

**L'UNIFICATION DES SYSTEMES
GEODESIQUES TERRESTRES TUNISIENS ET
LA MISE EN PLACE D'UNE NOUVELLE
REPRESENTATION PLANE - EXPOSE DE
MOTIFS -**

**THE UNIFICATION OF THE TUNISIAN
TERRESTRIAL GEODETIC NETWORKS AND
THE ESTABLISHMENT OF A NEW PLANE
REPRESENTATION - EXPLANATORY
STATEMENT**

Abdelmajid BEN HADJ SALEM

Résumé

Ce rapport est une nouvelle version de celle de 2008. C'est un exposé des motifs concernant l'unification des systèmes géodésiques terrestres Tunisiens pour répondre aux besoins des travaux cartographiques, topographiques et la mise en place des systèmes d'information géographiques et cadastrales.

Abstract

This report is a new version of that of 2008. It is a statement of the reasons concerning the unification of the Tunisian terrestrial geodetic systems to meet the needs of the cartographic, topographic works and the installation of the geographical and cadastral information systems.

VERSION 2, DÉCEMBRE 2021
VERSION 1, 2008

**L'UNIFICATION DES SYSTEMES
GEODESIQUES TERRESTRES TUNISIENS ET
LA MISE EN PLACE D'UNE NOUVELLE
REPRESENTATION PLANE**

EXPOSE DE MOTIFS

**Abdelmajid BEN HADJ SALEM
Ingénieur Géographe Général Retraité de l'Office
de la Topographie et du Cadastre (OTC)**

VERSION 1, 2008
VERSION 2, DÉCEMBRE 2021

abenhadsalem@gmail.com

Abdelmajid BEN HADJ SALEM
e-mail : abenhadjsalem@gmail.com

© 2021 Abdelmajid BEN HADJ SALEM

Table des matières

1	Introduction	5
1.1	Définitions	5
2	Historique	8
2.1	Les Systèmes Géodésiques Terrestres	9
2.1.1	Le Système Géodésique Terrestre 'VOIROL'	9
2.1.2	Le Système Géodésique Terrestre 'CARTHAGE 34'	9
2.2	Les Représentations Planes	11
2.2.1	La Représentation de Bonne	11
2.2.2	La Représentation des Fuseaux ou Représentation de Guillaume Postel	11
2.2.3	La Représentation Lambert	11
2.2.4	La Représentation U.T.M.	12
3	Les Exigences et Contraintes des Travaux de Modernisation de la Géodésie Tunisienne	13
4	Les Changements : Composition et Avantages	15
4.1	La Structure des Réseaux Géodésiques Tunisiens Après 1978	15
4.1.1	Résultats des Calculs	16
4.2	Le Système Géodésique CARTHAGE86	16
4.3	Introduction de la Géodésie Spatiale	19
4.4	Le Choix du Nouveau Système Géodésique Terrestre Unifié	20
4.4.1	Les Aspects Foncier et Juridique	20
4.4.2	L'Homogénéité Avec Le Système Spatial	22
4.4.3	Le Choix D'Une Nouvelle Représentation Plane	22
4.5	Les Travaux Réalisés Dans Le Nouveau Système	23

5 Ouverture de Ces Changements sur le Futur Proche	24
Liste des Figures	24

CHAPITRE 1

Introduction

*"L'établissement des cartes topographiques, basé sur **des infrastructures astro-géodésiques actualisées et à caractère scientifique**, est par excellence une mission d'Etat indispensable pour assurer la mise en valeur et l'administration convenable de tout pays..."*

*"Le manque de **ces infrastructures** a invariablement causé et causera toujours lors de la planification et de l'exécution des programmes de développement un gaspillage et une dépense bien supérieure à celle que nécessiterait leur établissement en temps utile par des institutions spécialisées."*

Extrait de la résolution 131(VI) du Conseil Economique et Social des Nations Unies du 19 février 1948.

1.1 Définitions

La Géodésie : c'est la science qui a pour objet la détermination de la forme et les dimensions de la Terre, ainsi que son champ de pesanteur. Ce-ci est l'aspect scientifique et théorique de la géodésie.

Son aspect pratique : c'est la mise en place **d'un réseau géodésique** constitué de points matérialisés sur le sol et de coordonnées connues. On les appelle **points géodésiques**. Ces points vont servir comme points de base aux divers travaux topographiques et cartographiques.

Les coordonnées des points géodésiques se réfèrent par rapport à **un référentiel** ou **système géodésique** appelé encore **datum géodésique**.

Le système le plus utilisé est le système cartésien formé par un repère (OX, OY, OZ) tel que l'axe OZ soit parallèle à l'axe de rotation de la Terre, et le plan OXZ parallèle au méridien de Greenwich origine des longitudes, l'axe OY est tel que le trièdre (OX, OY, OZ) soit orthogonal et direct (**Fig.1.1**). A ce système, on lui associe une base orthonormée (e_1, e_2, e_3) c'est-à-dire :

$$\|e_1\| = \|e_2\| = \|e_3\| = 1 \text{ mètre (l'unité des longueurs)}$$

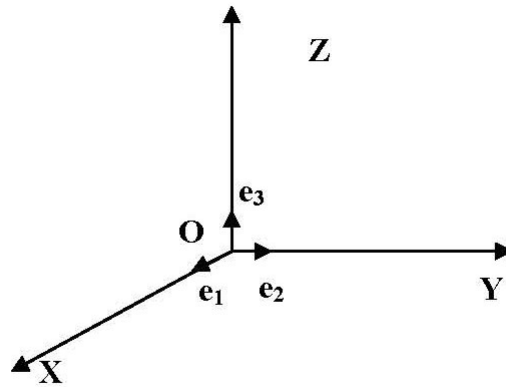


FIGURE 1.1 – Le Repère Cartésien

A ce système géodésique est associé un modèle de la Terre à savoir un ellipsoïde de révolution dont les dimensions sont :

- a le demi-grand axe,
- b le demi-petit axe,
- $\alpha = \frac{a - b}{a} = \text{l'aplatissement.}$

Un point M est représenté par ses coordonnées : la latitude géodésique φ , la longitude géodésique λ et l'altitude ellipsoïdique H (**Fig.1.2**).

