

Vers une redéfinition du référentiel géodésique Marocain

Noureddine EL FETTAH, Maroc

Key words: Référentiel, Géodesie, GPS, Maroc.

SUMMARY

The Moroccan conventional geodetic network suffers from many problems some of them are the low accuracy and the heterogeneity. Conscious of these problems and taking advantage of the technology development and to the spectacular success of spatial geodesy, the National Agency of the Property Registration, Cadastre and Cartography proceeded to the Moroccan Geodetic Reference Frame redifinition by:

- establishing a new Geodetic Network covering all the national territory, tied to the International Terrestrial Reference Frame ITRF. Some of these will be permanent GPS stations.
- Determination of the national precise geoid.

In addition, this reference frame will be used to:

- implement the national geodesy on a homogeneous and precise geodetic network,
- establish a digital and precise cartography,
- modernise production techniques and the methodology and therefore to reduce execution time and minimize the cost.

RÉSUMÉ

Le réseau géodésique Marocain conventionnel connaît un certain nombre de problèmes dont on peut citer l'hétérogénéité et la précision. Consciente de ces problèmes et grâce au développement technologique et au succès spectaculaire de la géodésie spatiale, l'Agence Nationale de la Conservation Foncière du Cadastre et de la Cartographie a procédé à la redéfinition du Référentiel Géodésique Marocain par :

- la mise en œuvre d'un Réseau Géodésique Fondamental couvrant tout le territoire national, rattaché au système de référence international ITRF et doté des stations GPS permanentes .
- La détermination d'un géoïde national précis.

Ce référentiel servira entre autre pour :

- assoire la géodésie nationale sur un canevas géodésique homogène et précis ,
- établir une cartographie numérique précise ,
- moderniser les techniques et la méthodologie de travail et par conséquent réduire le coût et le délai d'exécution des travaux.

Vers une redéfinition du référentiel géodésique Marocain

Noureddine EL FETTAH, Maroc

1. INTRODUCTION

L'infrastructure géodésique est indispensable pour tout projet d'ingénierie, d'aménagement, de cartographie, du cadastre et de navigation et sur tout pour des applications et services nécessitant des données géoréférencées.

2. HISTORIQUE DE LA GÉODÉSIE AU MAROC

La première infrastructure géodésique marocaine a été mise en place par la France durant la période du protectorat .Elle a été passée par les étapes suivantes :

- Entre 1907 et 1924, il y a eu la mise en place d'une géodésie expédiée dans l'oriental et la région de Casablanca qui servait comme base pour une cartographie de reconnaissance.
- A partir de 1924:
- La géodésie s'est caractérisée par :
 - l'extension du réseau de triangulation de 1er ordre et sa densification
 - La diversité des système de coordonnées.
- Après l'indépendance et plus particulièrement en 1975, il y a eu compensation du réseau de 1er ordre en un seul bloc ce qui a révélé une discordance de l'ordre du mètre par rapport aux premières déterminations.
- En 1983-84, il y a eu détermination de 28 stations Doppler en collaboration avec la DMA(Defense Mapping Agency des USA).
- L'année 1995 s'est marquée par la détermination de 12 stations GPS absolues uniformément réparties sur le territoire en collaboration avec la DMA (Defense Mapping Agency des USA).
- En gravimétrie, des campagnes ont été réalisées en 1987 (4000 points levés) suivies par la détermination de trois stations absolues en 1993 en collaboration avec la DMA.

3. PRÉSENTATION DU RÉSEAU GÉODÉSIQUE HORIZONTAL

Le réseau géodésique horizontal date de 1924. Il se caractérise par son hétérogénéité qui est due à la diversité des systèmes de coordonnées et une géodésie locale sur tout dans le sud Ce réseau est fondé sur le datum Géodésique suivant:

- Ellipsoïde de référence: Clarke 1880 dont les paramètres sont les suivants :
 - Demi grand axe $a=6378249,145$ m
 - Demi petit axe $b= 6356514,869$ m
 - Aplatissement $f=1/293,465$

