).
- Mesures de 8 points de Laplace (latitude, longitude et azimut astronomiques) et de 24 distances dans 8 triangles.
- Fixation de 5 points anciens (observés par Doppler) avec un écart-type de 0.50 m.
- Compensation globale par la méthode des moindres carrés (312 points).

Le décalage entre Calcul84 et Cathage34

Il est sous la forme d'une rotation dont le centre est situé dans la région de Kasserine, et d'un angle de 25 dmgr dans le sens des gisements.

Ce phénomène a été observé dans la plupart des pays qui ont changé de système géodésique.

Ces décalages ont été jugés inacceptables pour le patrimoine national en matière de cadastre. Résultat: Ce système n'a pas été appliqué

D'où l'idée de la reprise des calculs des observations.

4.2.2. Le Système Géodésique Carthage86

En réexploitant les observations de Carthage84, un nouveau calcul a été effectué en 1986 créant ainsi un nouveau système dit Carthage86.

Les caractéristiques du système Carthage86:

- Ellipsoïde de référence Clarke 1880 français.

- Nouvelles observations angulaires + les anciennes observations angulaires pour les anciens points conservés (avant 1978).
- Calculs en 3 blocs en s'appuyant sur les points anciens conservés.

Les différences entre les coordonnées issues du système Carthage86 et celles de Carthage34 sont de l'ordre du mètre.

5. La Mise à niveau de la Géodésie Tunisienne

En 2001, l'OTC a entrepris un programme de mise à niveau de la géodésie Tunisienne.

Cette mise à niveau comprenait:

- 1. l'unification des systèmes géodésiques terrestres,
- 2. la création d'un réseau de base à référentielle spatiale,
- 3. la détermination d'un géoïde précis pour la Tunisie,
- 4. la mise en place d'une nouvelle représentation cartographique pour la Tunisie.

L'objectif de cette mise à niveau est d'unifier les différents systèmes en un seul référentiel géodésique terrestre homogène et précis, qui permettra d'une part la densification du réseau et l'exploitation des nouvelles techniques spatiales de positionnement dans les meilleures conditions et d'autre part de lever et de rétablir les limites bornées sans se référer obligatoirement aux titres riverains.

Les impératifs de la mise à niveau étant:

- **La non altération des formes et des surfaces des parcelles.**
- **La préservation des orientations des directions dans la limite des tolérances requises.**

Une commission technique a été créée en décembre 2001 pour la mise en œuvre de cette mise à niveau.

La réalisation de cette mise à niveau a commencé par l'établissement du Réseau Géodésique GPS Tunisien d'Ordre Zéro constitué de 28 points répartis sur tout le territoire.

A partir de ce réseau, la désorientation du système Carthage34 a été vérifiée.

Disposant d'un logiciel de calculs géodésiques, la commission a procédé à un nouveau calcul des observations.

5.1. Comparaisons des coordonnées du système Carthage34 et du nouveau calcul

La comparaison des coordonnées Lambert Nord Tunisie de 48 points dans les deux systèmes a permis de modéliser le décalage entre le système Carthage34 et le nouveau calcul par une transformation mathématique conforme du type :

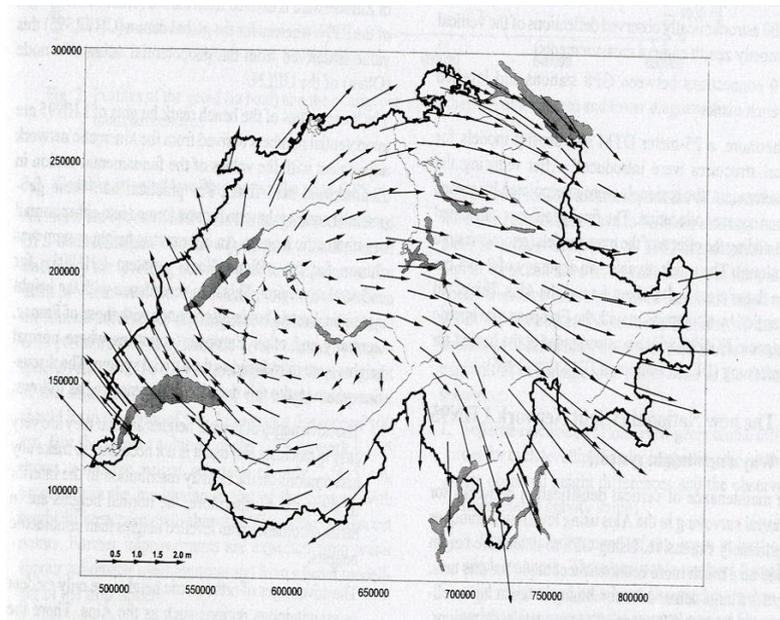
$$Z - z_0 = (z - z_0)e^{it}$$

avec :

- « z_0 » le centre de la rotation : point fictif près du point géodésique Gassaat Ej Jahfa, situé dans la région de Kasserine,
- « t » l'angle de rotation = -27 dmgr.