Pour passer du modèle ellipsoïdique de la Terre au plan, on opère par le biais

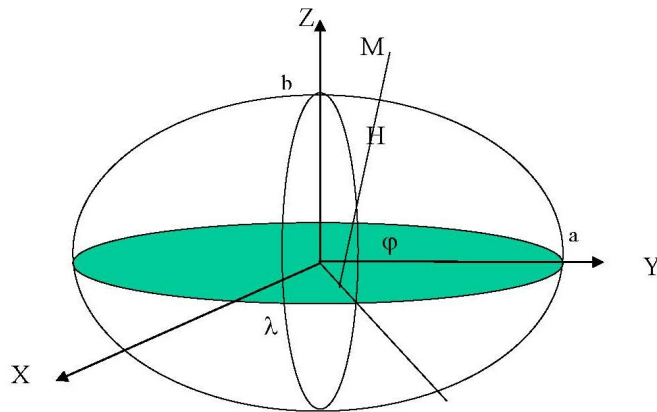
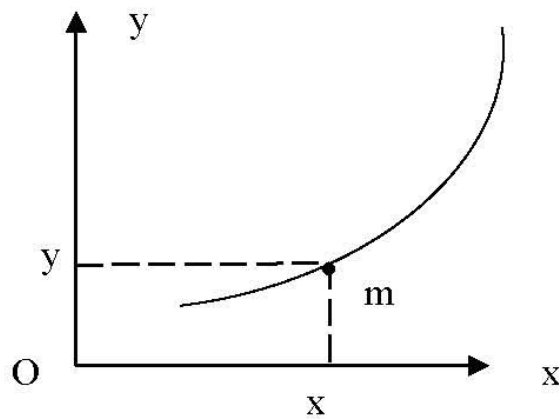


FIGURE 1.2 – Ellipsoïde Terrestre de révolution

d'une représentation plane. A un point $M(\varphi, \lambda)$, on lui associe son image m sur le plan définie par les coordonnées (x, y) (Fig.1.3).

FIGURE 1.3 – Les Coordonnées Planimétriques (x,y)

CHAPITRE 2

Historique

La naissance de la géodésie tunisienne commença avec l'observation des premiers points géodésiques créés en 1876 par les géodésiens Italiens lors de la liaison entre le Cap-Bon et l'île de Sicile (**Fig.2.1**). Le premier réseau géodésique Tunisien a été défini à partir de l'extension du réseau Algérien, par l'observation du point astronomique Carthage en 1878 et la mesure de l'azimut Carthage - Bir Bou Regba pour l'orientation du réseau.

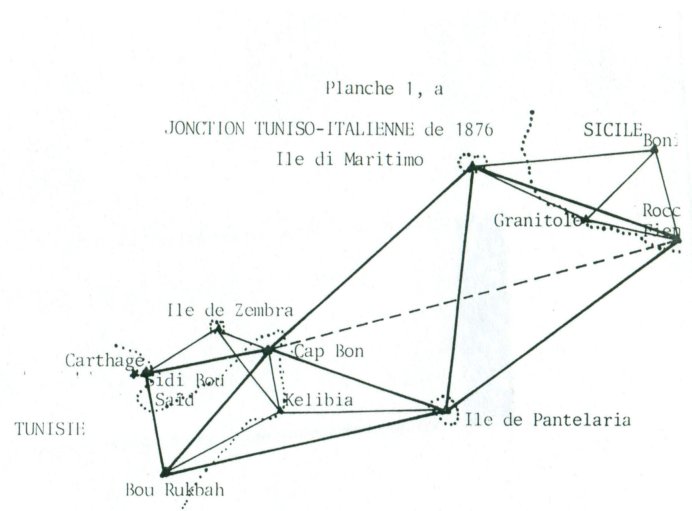


FIGURE 2.1 – Les Premiers Travaux Géodésiques en 1876 : continuité de la Géodésie Italienne, (extrait de C. Fezzani, 1979)

La structure géodésique Tunisienne jusqu'à 1978 était comme suit (**Fig.2.2**) :

1. un réseau géodésique dit du 1er ordre formé par la parallèle de Tunis au nord et la parallèle de Gabès au sud reliées par la méridienne dite de Gabès, les longueurs des côtés varient de 30 à 50 kms,
2. un canevas de points astronomiques au sud (Sahara) distants de 40 à 70 km,
3. un réseau géodésique du 1er ordre complémentaire,
4. un réseau géodésique du 2ème ordre,
5. un réseau géodésique du 2ème ordre complémentaire,
6. les réseaux géodésiques de détail du 3ème et 4ème ordre.