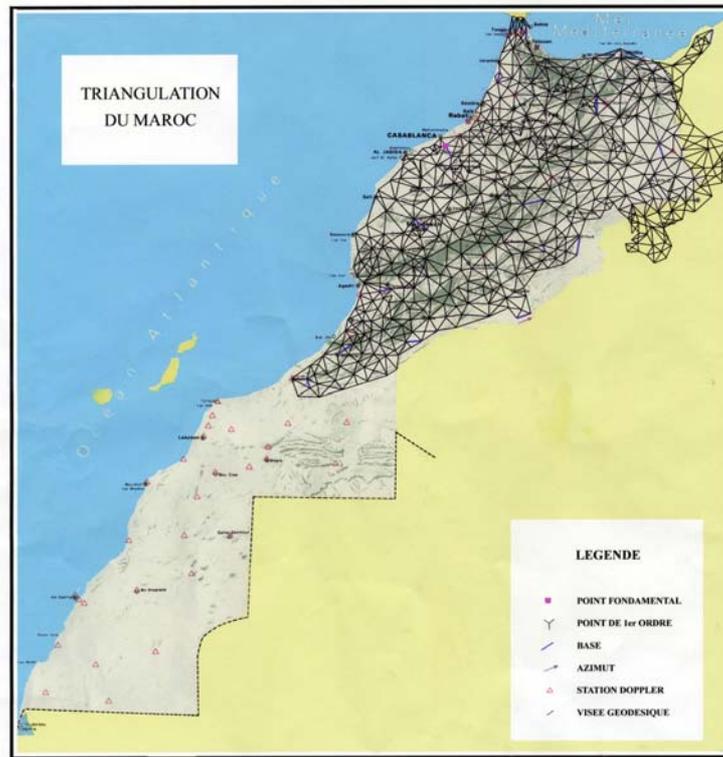
- Point fondamental : Merchich (près de Casablanca) ayant pour coordonnées :
 - $\varphi = 37^{\circ} 16' 54''$
 - $\lambda = 8^{\circ} 39' 13''$
 - $h = 243\text{M}42$
- Orientation au point fondamental: direction Merchich-Berchid.
- Le Systèmes de projection en vigueur:
 - Projection conique conforme de Lambert en quatre zones.
 - Projection UTM dans le sud pour des fins cartographiques.

Les paramètres de la Projection conique conforme de Lambert en vigueur sont les suivants :

Zone	Amplitude	Parallèle origine φ	Méridien origine λ	Constante X0 (m)	Constante Y0 (m)	Coefficient K0	Rayon réduit R0 (m)
I	34.5 à 39.5 gr	37 gr	6 gr	500000	300000	0,999625769	9716290,594
II	30.5 à 35.5 gr	33 gr	6 gr	500000	300000	0,999615596	11187308,68 2
III	26.5 à 31.5 gr	29 gr	6 gr	1200000	400000	0,999616304	13022995,57
IV	22.5 à 27.5 gr	25 gr	6 gr	1500000	400000	0,999616437	15400223,35

Le réseau géodésique horizontal couvrant environ les 2/3 de la superficie totale du royaume regroupe :

Un réseau de base de premier ordre :	450 points,
Un réseau de deuxième ordre :	530 points,
Un réseau de troisième ordre :	1200 points
Un réseau complémentaire de quatrième ordre :	15000 points
Des réseau de polygonaux géodésiques :	12000 points.



4. DIAGNOSTIC

Outre sa vieillesse, le patrimoine géodésique horizontal connaît un certain nombre de problèmes dus essentiellement à la technologie utilisée à l'époque. Parmi ces problèmes on peut citer :

- L'hétérogénéité caractérisée par la diversité des systèmes de coordonnées locaux qui est due notamment à la compensation des points géodésiques en petits blocs. En effet la distorsion linéaire entre ces systèmes est de l'ordre du mètre.
- La variation de la précision des coordonnées des points géodésiques d'une zone à une autre
- L'imprécision des paramètres de transformation permettant le passage d'un système de coordonnées à un autre.
- La disparition des signaux et monuments géodésiques ce qui rend les opérations de rattachement très difficiles voire impossibles
- La difficulté d'accès aux points géodésiques matérialisés dans les régions montagneuses
- L'intervisibilité entre les points géodésiques qui est parfois impossible à cause de l'implantation de nouvelles constructions et des forêts.
- Le manque de couverture de la totalité du territoire national (zone sud) par un canevas géodésique

