

État des lieux des réseaux géodésiques et implémentation de l'ITRF en Afrique, historique, enjeux et perspectives

Fabrice IRIE - Amandine NJEUGEUT - Ithri AIT HOU - Marie Brigitte MAKUATE - Augustin BAMOUNI

Thierno DIALLO - Joseph AHOULOU - Dr. Labaly TOURÉ

En Afrique, la mise en place et l'implémentation des réseaux géodésiques, ainsi que l'adoption du repère international de référence terrestre (ITRF), revêtent une importance particulière pour diverses applications telles que la cartographie précise, la gestion des ressources naturelles, la planification urbaine, la navigation et bien d'autres.

L'état des réseaux géodésiques en Afrique varie considérablement d'un pays à l'autre. Certains pays disposent de réseaux géodésiques modernes et bien établis, tandis que d'autres font face à des lacunes en matière d'infrastructures et de données.

C'est dans cette optique que le Réseau professionnel des Africains de la géomatique (RPAG) a co-organisé avec le comité d'experts des Nations unies sur la gestion mondiale de l'information géospatiale (UN-GGIM), le 29 juillet 2023, un webinaire sous l'intitulé de "État des lieux des réseaux géodésiques et implémentation de l'ITRF en Afrique : historique, enjeux et perspectives". Le Geo-talk a pour ambition, d'une part, de mettre en lumière les progrès accomplis au niveau continental. Cela est le cas de la mise en place du cadre de référence géodésique africain AFREF. Il permet de soulever les obstacles restants sur les réseaux géodésiques et l'implémentation de l'ITRF dans les pays africains à travers plusieurs pays tels que le Nigéria, le Burkina Faso, l'Ouganda, la Côte d'Ivoire et le Ghana.

MOTS-CLÉS

Afrique, réseaux, stations permanentes, ITRF, AFREF, Nigéria, Burkina Faso, Ouganda, Côte d'Ivoire, Ghana

inhérentes entraînant une distorsion importante dans le réseau ; certains de ces problèmes comprennent (Uzodinma, 2005) :

- une imprécision du facteur d'échelle par compression de l'ellipsoïde Clarke 1880, provoquant ainsi des défauts dans les distances mesurées ;
- une mauvaise définition de l'origine du réseau nigérian ;
- une absence de modèle de hauteur géoïdale ;
- des difficultés dans la détermination des paramètres de transformation.

La réalisation du *Nigerian Geocentric Datum* (NGD2012) vise un *datum* géocentrique tridimensionnel de haute précision. Ce *datum* sera dynamiquement maintenu, afin de mettre en œuvre le nouveau réseau géodésique fiduciaire du Nigéria. Il servira de *datum* géométrique et de *datum* physique, ce qui renforcera les capacités et les services de la topographie et de la cartographie pour le développement économique et la recherche scientifique.

Réalisé par l'*Office of the Surveyor-General of the Federation* (OSGOF) et le projet géocentrique, les objectifs du projet sont les suivants :

Le Nigéria

Au Nigéria, le système de référence géodésique ou système de coordonnées régionales (locales) est le *datum* de Minna basé sur l'ellipsoïde de Clarke 1880 modifié, utilisé officiellement (figure 1). Ces *datums* sont définies en utilisant deux paramètres, à savoir, le demi-grand axe (a) et l'aplatissement (f). L'observation du système de référence géodésique du Nigéria a été réalisée entre la fin des années 1940 et le début des années 1960 (Arinola, 2006) ; l'ellipsoïde de référence est le Clarke 1880 avec le centre et l'origine ne coïncidant pas avec le centre de masse de la Terre ; au lieu de cela, l'origine est l'une des stations situées approximativement au centre du réseau de triangulation associé

(Onyeka, 2006) ; les points de contrôle ont été établis à l'aide de méthodes traditionnelles de levés ; le *datum* de Minna utilisé dans l'élaboration du réseau de triangulation primaire du Nigéria présente plusieurs déficiences