2.1 Les Systèmes Géodésiques Terrestres

A ces réseaux de points géodésiques est associé le système géodésique terrestre c'est-à-dire les éléments de référence à partir desquels sont calculées les coordonnées géographiques (latitude, longitude) ou les coordonnées planimétriques (x,y) (A. Ben Hadj Salem, 2017). Nous donnons ci-dessous les 2 systèmes géodésiques utilisés en liaison avec ces réseaux :

2.1.1 Le Système Géodésique Terrestre 'VOIROL'

C'était le premier système en Tunisie caractérisé par :

- le point fondamental (origine) : Voirol près d'Alger créé en 1875,
- la surface de référence c'est-à-dire le modèle choisi de la Terre est l'ellipsoïde de Clarke Français 1880,
- l'orientation de départ est l'azimut de la direction Voirol-Meleb El Kora, mesuré en 1874,
- la mise à l'échelle ou la qualité métrique de réseau : la mesure d'une distance ou base à Blida en Algérie mesurée en 1854.

Une grande partie du premier réseau géodésique Tunisien était calculée dans ce système.

2.1.2 Le Système Géodésique Terrestre 'CARTHAGE 34'

A la suite de la détection d'une erreur dans la mise à l'échelle du système Voirol en 1910 et vue sa qualité, le Service Géographique de l'Armée Française (S.G.A.F) a établi un nouveau système géodésique indépendant du système VOIROL. Les éléments de définition de ce système sont :

- le point fondamental : le point Carthage en Tunisie,
- l'ellipsoïde de référence : l'ellipsoïde de Clarke Français 1880,
- l'azimut de l'orientation : la direction Carthage - Bir Bou Regba,
- la mise à l'échelle : les bases de Tunis et de Medenine.

Les calculs des points géodésiques de la partie nord du pays ont été achevés en 1934.

2.2 Les Représentations Planes

La représentation plane est la transformation mathématique du modèle de la Terre (sphère ou ellipsoïde) en une figure plane, c'est-à-dire représenter un point de la Terre sur un plan. A un système géodésique donné, on peut lui associer plusieurs types de représentations planes. Nous donnons ci-dessous les représentations planes en usage en Tunisie.

2.2.1 La Représentation de Bonne

C'est une représentation équivalente (conserve les surfaces). Elle n'est plus d'usage mais elle était utilisée pour le découpage cartographique des cartes aux échelles 1/50 000 (version ancienne), 1/100 000 et 1/200 000.

2.2.2 La Représentation des Fuseaux ou Représentation de Guillaume Postel

Elle a été utilisée dans le système géodésique VOIROL pour le besoin de la triangulation et elle est encore utilisée dans les travaux de l'immatriculation foncière facultative pour traiter certains dossiers anciens.

Dans cette représentation, la Tunisie est partagée en six fuseaux, d'une étendue chacun de 0.5 grades (gr) en longitude, subdivisés chacun en onze quadrilatères curvilignes de 0.5 gr de côté en latitude. Cette représentation plane (**Fig.2.3**) fût abandonnée en 1922 pour être remplacée par la représentation plane Lambert, car son défaut majeur est la multitude des origines et la non possibilité de représenter entièrement le territoire de la Tunisie.

2.2.3 La Représentation Lambert

C'est une représentation conforme (conserve les angles) d'un modèle ellipsoïdique. Afin d'éviter les déformations trop importantes, la représentation

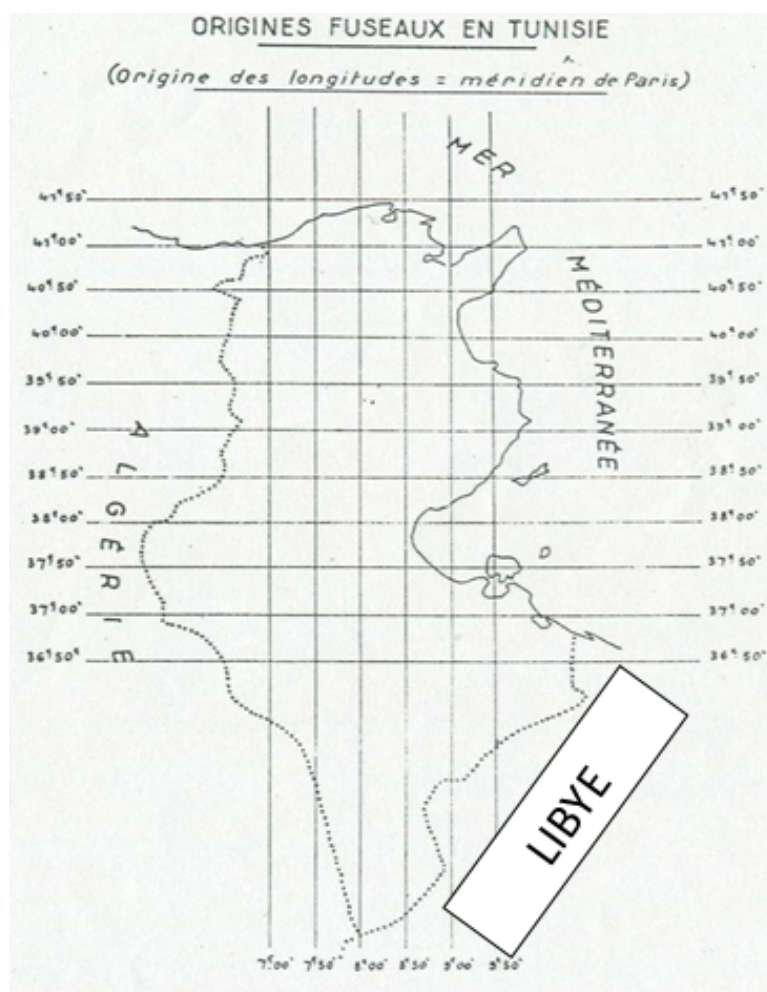


FIGURE 2.3 – Les Systèmes Fuseaux

Lambert Nord Tunisie a été adoptée pour la partie nord du pays (latitude comprise entre 37.5 gr et 42.5 gr) et la représentation Lambert Sud Tunisie a été adoptée pour la partie sud (latitude comprise entre 34.5 gr et 39.5 gr). La représentation Lambert Tunisie est nommée à l'OTC sous l'appellation " **Origine Unique** ".