5. ORIENTATIONS

Suite au développement technologique et au succès spectaculaire de la géodésie spatiale et pour des raisons pertinentes, l'Agence Nationale de la Conservation Foncière du Cadastre et

de la Cartographie a procédé à la réalisation d'un référentiel géodésique homogène, précis, couvrant tout le territoire national et basé sur la technique spatiale GPS par :

- La mise en œuvre d'un Réseau Géodésique Fondamental homogène ,précis, couvrant tout le territoire national et basé sur la technique spatiale GPS.
- La densification de ce réseau
- La détermination d'un géoïde national

La réalisation de tel projet nécessite entre autre les mesures d'accompagnement suivantes :

- L'adoption d'un système de projection adéquat
- La détermination des paramètres de transformation permettant le passage entre le nouveau système et l'ancien système de coordonnées
- L'analyse ,le contrôle et l'intégration du réseau géodésique conventionnel.
- L'installation des stations GPS permanentes
- L'incitation et la sensibilisation des différents utilisateurs à l'exploitation du nouveau référentiel géodésique
- L'établissement d'une instruction relative aux travaux géodésiques par GPS.
- La réactualisation des textes relatifs à la conservation des signaux géodésiques.

6. RÉSEAU FONDAMENTAL MAROCAIN : RFM

6.1 Définition

C'est un réseau géodésique tridimensionnel de haute précision couvrant tout le territoire national. Il est basé sur la technique GPS et rattaché au système international ITRF .

Ce réseau est structuré hiérarchiquement en trois réseaux :

- le Réseau de Référence Marocain (RRM), constitué de 24.points géodésiques espacés de 300 Kms environ et couvrant tout le territoire national.
- Le Réseau de Base Marocain (RBM) , constitué de 1300 points géodésiques rattachés aux points du RRM, espacés de 30 à 40 Kms et couvrant tout le territoire national..
- Le Réseau Complémentaire Marocain (RCM) dont la densité varie en fonction des besoins des différents utilisateurs avec un espacement inférieur à 15 Kms.

6.2 Objectifs

La réalisation de ce réseau assurera l'amélioration de la précision et la qualité des réseaux géodésiques exigées en matière de géodésie, de cartographie, du cadastre, d'ingénierie et de navigation . cette réalisation permettra en particulier:

- La mise en place d'un Réseau Fondamental Marocain GPS homogène , très précis et rattaché au système international ITRF.
- La reconfiguration des réseaux géodésiques nationaux de façon à les intégrer à une structure spatiale commune.
- La redéfinition du système géodésique national

- La détermination des paramètres de passage entre le nouveau système de coordonnées et les systèmes existants et vice-versa.
- Mise en œuvre des stations permanentes.

6.3 Apports

Les apports attendus de ce réseau sont les suivants :

- Assoire la géodésie nationale sur un canevas géodésique homogène et précis ,
- Servir de base pour asseoir une cartographie numérique homogène et précise à l'échelle nationale
- Servir de base pour les travaux cadastraux et les travaux topographiques divers.
- Améliorer la précision des travaux cadastraux et les travaux topographiques,
- Moderniser les techniques et la méthodologie de travail et par conséquent réduire le coût et le délai d'exécution des travaux.

6.4 Principales phases

Le réseau Fondamental marocain sera réalisé selon les principales phases suivantes :

- Etablissement du Réseau de Référence Marocain (RRM)
- Etablissement du Réseau de Base Marocain (RBM) et mise en place de quelques stations permanentes,
- Etablissement du Réseau Complémentaire Marocain (RCM)
- Rattachement des réseaux existants :
- Détermination des paramètres de transformation et intégration du patrimoine existant
- Mise en œuvre définitive d'un réseau GPS permanent
- Calcul du géoïde couvrant le territoire national.

