

# Réseau géodésique national du Burkina Faso

Autor(en): **JeanRichard, N.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK =  
Mensuration, photogrammétrie, génie rural**

Band (Jahr): **96 (1998)**

Heft 6

PDF erstellt am: **23.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-235459>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Réseau géodésique national du Burkina Faso

L'Institut Géographique du Burkina Faso (IGB) a sollicité en 1996 l'aide technique et financière de la Direction du Développement et de la Coopération Suisse (DDC) à Berne pour l'élaboration et la réalisation d'un nouveau réseau géodésique national de premier ordre. L'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) y est associée avec l'Office Fédéral de Topographie en tant qu'experts techniques. Ce travail de diplôme porte sur quelques questions fondamentales soulevées par la mise en place d'un tel réseau. La définition des systèmes planimétrique et altimétrique de référence, les paramètres de transformation des anciennes coordonnées dans le nouveau système (qui reste à choisir), et enfin le processus de densification, sont les principaux thèmes pour lesquels une proposition est attendue. La réalisation de mesures gravimétriques au Burkina Faso a en outre permis de mieux apprécier la qualité du nivellement, qui date d'une quarantaine d'années, et qui pourrait contribuer à un affinement du géoïde.

*Das geographische Institut von Burkina Faso (IGB) hat bei der Eidgenössischen Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA) im Jahre 1996 um technische und finanzielle Hilfe für die Erarbeitung und Realisierung eines neuen, landesweiten geodätischen Netzes erster Ordnung nachgefragt. Die Eidgenössische Technische Hochschule Lausanne (EPFL) und das Bundesamt für Landestopographie sind als technische Experten in diesem Projekt vertreten. Diese Diplomarbeit behandelt grundlegende Fragen im Zusammenhang mit der Erstellung eines solchen Netzes. Die Festlegung des Referenzsystems für Lage und Höhe, die Transformationsparameter der alten Koordinaten ins neue System (dessen Definition noch nicht festgelegt ist) und schliesslich der Ablauf der Verdichtung sind die wichtigsten Themen, für die ein Lösungsvorschlag gesucht wird. Gravimetrische Messungen in Burkina Faso haben es möglich gemacht, die Qualität des etwa 40 Jahre alten Nivellements besser einzuschätzen, was zu einer Verfeinerung des Geoids beitragen könnte.*

L'Istituto Geografico del Burkina Faso (IGB) ha richiesto nel 1996 un aiuto tecnico e finanziario alla Direzione dello Sviluppo e della Cooperazione Svizzera (DDC) a Berna per l'elaborazione e la realizzazione di una nuova rete geodetica nazionale di primo ordine. L'EPFL e l'Ufficio federale di Topografia collaborano a tale progetto in qualità di esperti tecnici. Questo lavoro di diploma tratta di alcuni problemi fondamentali riscontrati nell'impiantazione di una tale rete. La definizione di sistemi planimetrici e altimetrici di riferimento, i parametri di trasformazione delle vecchie coordinate nel nuovo sistema (che rimangono da scegliere) e infine i processi di densificazione, sono i principali temi per i quali sono attese delle proposte concrete. La realizzazione di misure gravimetriche nel Burkina Faso ha inoltre permesso di meglio apprezzare la qualità della livellazione, che risale ad una quarantina d'anni fa, e potrebbe contribuire ad un affinamento del geoide.

N. JeanRichard

## Introduction

Partie intégrante du cheminement du 12° N Parallèle, à travers l'Afrique, l'ancien réseau géodésique comportait 46 points, situés sur cette transversale est-ouest. Tous

les travaux géodésiques réalisés devaient alors se rattacher tant bien que mal à ce parallèle.

La nécessité d'un réseau avec des points répartis sur l'ensemble du territoire burkinabé est apparue avec le développement de zones urbaines et agricoles tant au nord qu'au sud du pays.

Ainsi un nouveau réseau géodésique de 1<sup>er</sup> ordre comportant 55 points, dont 10 repris de l'ancien, a été conçu avec des mailles de 80 à 100 kilomètres [voir Figure 1]. Son point fondamental est le point GPS 99 de Gampela, à environ 10 km à l'est de Ouagadougou. Des mesures de longue durée ont été faites de façon à le rattacher au système international de référence terrestre (ITRF 94). L'utilisation de la technique GPS, à l'aide de quatre récepteurs Leica, a permis un travail rapide et de bonne qualité. La compensation du réseau à l'aide du logiciel LTOP a ainsi abouti en été 1997 avec des erreurs moyennes inférieures à respectivement 3 et 2 cm en altimétrie et en planimétrie.