2.2.4 La Représentation U.T.M.

C'est une représentation conforme universelle. Le modèle terrestre est un ellipsoïde divisé en 60 fuseaux de 6° d'amplitude, chacun de 3° de longitude de part et d'autre du méridien central. Dans la représentation UTM, toute la Tunisie se trouve dans le fuseau 32 avec le méridien de longitude 9° comme méridien central.

CHAPITRE 3

Les Exigences et Contraintes des Travaux de Modernisation de la Géodésie Tunisienne

Suite à la publication du décret-loi n°64-3 du 20 février 1964 relatif à l'immatriculation foncière obligatoire et à la promulgation du Code des droits réels (loi n°65-5 du 12 février 1965) d'une part et le début de la mission cartographique du Service Topographique tunisien d'autre part, il était impératif à ce dernier de mettre en place les infrastructures nécessaires pour réaliser les travaux de cartographie et de topographie dans le système géodésique national basé sur une géodésie moderne couvrant tout le pays.

A cet effet, un premier diagnostic a été effectué en 1969 (A. Fontaine, 1969) avec le concours de l'IGN France, sur l'état de la géodésie tunisienne suivi de l'étude et l'analyse en détail des calculs de compensation des réseaux géodésiques Tunisiens du 1er et 2ème ordre (C. Fezzani, 1971-1978). L'analyse de l'état de ces réseaux a montré des insuffisances aux niveaux de la qualité de l'échelle (1/40 000 à 1/30 000) et de l'orientation (15 *dm.gr* à 25 *dm.gr*).

De plus, des campagnes de reconnaissance ont été effectuées sur le terrain où on avait constaté que de nombreux points géodésiques ont disparu et d'autres ont été détruits (M. Charfi, 1977).

Notons aussi les difficultés rencontrées par les géomètres (OTC et privés) dans les rattachements de leurs levés(fermetures des cheminements hors tolérance, hétérogénéité dans les coordonnées des points d'appui).

Tous ces facteurs ont laissé un certain doute quant à la validité du réseau

géodésique existant comme 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 terrestres tunisiens pour répondre aux besoins.**

CHAPITRE 4

Les Changements : Composition et Avantages

4.1 La Structure des Réseaux Géodésiques Tunisiens Après 1978

C'est à partir de 1978, qu'il a été décidé de moderniser les 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 unique pour les travaux cartographiques et topographiques et pour les besoins des SIG et les bases de données cadastrales, géodésiques et cartographiques,
- mettre en place une nouvelle représentation plane qui convient le mieux pour la Tunisie et qui est l'U.T.M (Universal Transverse Mercator).

Les travaux de revalorisation de la géodésie tunisienne comprenaient :

1. la réfection des anciens points du 1er ordre, du 1er ordre complémentaire, du 2ème ordre et du 2ème ordre complémentaire,
2. la construction de nouveaux points sur les sites des anciens points disparus,
3. la densification de l'ancien réseau par de nouveaux points,
4. les observations angulaires azimutales et zénithales,
5. la détermination de 8 points de Laplace ,
6. la mesure des côtés de 8 triangles géodésiques,
7. la détermination de 5 points par la méthode Doppler,

8. la compensation des observations terrestres avec les données Doppler pour obtenir les nouvelles coordonnées du nouveau réseau.

Le nouveau réseau géodésique appelé Réseau Géodésique Primordial (RGP) est composé de 313 points comme suit (**Fig.4.1**) :

- 143 points anciens,
- 112 nouveaux points construits sur les sites des anciens points disparus,
- 58 nouveaux points.

4.1.1 Résultats des Calculs

Appelons le calcul du Réseau Géodésique Primordial Tunisien effectué en 1984 par CALCUL84.

En comparant les coordonnées de CALCUL84 et celles du système géodésique CARTHAGE34, on a trouvé que les coordonnées anciennes ont subi un déplacement sous la forme d'une rotation dans le sens des gisements (**Fig. 4.2**) dont le centre se trouve dans la région de Jebel Semmama (au Centre) et d'un angle de 20 *dmgr* (2/1000 de grade).

Ces déplacements ont été jugés inacceptables pour le patrimoine national en matière de cadastre et de l'immatriculation foncière facultative et une commission ad-hoc été créée à l'OTC en octobre 1986 pour étudier la question. Sa principale conclusion était d'éliminer les contraintes sur les cinq points Doppler et de procéder à un nouveau calcul comme éléments fondamentaux :

- le point Carthage,
- l'azimut Carthage - Bir Bou Regba comme azimut de départ.

Les coordonnées issues de ce nouveau calcul ont confirmé les résultats de 1984, donc la distorsion a persisté.