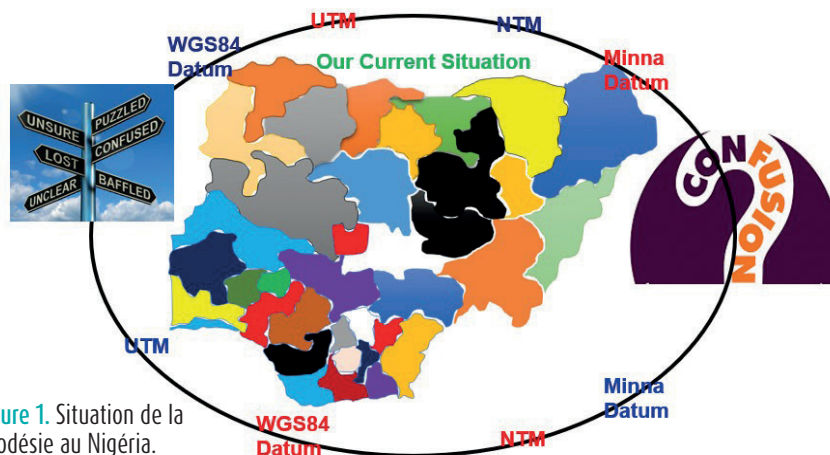


Figure 1. Situation de la géodésie au Nigéria.

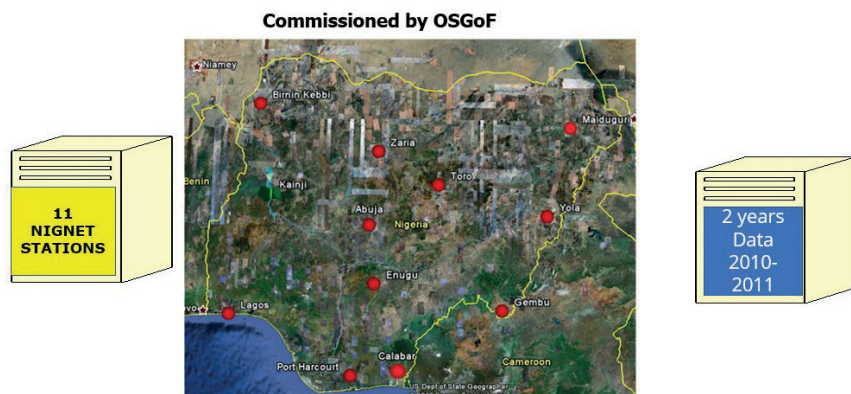


Figure 2. Le projet NIGNET.

- établir un réseau national de stations permanentes GNSS ou *Nigeria Permanent GNSS Reference Network NIGNET* (figure 2) et le coordonner avec le *International Terrestrial Reference Frame* (ITRF) ;
- établir un réseau de contrôle géodésique GNSS National ou *National GNSS Geodetic Control Network* (NGGCN) et coordonner avec l'ITRF en référence au réseau national ;
- effectuer des transformations entre les *datums* ;
- mettre à jour le réseau national de contrôle vertical.

Le *Datum géocentrique nigérian* NGD2012 répond à la vision du système de référence africain ou *African Geodetic Reference Frame* (AFREF). Avec une précision de 10 mm définie dans l'ITRF2008, il constitue l'épine dorsale

de toutes les activités de topographie et de cartographie. Des coordonnées de haute qualité des stations NIGNET ont été obtenues. Le réseau géodésique d'ordre zéro est désormais défini sur le cadre de référence ITRF2008, avec des coordonnées finales dans l'ITRF2008 à l'époque du 1^{er} janvier 2012.