Ce phénomène a été observé dans la plupart des pays qui ont changé de système géodésique. Voici ci-dessous un exemple de la Suisse où on montre les décalages entre le système ancien (LV03) et le nouveau (LV95) (Extrait du rapport de la Suisse présenté

au Symposium de la Commission EUREF, Sofia, 4-7 juin 1997. Publication de l'Académie Bavaoise de Géodésie, 1997)



5.2. Les Conclusions de la Commission Technique

Après études et tests des coordonnées issues du nouveau calcul, la Commission technique a abouti aux résultats suivants:

- Le système obtenu par le nouveau calcul laisse invariant les formes, les directions et les surfaces dans les tolérances requises.
- L'homogénéité de ce système géodésique offre :
 - * un meilleur passage au système spatial WGS84,
 - * une parfaite intégration des futurs travaux géodésiques et topométriques dans le référentiel spatial.

La Commission technique a proposé d'adopter ce nouveau calcul le nouveau système géodésique terrestre tunisien appelé NTT (**N**ouvelle **T**riangulation **T**unisienne).

6. L'Arrêté du 10 Février 2009

L'arrêté du ministre de la Défense nationale du **10 février 2009**, paru dans le Journal Officiel de la République Tunisienne **n° 14 du 17 février 2009**, fixe:

1. Le système national de référence unifié de la géodésie.
2. Le système national de référence de la projection cartographique.
3. Le système national de référence du nivellement.

6.1. Le système national de référence unifié de la géodésie

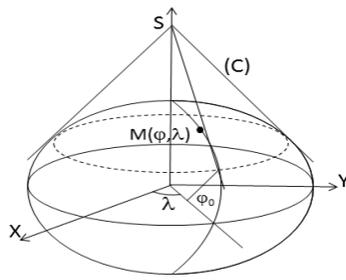
Il est défini par :

- le système national géodésique des coordonnées géographiques appelé - la **Nouvelle Triangulation Tunisienne - (NTT)**.

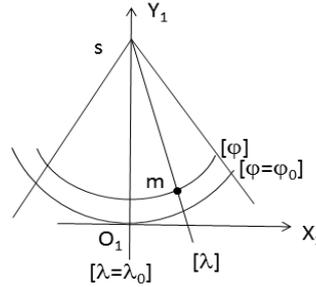
- l'ellipsoïde associé: c'est l'ellipsoïde de Clarke 1880 français ($a= 6378249.20$ m, $b= 6356515.00$ m).

6.2. Le système national de référence de la projection cartographique

En pratique, on travaille sur le plan à l'aide des représentations planes ou « projections »:



$M(\varphi, \lambda)$
Sur l'ellipsoïde



$m(X, Y)$
sur le plan $X_1 Y_1$

$$\begin{cases} X = X(\varphi, \lambda) \\ Y = Y(\varphi, \lambda) \end{cases}$$

La représentation plane officielle de la Tunisie avant la parution de l'arrêté du 10 février 2009, était la représentation **Lambert tangente**.

Vu la forme du territoire tunisien et pour réduire les altérations des longueurs, il a été adopté deux représentations:

- le Lambert Nord Tunisie,
- le Lambert Sud Tunisie.

Le Lambert Nord Tunisie

- Ellipsoïde de Clarke F. 1880,
- Méridien origine: 11gr à l'Est de Greenwich,
- Parallèle origine : 40 gr Nord,
- Facteur d'échelle: $k = 0.999625544$,
- Constante en X: 500000.00 m,
- Constante en Y: 300000.00 m.

Le Lambert Sud Tunisie

- Ellipsoïde de Clarke F. 1880,
- Méridien origine: 11gr à l'Est de Greenwich,
- Parallèle origine : 40 gr Nord,
- Facteur d'échelle: $k = 0.999625544$,
- Constante en X: 500000.00 m,
- Constante en Y: 300000.00 m.

Le système national actuel de référence de la représentation plane cartographique est défini par la représentation plane ou « projection » **Universal Transverse Mercator (UTM), fuseau 32 Nord**.

Définition de la représentation plane cartographique UTM:

C'est une représentation:

- conforme c'est-à-dire conserve les angles,
- cylindrique ==> on utilise les coordonnées rectangulaires (X, Y) ,
- transverse ==> $X = X(\varphi, \lambda)$ et $Y = Y(\varphi, \lambda)$ d'un modèle ellipsoïdique.

* Les éléments de définition:

- Ellipsoïde de Clarke Français 1880.
- Méridien origine: 9° à l'Est de Greenwich ou fuseau n°32.
- Facteur d'échelle : $k = 0.9996$.
- Constante en X: 500000.00 m.
- Constante en Y : 0.00 m.