En réalité, ces déplacements sont dûs à la désorientation du système géodésique CARTHAGE34 par rapport aux référentiels géocentriques modernes (WGS84, ITRF). Cette affirmation a été vérifiée par l'OTC lors de l'observation par GPS (Global Positioning System) du côté Carthage - Bir Bou Regba.

4.2 Le Système Géodésique CARTHAGE86

Les coordonnées de CALCUL84 n'ont pas été mises en application, la Direction de la géodésie de l'OTC a entrepris en 1986 un calcul des nouvelles observations réalisé avec les programmes informatiques de l'OTC en trois phases

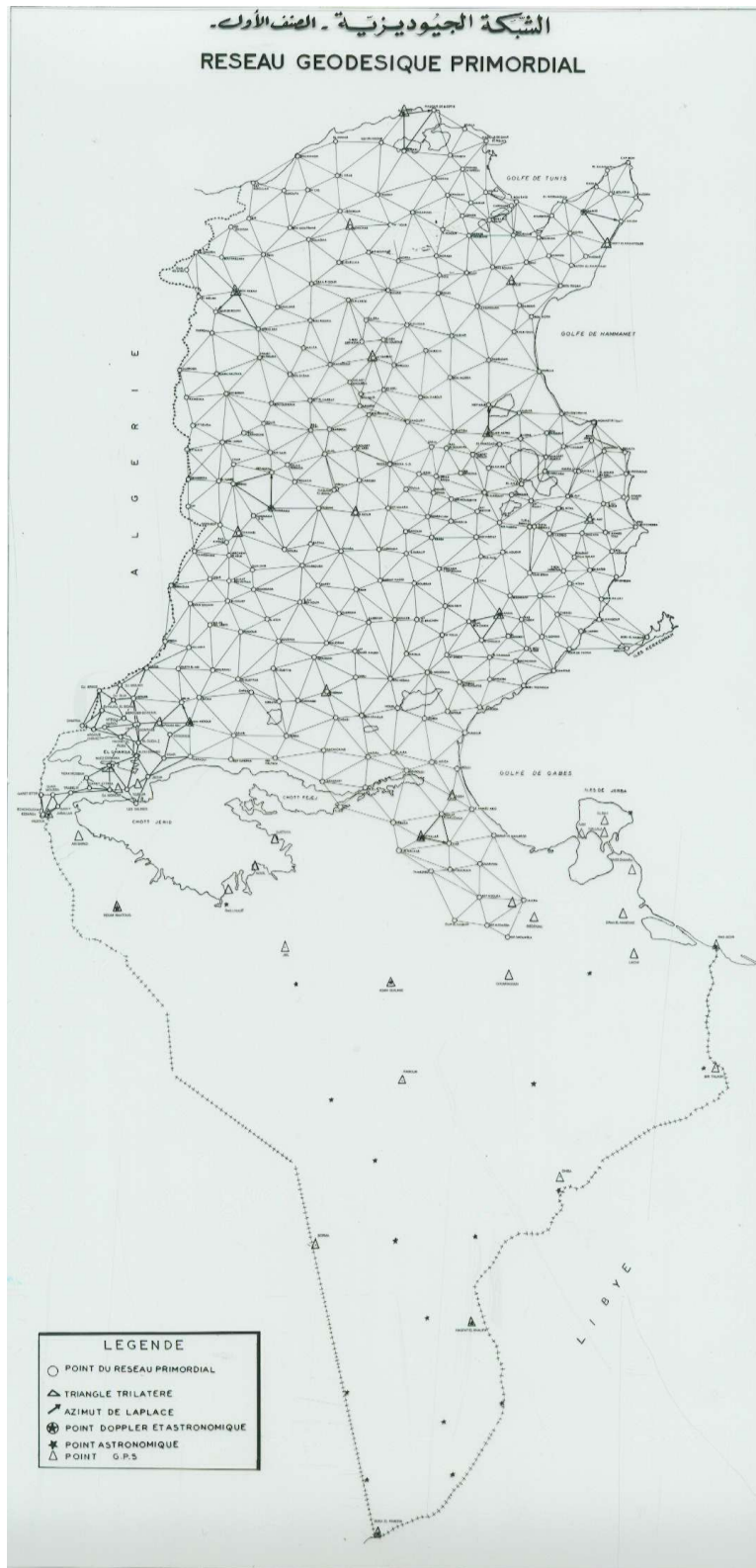


FIGURE 4.1 – Le Réseau Géodésique Primordial Tunisien

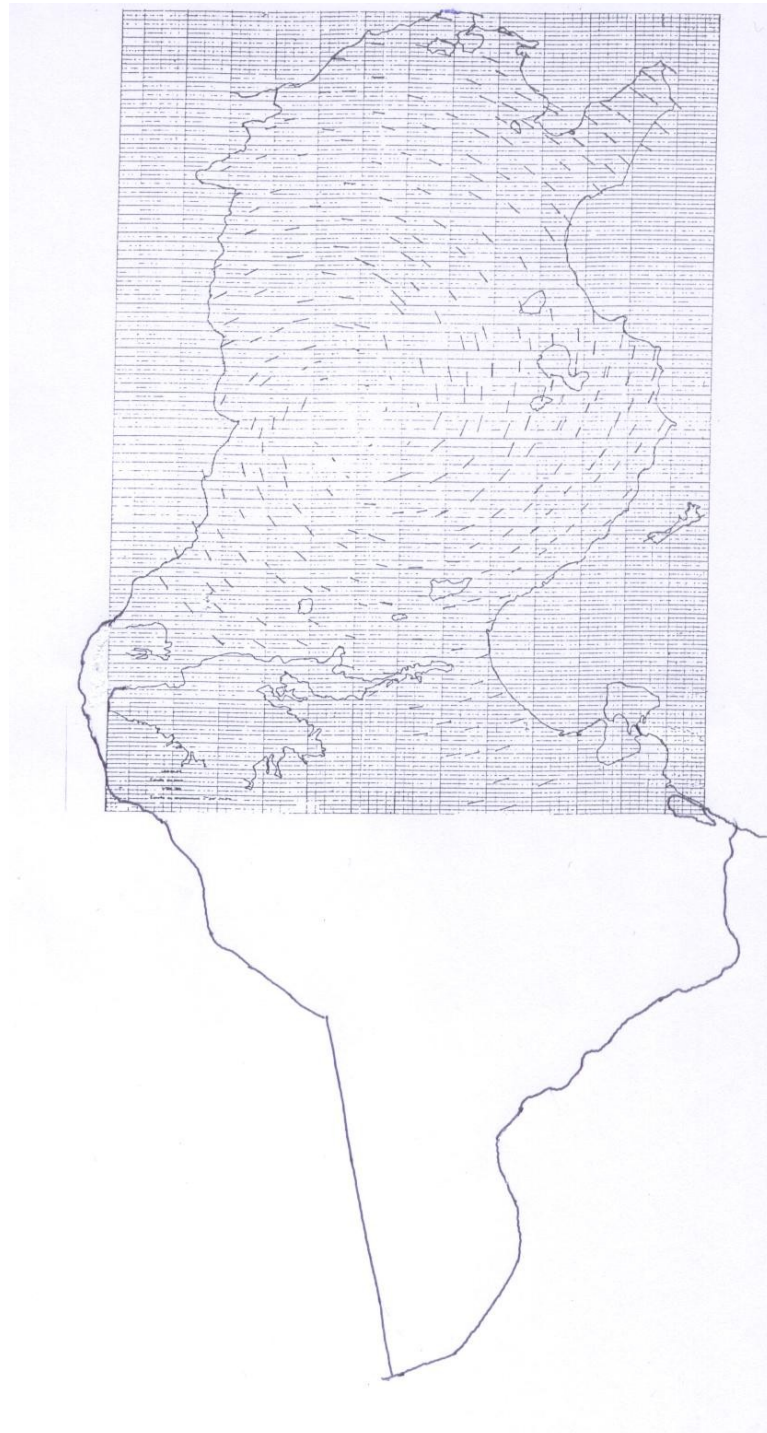


FIGURE 4.2 – Déplacements entre CALCULS84 et CARTHAGE86

basé sur les anciens points de CARTHAGE34. Les coordonnées obtenues ont défini donc un nouveau système géodésique appelé CARTHAGE86. Ce système a les inconvénients suivants :

- * calcul en trois blocs,
- * Les nouveaux azimuts astronomiques et les nouvelles distances n'ont pas été introduits dans le calcul.

Les coordonnées issues comparées à celles de CARTHAGE34 donnent des écarts de 1 à 2 m en planimétrie. Faute de l'introduction des nouveaux azimuts astronomiques, la désorientation demeure.

Les travaux de géodésie secondaire entamés après ceux de la géodésie primordiale sont calculés dans le système CARTHAGE86 (soit environ 6 000 points).

4.3 Introduction de la Géodésie Spatiale

Le développement de la géodésie spatiale a connu un grand élan grâce aux techniques de positionnement par satellite et en particulier les satellites GPS (Global Positioning System) qui permettent :