6.5 Spécifications du RFM

6.5.1 Choix des emplacements des points géodésiques

Les emplacements des points du RFM sont choisis selon les critères suivants:

- Stabilité et haute probabilité de conservation;.
- Facilité d'accès aux utilisateurs;
 - Adaptation à tous les types de mesures:
 - spatiales afin de minimiser les masques et les multi-trajets (GPS).
 - Conventionnelles (théodolites, station totale,...)

NB: Les points du réseau géodésique conventionnel répondant à ces critères seront retenus en priorité pour des fins de transformation de coordonnées .

6.5.2 Matérialisation

Les points du RFM sont solidement matérialisés par des bornes tronconiques en tenant compte des critères suivants:

- matérialisation solide sur un terrain dégagé, stable et qui permet une longue conservation,
- facilité d'accès aux points géodésiques,
- type de matérialisation permettant un stationnement facile et précis adapté à tout type de mesures spatiales et classiques .
- Chaque site sera pourvu de trois matérialisations : un repère principal entouré d'au moins deux repères auxiliaires dans un rayon inférieur ou égal à 1.5km environ.

Chaque repère du site doit avoir une vue sur au moins un repère du même site afin d'assurer une orientation géodésique.

6.5.3 Observations GPS

6.5.3.1 Réseau de référence Marocain

Le Réseau de Référence Marocain est déterminé à partir des stations GPS permanentes internationales en procédant à des campagnes GPS selon la configuration suivante :

- *Type de récepteurs* : Récepteur GPS géodésique *bi fréquent L1-L2*
- *Mode des observations* : Mode statique
- *Temps d'observation pour une session*: 24 heures
- *Nombre de sessions* : 03 sessions
- *PDOP maximum* : 7
- *Nombre de satellites minimum* : 5
- *Intervalle d'enregistrement* : 15 secondes
- *Angle d'élévation* : 10 degrés au dessus de l'horizon

6.5.3.2 Réseau de base Marocain

Le réseau de Base Marocain sera déterminé en s'appuyant sur les stations du Réseau de Référence Marocain sur les stations permanentes nationales et internationales par des observations dont les instructions suivantes sont :

- *Type de récepteurs* : Récepteur GPS géodésique bi fréquent L1-L2
- *Mode des observations* : Mode statique
- *Temps d'observation pour une session*: 4 heures
- *Nombre de sessions* : 02 sessions
- *PDOP maximum* : 7
- *Nombre de satellites minimum* : 5
- *Intervalle d'enregistrement* : 15 secondes
- *Angle d'élévation* : 10 degrés au dessus de l'horizon

6.5.3.3 Réseau complémentaire Marocain

Le réseau Complémentaire Marocain sera réalisé en se basant sur les réseaux de Référence et de Base ainsi que sur les stations permanentes par des campagnes GPS avec l'application des instructions techniques suivantes :

- *Type de récepteurs* : Récepteur GPS géodésique bi fréquent L1-L2
- *Mode des observations* : Mode statique

- Temps d'observation : 45mn à 60 mn
- Nombre de sessions : 01 session
- PDOP maximum : 7
- Nombre de satellites minimum : 5
- Intervalle d'enregistrement : 15 secondes
- Angle d'élévation : 15 degrés au dessus de l'horizon

6.5.3.4 Traitement des données GPS

Le traitement des données GPS qui englobe l'analyse ainsi que toutes les étapes de calcul, est effectué par des cadres du service de la géodésie après avoir bénéficié d'une formation à l'université de Bern en Suisse sur le logiciel Scientifique Bernese.

6.6 Rattachement du patrimoine géodésique existant au .RFM

Afin de continuer à exploiter le patrimoine existant, il est nécessaire de rattacher les réseaux conventionnels au réseau fondamental.

Le nombre de points à déterminer dépend de l'étendue du réseau à rattacher. Mais en règle générale il faudra déterminer des points sur le contour ainsi qu'un ensemble de points uniformément répartis.