## Planimétrie

Le choix d'un système de référence planimétrique passe par l'analyse détaillée de plusieurs paramètres. L'étude d'un choix de différents types de projection, avec les distorsions qui en résultent, des ellipsoïdes de référence disponibles, l'étendue ou la forme du pays, mais encore les projections utilisées jusqu'à présent, doivent précéder la décision définitive.

Comme la majorité des travaux géodésiques font intervenir des mesures d'angles et de distances, ce sont généralement des projections conformes (c'est-à-dire qui conservent les angles) que les géodésiens choisissent. Et dans cette catégorie, les projections de Lambert à 1 ou 2 parallèles de contact et la projection Universelle Transverse de Mercator (UTM) avec son méridien de contact sont celles qui reviennent le plus fréquemment. La littérature à leur sujet est abondante [Bugayevskiy et Snyder].

Les conditions de conformité définissent les équations à respecter, notamment quant au facteur d'échelle. La formule suivante, valable aussi bien pour Lambert que pour UTM, permet de fixer les distorsions, en fonction de l'éloignement au méridien (UTM) et au parallèle (Lambert):

$$m = m_0 \cdot \left( 1 + \frac{X^2}{2R^2} \right) \text{ où}$$

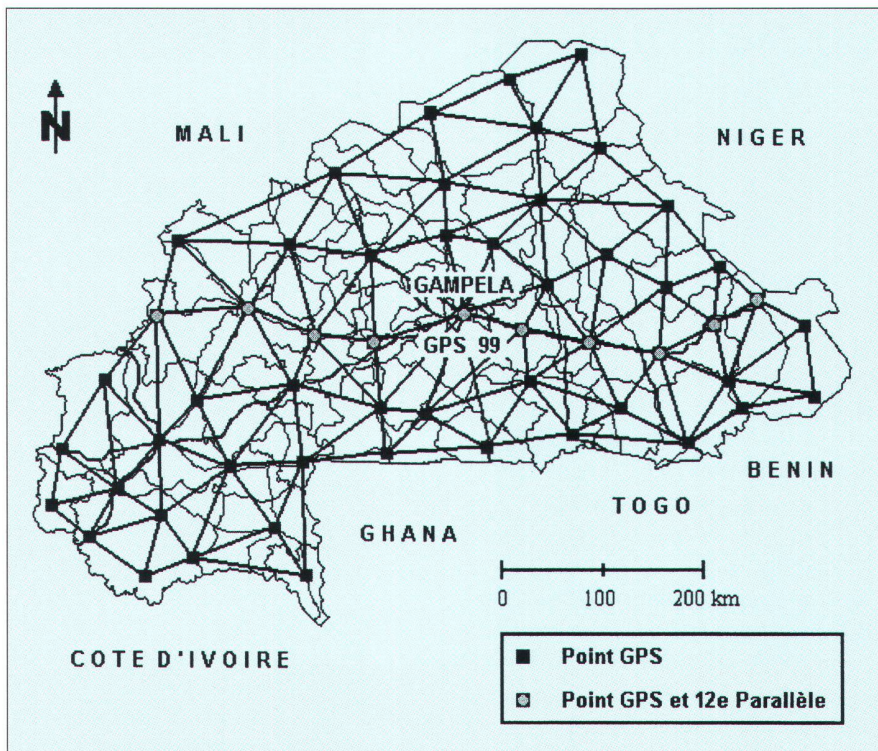


Fig. 1: Réseau géodésique national de 1<sup>er</sup> ordre.

$m$  est le facteur d'échelle,  $m_0$  le facteur d'échelle sur le méridien central ou sur le parallèle,  $X$  la distance au méridien ou au parallèle et  $R$  le rayon moyen de courbure de la Terre, exprimés en mètres.

Pour UTM, par définition, aux limites du fuseau (donc à 333 km du méridien central), les distorsions atteignent 1 m/km; c'est la raison du choix  $m_0 = 0,9996$ .

Quant à la projection de Lambert, avec un parallèle de contact à 12°, on obtient 1,3 m/km au nord et 0,7 m/km au sud du pays. Avec deux parallèles de contact, ce qui revient à appliquer le facteur  $m_0$ , les distorsions diminuent aux extrémités et atteignent au maximum 0,4 m/km.