- 1)- Dans le domaine géodésique, grâce à l'emploi de deux récepteurs, de mesurer la longueur d'une base (distance entre deux points) avec une précision de l'ordre de $(1\text{ cm} \pm 5\text{ mm/km})$ sur des distances de 10 à 15 km.
- 2)- Dans le domaine topographique, de travailler en différentiel en positionnant un récepteur sur un point de coordonnées connues à proximité du chantier et un autre sur les positions à déterminer. Cela impose l'utilisation de deux récepteurs pour un seul qui effectue les mesures.

Cette évolution technologique a contraint les services géodésiques de la majorité des pays à redimensionner non seulement leurs réseaux géodésiques, mais à les unifier, permettant ainsi aux différents utilisateurs d'atteindre la précision centimétrique.

Avec l'introduction des méthodes de positionnement par GPS à l'OTC en 1998 en établissant le réseau GPS de référence spatiale, les systèmes géodésiques tunisiens existants ne répondaient plus aux applications de ces nouvelles technologies de positionnement telles que :

- la densification du réseau secondaire pour le cadastre et l'immatriculation foncière facultative,
- le nivellement de précision issu par le GPS,
- la cartographie numérique et la localisation,
- les systèmes d'informations géographiques,

- le développement du GPS différentiel doté de stations permanentes à travers le pays pour le positionnement en temps réel.

Pour ne pas rester en marge de cette évolution, l'OTC par sa mission a entrepris l'étude et la mise en place :

1. du système géodésique terrestre unifié,
2. d'un référentiel spatial,
3. l'adoption d'une nouvelle représentation plane,
4. la détermination d'un géoïde précis pour la Tunisie.

L'action deux a été démarrée en 1998 par la création du Réseau GPS Tunisien de Référence Spatiale (RGTRS) constitué par 28 points GPS, d'ordre zéro ou fondamental (Fig.4.3).