6.3. Le système national de référence du nivellement

On utilise le système des altitudes **orthométriques**. Le point fondamental ou référence des altitudes est le repère scellé sur **le monument Porte de France à Tunis** avec une altitude de **7.000 m** au dessus du niveau moyen de la mer (Nouvelle compensation du Réseau de Nivellement Général de la Tunisie - 1961).

7. Application de l'Arrêté du 10 février 2009

7.1 Le système national de référence terrestre unifié de géodésie

7.1.1. Utilisation des coordonnées géographiques des points géodésiques

L'OTC met à la disposition des utilisateurs les fiches signalétiques des points géodésiques des réseaux géodésiques Primordial et Secondaire avec leurs coordonnées exprimées dans le système NTT ((X,Y) en UTM et (φ,λ)).

7.1.2. Transformation des coordonnées Carthage34 ou Carthage86 dans le système NTT

1. L'OTC fournit les transformations des coordonnées à ses demandeurs à titre onéreux en application des tarifs en vigueur.
2. Acquérir les paramètres de transformations par feuille au 1/50000.

7.1.3. Transformation des coordonnées dans un système, autre que Carthage34 ou Carthage86, dans le système NTT

L'utilisateur fournit à l'OTC parmi les points à transformer un ensemble de points ayant des coordonnées dans Carthage34 ou Carthage86 ou coordonnées NTT. Ces points doivent couvrir uniformément la zone concernée par les points.

7.2. Le système national de référence de la projection cartographique

A - Pour l'application de la projection cartographique UTM, on doit se référer aux éléments de définition à savoir:

- Ellipsoïde de référence: ellipsoïde de Clarke 1880 Français.
- Méridien central 9° Est de Greenwich ou Fuseau n°32,
- Facteur d'échelle: $k=0.9996$.

B - Pour les réductions des distances au plan de la projection, il faut tenir compte de l'altération linéaire qui dépend de la latitude et la longitude du point. L'OTC fournit le tableau des altérations linéaires pour l'ensemble du territoire.

C - Concernant le découpage des cartes en Lambert, l'habillage des nouvelles cartes éditées par l'OTC en UTM porte les amorces des coordonnées Lambert.

D - Utilisant la projection cartographique UTM, il faut respecter le découpage et le numérotage des cartes. A ce sujet, L'OTC fournit les coordonnées géographiques des coins des feuilles des cartes de base aux différentes échelles.

7.3. Le système national de référence du nivellement

L'OTC fournit les fiches des repères du nivellement général de la Tunisie.

8. Conclusions

L'arrêté du 10 février 2009 a défini les fondements de la géomatique en Tunisie, car un pays sans les définitions précises de ses référentiels de géodésie, de nivellement et de cartographie ne peut avancer en la matière.

L'unification des systèmes géodésiques terrestres va permettre:

- d'abolir l'utilisation des systèmes isolés,

- le développement des bases de données et les systèmes d'informations géographiques sur l'ensemble du pays.

Avec le développement des systèmes spatiaux de positionnement (GPS, Glonass, Galiléo,...), de nouveaux équipements de levés vont apparaître facilitant les levés à l'intérieur des constructions et principalement les immeubles objets de notre colloque.

Le passage des coordonnées du système spatial à celles du système géodésique terrestre NTT respectera la précision demandée dans ce genre de travaux.

9. Références

1. **C. Fezzani.** 1979. *Analyse de la Structure des Réseaux Astro-Géodésiques Tunisiens.* Thèse présentée pour l'obtention du grade de Docteur Ingénieur en Sciences Géographiques. Ecole Nationale des Sciences Géographiques, IGN France. 315 pages.
2. **A. Fontaine.** 1969. *Rapport sur la Géodésie de la Tunisie.* OTC.
3. **C. Fezzani.** 1971-1978. *Mémorial sur la Géodésie Primordiale Tunisienne,* Ministère de l'Équipement.
4. **M. Charfi.** 1977. *Rapport sur la Géodésie en Tunisie.* OTC.
5. **M. Charfi.** 1986. *Modernisation du Réseau Géodésique de la Tunisie. Rapport présenté au 3ème Symposium sur la Géodésie en Afrique. Yamoussoukro – Côte d'Ivoire, 10-17 avril 1986.*
6. **M. Charfi.** 1988. *Rapport de mission 8-15 juin 1988 à l'IGN France.* OTC.
7. **A. Ben Hadj Salem.** 2002. *Contrôle de l'azimut d'orientation du système géodésique terrestre tunisien Carthage³⁴.* Publié dans la revue *Géo-Top* de l'OTC, n°4 février 2002, pp 63-68.
8. **Publication de l'Académie Bavaroise de Géodésie.** 1997. n°58. pp 212-218.