Néanmoins la forme est-ouest du pays est plus propice à l'utilisation de la projection de Lambert, alors que pratiquement toute la cartographie actuelle du Burkina utilise UTM dans les fuseaux 30 et 31 (extrémité est du pays). Ce sont alors plus des questions politiques qui entrent en jeu (utilisateurs potentiels, historique, pays voisins). La prise en compte de tous ces éléments conduit ainsi à maintenir la projection UTM pour les futurs travaux topométriques.

## Altimétrie

Selon [Botton et al.], la mise en place du système de référence altimétrique nécessite un point fondamental pour lequel l'altitude est fixée, dans notre cas il s'agit du niveau de la mer au marégraphe de Dakar (Sénégal), et un type d'altitude, pour le Burkina l'altitude obtenue par nivellement géométrique. Ce référentiel est celui d'Adindan, en vigueur pour toute l'Afrique occidentale. Les travaux de nivellement réalisés au Burkina l'ont été dans les années 1950. Ils sont restés inachevés, puisqu'aucune compensation n'a eu lieu. Les seuls renseignements disponibles proviennent des archives de l'Institut Géographique National de Paris (IGN-France), et font état de boucles de nivellement avec des écarts de fermeture atteignant les 50 centimètres.

Aujourd'hui, le recours au GPS pour les besoins du nivellement modifie bien des données. Une définition claire et précise du géoïde, la surface équipotentielle du champ de pesanteur, est nécessaire pour assurer le passage entre les altitudes ellipsoïdiques et orthométriques. Le géoïde

décrit une surface physique et irrégulière, en tout point normale à la direction de la pesanteur. Des modèles globaux, tels OSU 91 ou EGM 96, l'approchent, mais il est indispensable d'avoir une connaissance locale de ce géoïde suivant la précision recherchée.

La relation entre les hauteurs ellipsoïdiques  $H$  (en référence à WGS 84) et orthométriques  $h$  (en référence au géoïde) s'obtient par la formule pour la cote du géoïde,  $N = H - h$ . Les mesures GPS sur les points de nivellement apportent aussi de premières indications sur la forme du géoïde au Burkina.

Les travaux dans ce domaine débutent au Burkina, et une campagne gravimétrique de trois semaines a permis d'y apporter de précieuses indications.

## Gravimétrie

### Buts

Le recours aux mesures gravimétriques s'est posé assez rapidement pour qualifier le nivellement réalisé au Burkina. Celles-ci permettent en effet de déterminer les corrections, liées au champ de pesanteur, à apporter aux altitudes géométriques (usuelles) pour obtenir les altitudes orthométriques évoquées précédemment. Dans un deuxième temps, une connaissance élargie de la gravité sur tout le territoire permet d'affiner encore le modèle de géoïde. Des mesures mieux réparties sont alors nécessaires.

### Mesures

D'emploi très aisé, un gravimètre est mis à notre disposition par l'ETHZ. Les mesures sont effectuées sur les points de nivellement selon deux bases est-ouest et nord-sud, partagées en plusieurs tronçons. Un aller et retour journalier est nécessaire pour chaque tronçon, d'une part pour contrôler les mesures, mais aussi pour éliminer toute dérive de l'instrument. Les mesures sont relatives au point fondamental du réseau [voir Figure 2]. Les valeurs du compteur de l'appareil sont converties en milligals ( $1 \text{ milligal} = 10^{-5} \text{ m/s}^2$ ) à l'aide d'une table qui lui est propre, après une lecture au centième de mil-

ligal. Il convient encore d'apporter les corrections dues aux marées solaires et lunaires, connues par avance à toute heure, et qui peuvent atteindre  $\pm 200$  millièmes de milligal.

## Résultats

Le calcul des corrections orthométriques a révélé de très faibles valeurs. La différence pour chaque point entre les altitudes géométrique et orthométrique ne dépasse pas le centimètre, ce qui conduit à un écart maximal de 28 mm pour le point à l'extrémité ouest par rapport au point fondamental. Ces valeurs sont faibles; au vu des précisions auxquelles le nivellement a été réalisé et le géoïde est connu, elles peuvent être négligées.

## Paramètres de transformation

Pour permettre le passage des coordonnées de Clarke 1880, l'ancien système, au nouveau système WGS 84, des paramètres de transformation sont remis aux utilisateurs qui ont choisi un des deux systèmes, tout en faisant encore recours à l'autre en certaines occasions.