4.4 Le Choix du Nouveau Système Géodésique Terrestre Unifié

Deux aspects guident et justifient le choix du système géodésique terrestre unifié. L'un d'ordre foncier et juridique relatif à la conservation des formes des parcelles et de leur contenance, l'autre concerne l'homogénéité avec le système spatial.

4.4.1 Les Aspects Foncier et Juridique

L'OTC a repris l'étude du CALCUL84. La comparaison des coordonnées des points géodésiques primordiaux entre le système CARTHAGE86 et CALCUL84 a montré que la déformation est due à une transformation conforme c'est-à-dire qu'elle conserve les angles et les formes. Le centre de la déformation est un point fictif situé au Centre ($X = 443\,598\text{ m}$, $Y = 232858\text{ m}$) et l'angle de rotation est de -27 dm.gr .

Puis à partir de tests effectués sur des parcelles cadastrales choisies au hasard situées au Nord, au Centre et au Sud, il a été démontré que les formes géométriques et les dimensions des parcelles en question restent inchangées lors de l'application des nouvelles coordonnées de leurs bornes dans le système CALCUL84. Les variations de leurs surfaces restent inférieures à 1 m^2 . **L'application du système CALCUL84 n'aura pas donc d'impact sur le foncier.**

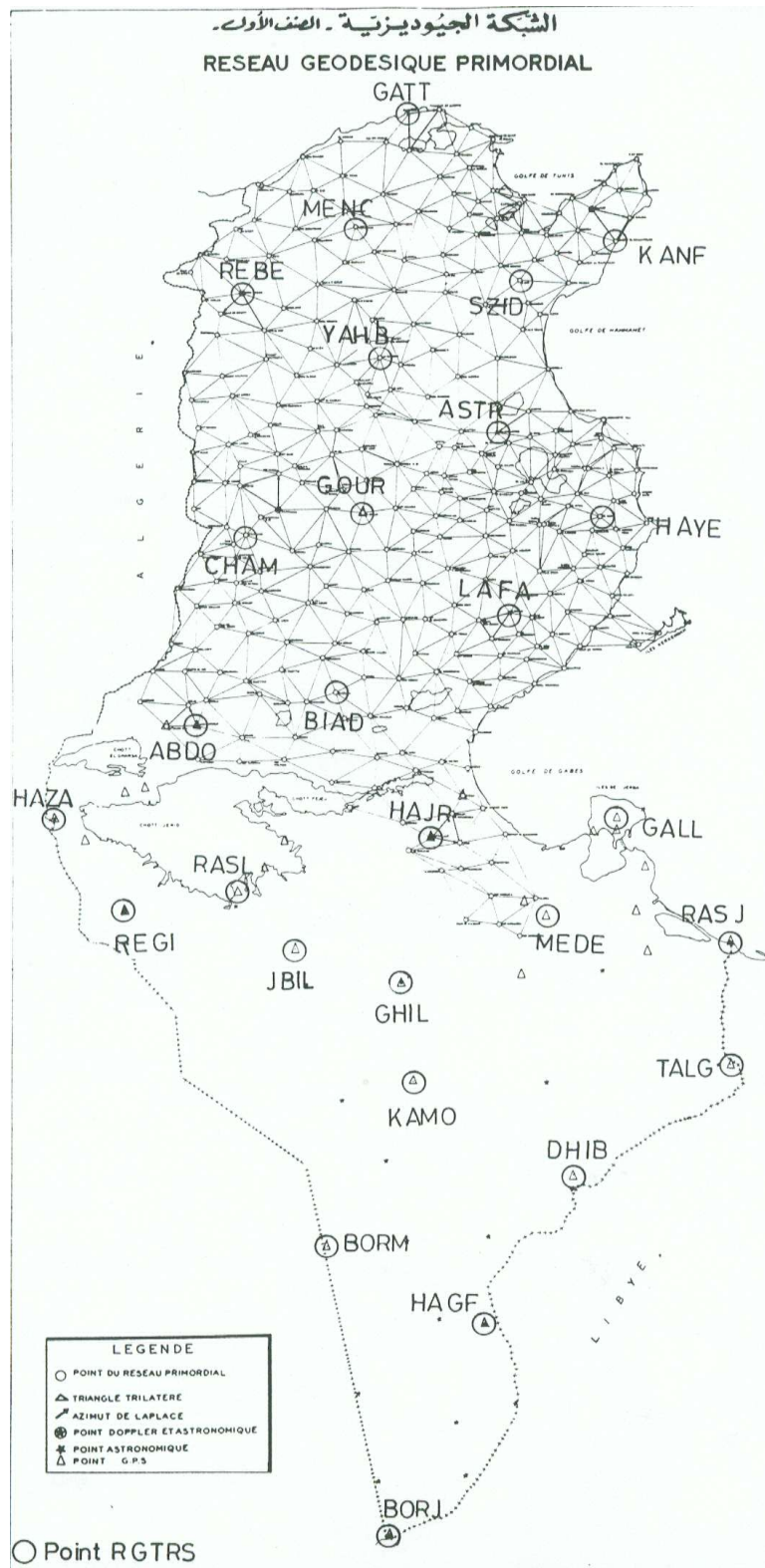


FIGURE 4.3 – Le Réseau GPS Tunisien de Référence Spatiale

4.4.2 L'Homogénéité Avec Le Système Spatial

Après avoir comparé les coordonnées rectangulaires issues de CALCUL84 avec celles de CARTHAGE86, une comparaison des paramètres de passage respectivement de CARTHAGE86 \implies le système GPS avec ceux de CALCUL84 \implies le système GPS a été faite.