6.7 Détermination des paramètres de transformation

Après rattachement et analyse des différents réseaux locaux on adoptera les paramètres de passage entre ces réseaux et le réseau fondamental. Ce qui permettra de minimiser les problèmes d'hétérogénéité et d'améliorer la précision planimétrique.

6.8 Mise en oeuvre des stations permanentes

Ce système permet de gagner énormément en temps terrain, en précision et en coût. Les opérations de levé, d'implantation et de rétablissement se feront presque en temps réel . De même d'autres applications nouvelles seront possibles grâce à ce système , en particulier celles se basant sur un positionnement précis en temps réel.

Les utilisateurs auront accès aux données à la demande, en temps réel ou en différé.

D'autre part ces stations permanentes permettront la détermination des vecteurs vitesses de déplacement des différents pois du RFM.

6.9 Calcul du géoïde Marocain

Le géoïde est la surface équipotentielle du champ de pesanteur terrestre qui coïncide au mieux avec le niveau moyen des mers : c'est la référence des altitudes.

Parallèlement à la réalisation du RFM, un géoïde gravimétrique couvrant le territoire national sera généré afin de pouvoir convertir les hauteurs ellipsoïdales en altitudes et par conséquent adopter un seul datum pour la planimétrie et l'altimétrie.

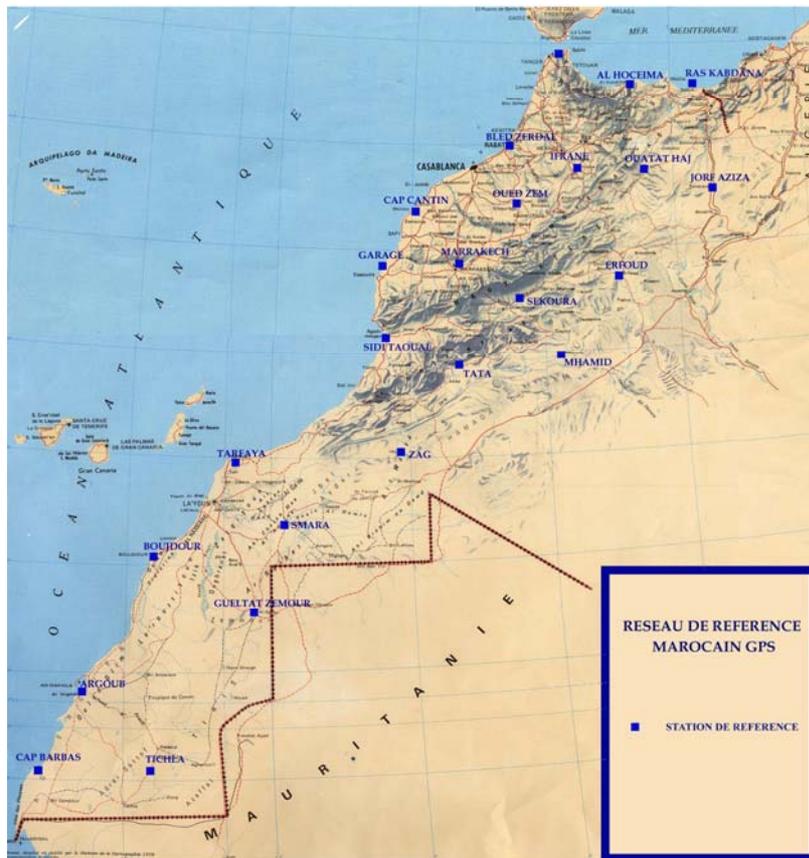
7. ETAT D'AVANCEMENT DES TRAVAUX

La matérialisation des 24 points formant l'ossature du Réseau de Référence Marocain a été effectuée durant le mois de mai 2002

Ces stations ont été observées durant le mois de juin 2002 moyennant des récepteurs géodésiques bi-fréquents en trois sessions de 24 heures intercalées chacune d'une journée.