L'ellipsoïde de Clarke 1880 est l'ellipsoïde du référentiel utilisé jusqu'à présent. Les opérations géodésiques réalisées à la fin des années 1960 sur le 12ème Parallèle ont défini entre autres les 10 points qui ont été rénovés pour la mesure GPS l'année passée. Le calcul des paramètres se base donc sur ces 10 points communs. Une compensation de Helmert à sept paramètres, utilisant trois translations, trois rotations et un facteur d'échelle, permet d'obtenir une première série de paramètres. La conséquence d'un choix différent (rotations bloquées, par exemple) est analysée sur la base des résidus et des erreurs moyennes qui en découlent.

Des mesures GPS sur une centaine de points de nivellement permettent de constater l'effet des paramètres sur l'altimétrie. Pour la grande majorité des points, l'écart entre l'altitude géométrique et celle obtenue avec les paramètres ne dépasse pas les 50 centimètres. Cela reste dans les limites de la précision du

géoïde global utilisé. En attendant d'être affinés avec des points supplémentaires (paramètres locaux), ces paramètres devraient permettre de répondre aux besoins des nombreux utilisateurs potentiels de la technique GPS (délimitation de frontières, aménagement du territoire, prospection minière, etc.).

## Densification

Le processus de densification est limité aux portions du pays qui montrent un développement croissant et profitant aux populations. Ainsi sept sites sont retenus:

- les quatre villes principales où ont été établis des schémas directeurs d'aménagement et de lotissement, qui couvrent entre 25 000 et 90 000 ha. Entre 30 et 100 nouveaux points seront définis ;
- les trois zones agricoles où la construction de barrages hydroélectriques a entraîné des aménagements sur plus de 150 000 ha chaque fois (environ 60 points sont nécessaires à une couverture adéquate de chaque zone).

La mise en place d'un réseau de points tous les 3 à 5 km pour ces zones requiert une progression ciblée du processus de densification. La phase de planification est primordiale et l'élaboration de directives techniques devrait permettre de prendre en compte chaque étape jusqu'à la compensation finale. A ce sujet également, [Botton et al.] apporte une série de paramètres indispensables à la réussite du projet.

## Conclusion et perspectives

Comme les cotes du géoïde N ne peuvent être mesurées de manière directe, des méthodes gravimétriques et astrogéodésiques ont été développées. Néanmoins ces méthodes requièrent de l'expérience et une certaine instrumentation en matière d'observation et d'évaluation. La combinaison de mesures GPS avec des nivellements de précision ou des mesures d'angles zénithales peut représenter une alternative intéressante avec les moyens à disposition. Ainsi, les études faites à ce su-

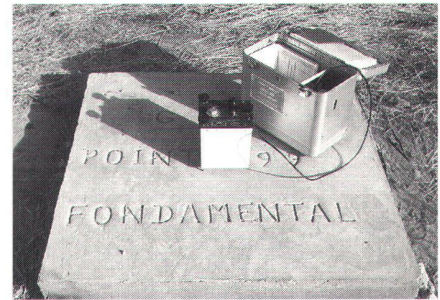


Fig. 2: Photo du gravimètre sur le point fondamental du réseau (GPS 99).

jet par l'Institut de géodésie de l'Université de Munich montrent tout l'attrait à utiliser le GPS dans la mesure de déviations de la verticale.

La réalisation du réseau national passe encore par des choix rigoureux, quant aux thèmes évoqués dans ce travail. Les mesures effectuées ont démontré une très bonne cohérence générale, mais certains aspects plus particuliers méritent toutefois d'être affinés.

L'Institut Géographique du Burkina dispose maintenant d'une solide expérience pratique qu'il va pouvoir engager dans la suite des travaux, notamment dans ces questions relatives au géoïde. Des solutions ne sont pas encore établies, mais l'IGB participera activement à leur recherche. L'aide apportée par la DDC va lui permettre de jouer un rôle moteur, à la fois pour le Burkina mais également pour les pays limitrophes, dans l'élaboration de données à usage topométrique.

### Bibliographie:

- Botton, S. et al. (1997): GPS, localisation et navigation. Editions Hermès, Paris.
- Bugayevskiy, L. M. et Snyder, J.P. (1995): Map projections. A Reference Manual. Taylor & Francis Ltd, London.
- Torge, W. (1991): Geodesy – 2<sup>nd</sup> Edition. Walter de Gruyter, Berlin New York.
- Wirth, B. (1990): Höhensysteme, Schwerepotentiale und Niveauflächen. Geodätisch-geophysikalische Arbeiten in der Schweiz, Band 42, Zürich.

JeanRichard Nicolas  
chemin des Jordils 41  
CH-2016 Cortaillod NE