Cette comparaison a montré au niveau global le passage d'une erreur moyenne quadratique de 1.15 m à une erreur moyenne quadratique de 0.62 m pour les points de calculs des paramètres de passage.

Concernant le niveau local, cette erreur passe de 0.133 m à 0.044 m . Donc en utilisant le système CALCUL84, on a alors une nette amélioration au niveau de la détermination des paramètres de passage entre les systèmes terrestre et GPS, ce qui montre l'homogénéité du système CALCUL84 avec le système spatial.

Lors d'une réunion technique tenue à l'OTC en avril 2004, il a été décidé de choisir le système CALCUL84 comme le système géodésique terrestre unifié et de l'appeler "**La Nouvelle Triangulation Tunisienne - NTT**" et de recalculer le réseau secondaire dans le système NTT.

4.4.3 Le Choix D'Une Nouvelle Représentation Plane

Ainsi en plus de la multitude hétérogène des systèmes géodésiques, nous trouvons celles des représentations planes. Notons que la représentation plane officielle reste la représentation conique conforme Lambert Tunisie avec ses deux composantes Nord et Sud.

Cette représentation ne couvre pas l'extrême sud du pays et pour cette raison, parmi d'autres, le choix de la représentation UTM a déjà été proposé par A. Fontaine en 1969 et confirmé par C. Fezzani en 1979 et M. Charfi en 1988.

Les avantages de l'application de cette représentation étant conformes aux critères de choix sur les formes et les dimensions de notre pays, appliqués aux normes cartographiques internationales, où l'on pourra noter que :

- tout le pays se trouve dans un même fuseau ($n^{\circ}32$), éliminant d'un seul trait les zones de chevauchement actuelles, d'où l'unicité des coordonnées pour les applications pour les bases de données et les SIG.

- elle assure la continuité du programme de la cartographie aux différentes échelles, sans recourir à des artifices de recouvrement graphique entre différentes échelles et différentes régions,
- en adoptant l'UTM, il n'aura pas de risque de confusion entre les coordonnées actuelles et celles de l'UTM,
- de plus, avec l'UTM, la numérotation des cartes suit un numérotage international.

4.5 Les Travaux Réalisés Dans Le Nouveau Système

Jusqu'à la fin de l'année 2007, les travaux réalisés par l'OTC dans le cadre de la mise à niveau de la géodésie tunisienne sont :

- compensation de 6 000 points géodésiques dans le nouveau système géodésique NTT et ce avec une erreur moyenne quadratique de 4 cm,
- intégration de 379 points du réseau Sud dans le nouveau système NTT,
- détermination des paramètres de passage du système CARTHAGE86 au nouveau système NTT,
- détermination des paramètres de passage du système CARTHAGE34 au système CARTHAGE86 puis au nouveau système NTT,
- transformation de 11 100 points du système CARTHAGE34 dans le système CARTHAGE86,
- transformation de 11 100 points du système CARTHAGE34 dans le nouveau système NTT.

CHAPITRE 5

Ouverture de Ces Changements sur le Futur Proche

La mise en application du nouveau système géodésique terrestre -NTT- va unifier les différents systèmes géodésiques existants en un seul système dont les éléments de définition répondent aux normes de qualité à savoir :

1. l'orientation,
2. la qualité métrique,
3. l'homogénéité avec les systèmes spatiaux,
4. le calcul en un seul bloc.

Avec la mise en place de nouveaux systèmes de positionnement par satellites comme le système russe GLONASS et le système européen Galileo,...etc, le passage du nouveau système terrestre NTT vers ces systèmes sera plus cohérent.

De plus, avec le choix de la représentation plane UTM comme nouvelle représentation plane, l'utilisation des systèmes d'information géographique peut-être réalisée sur l'ensemble du pays dont on cite le Système d'Information Foncière en cours d'exécution.

Tous ces aspects permettront à l'OTC d'apporter sa pleine contribution à une meilleure maîtrise de l'information géographique pour une gestion durable de nos ressources naturelles et aux différents utilisateurs de se conformer aux exigences des travaux topographiques concernant l'aménagement du territoire.

Table des figures

1.1	Le Repère Cartésien	6
1.2	Ellipsoïde Terrestre de révolution	7
1.3	Les Coordonnées Planimétriques (x,y)	7
2.1	Les Premiers Travaux Géodésiques en 1876 : continuité de la Géodésie Italienne, (extrait de C. Fezzani, 1979)	8
2.2	La Structure des Réseaux Géodésiques Terrestres Tunisiens Avant 1978	10
2.3	Les Systèmes Fuseaux	12
4.1	Le Réseau Géodésique Primordial Tunisien	17
4.2	Déplacements entre CALCULS84 et CARTHAGE86	18
4.3	Le Réseau GPS Tunisien de Référence Spatiale	21

Bibliographie

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.** 1988. *Rapport de mission 8-15 juin 1988 à l'IGN France*. OTC.
6. **A. Ben Hadj Salem.** 2017. *Éléments de Géodésie et de la Théorie des Moindres Carrés pour les Elèves-Ingénieurs Géomaticiens*, publié par Nour-Publishing. 2017. 365 pages. ISBN - 13 : 978-3-330-96843-1 (lien : <https://www.morebooks.de/store/gb/book/eléments-de-géodésie-et-de-la-théorie-des-moindres-carrés/isbn/978-3-330-96843-1>).