Le traitement des données a été effectué au niveau du Service de la Géodésie en utilisant le logiciel scientifique BERNESE

Le résultat obtenu est très satisfaisant. En effet l'erreur quadratique moyenne sur les coordonnées déterminées est de l'ordre du centimètre, ce qui témoigne d'une haute précision conforme aux normes internationales.



Nom du point	N°	Province
Ras	1	NADOR
Kebdana	2	Al Hoceima
Al	3	FAHS BNI
Hoceima	4	MAKADA
Ksar	5	BOUARFA
Essrhir	6	BOULMANE
Jorf Aziza	7	IFRANE
Outat Elhaj	8	SALA
Ifrane XB	9	ALJADIDA
Blad Zerdal	10	KHOURIBGA
Wad Zem	11	SAFI
CapCantin	12	ERRACHIDIA
Erfoud	13	WARZAZATE
Skoura	14	S.YOUSSEF
Marrakech	15	BEN ALI
El Garage	16	ESSAOUIRA
Mhamid	17	ZAGORA
Tata	18	TATA
Sidi Toulal	19	AGADIR
Zag	20	ASSA
Tarfaya	21	LAAYOUNE
Smara	22	SMARA
Boujdour	23	BOUJDOUR
G Zemour	24	LAAYOUNE
Al Argoub		ADDAKHLA
Tichla		AWSSSED
Cap Barbas		AWSSSED

Vu le besoin intense de la zone sud en matière d'infrastructure géodésique, le service de la géodésie projète, dans une première phase, équiper cette zone par environ 420 points . La matérialisation de ces points est achevée en juillet 2003.

8. MESURES D'ACCOMPAGNEMENT

8.1 Choix du système de projection

Parallèlement au traitement définitif des données, une décision stratégique concernant le choix d'un système de projection adéquat à adopter, devra être prononcée. La prise d'une telle décision nécessite une réflexion sur l'impact de ce système sur la cartographie et les travaux topographiques. La réflexion sur ce sujet est en cours, différentes solutions ont été étudiées et seront présentées pour validation.

8.2 Elaboration d'un outil de transformation

Après avoir adopté le système de projection, l'exploitation du RRM nécessite entre autre l'élaboration d'un outil de transformation qui permet le passage entre le nouveau système de coordonnées et le système existant. Cette étape importante est bien avancée au niveau du Service de la Géodésie, différentes solutions sont en cours d'étude et seront présentées pour validation au cours du quatrième trimestre de l'année 2003.

9. CONCLUSION

La réalisation de ce projet constituera une ossature de base pour mener à bien les projets de développement exigeants des données géoréférencées. En effet ce projet permettra l'utilisation des nouvelles techniques et la modernisation des méthodes de travail et par conséquent une réduction de coût et de délai d'exécution des travaux..

REMERCIEMENTS

Cette communication est relative au projet de réalisation du Réseau Géodésique Fondamental Marocain mené par l'Agence Nationale de la Conservation Foncière du Cadastre et de la Cartographie (ANCFCC).

A cette occasion je tiens à remercier vivement tous les cadres et les responsables de l'ANCFCC qui contribuent à la réussite de ce projet sans oublier les responsables des Forces Armées Royales, de la Gendarmerie Royale et des collectivités locales pour l'aide et le soutien qu'ils portent à la concrétisation de ce projet.

RÉFÉRENCES

Direction de la Référence Géodésique, 1999. :'' *Instructions relatives à l'établissement de réseaux géodésiques par la méthode GPS* '' Direction de la Référence Géodésique, Canada .

DMA , 1995: "GPS Network Survey Morocco". Geodesy and geophysics Department. Washington, USA.

Service de géodésie et nivellement, 1996: Spécifications du réseau de Base Français, Institut Géographique National Paris France.

CONTACTS

Noureddine El Fettah

Agence Nationale de la conservation Foncière du Cadastre et de la Cartographie

Km 4, Avenue Hassan II, station Dbagh

Rabat

MOROCCO

Tel. + 212 3729 5548, + 212 3729 5034. +212 3729 5117

Fax + 212 3723 0838

Email: n.elfettah@acfcc.gov.ma

Web site: <http://www.acfcc.gov.ma>