Le réseau de référence de stations permanentes (CORS) au Nigéria (figure 3) est en constante évolution, passant de deux stations en 2008 à seize en 2023. Le passage du réseau NIGNET de l'ITRF2008 à l'ITR2020 est l'occasion de faire une nouvelle réalisation par retraitement des observations. Initialement composé de onze stations CORS NIGNET en 2012 dans l'ITRF2008, le réseau s'est élargi avec le temps (figure 4). En effet, le gouvernement (représenté par OSGoF) compte désor-

mais plus de seize stations, tandis que les organismes d'État et les géomètres privés contribuent chacun avec plus de dix stations, totalisant ainsi plus de 26 stations permanentes. Dans le cadre de l'ITRF2020, un réseau de 60 stations GNSS passives joue un rôle essentiel en tant que réseau de contrôle géodésique primaire, renforçant ainsi la précision et la qualité des données géodésiques. Le nouveau *datum* géocentrique (NGD2022/NIGREF22) basé sur l'ITRF2020 marque une avancée significative. Le passage du réseau NIGNET de l'ITRF2008 à l'ITR2020 a nécessité une justification pour une nouvelle réalisation en 2023. La modélisation des mouvements non linéaires des stations a été entreprise, combinant les séries chronologiques de quatre techniques. Des liaisons locales ont été ajoutées et les vitesses des stations ainsi que les signaux saisonniers ont été éga-

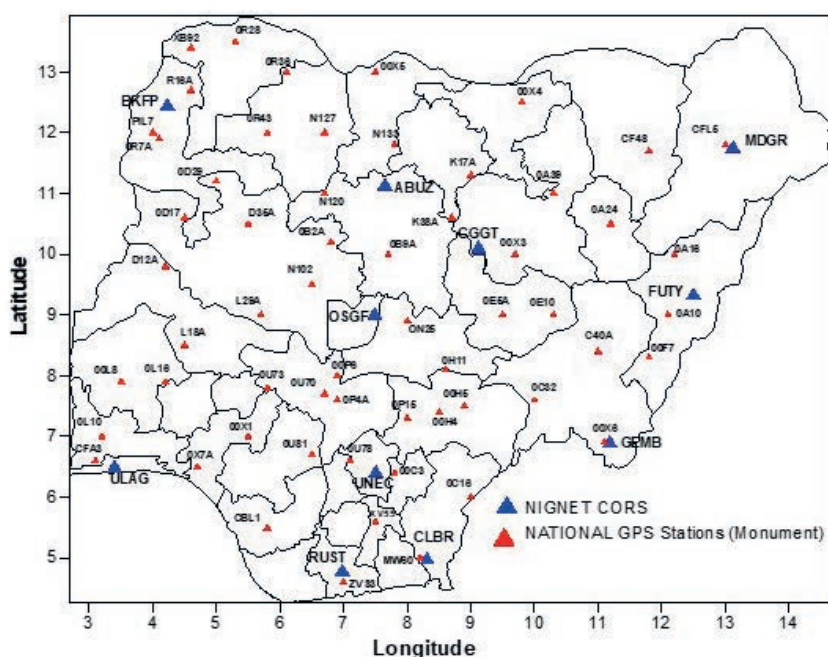


Figure 3. Le réseau de référence de stations permanentes (CORS) au Nigéria.

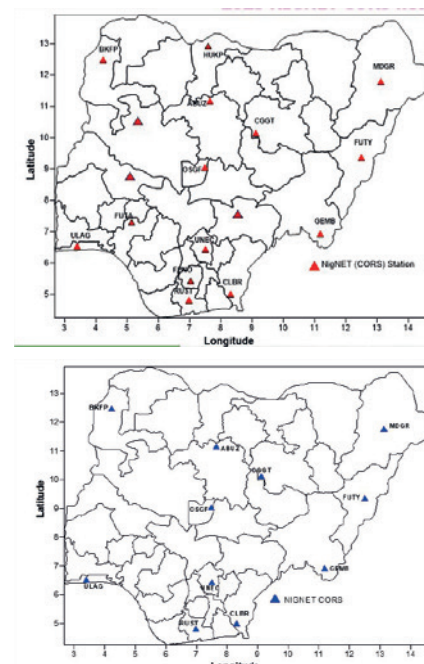


Figure 4. Le NIGNET de 2012 à 2023.

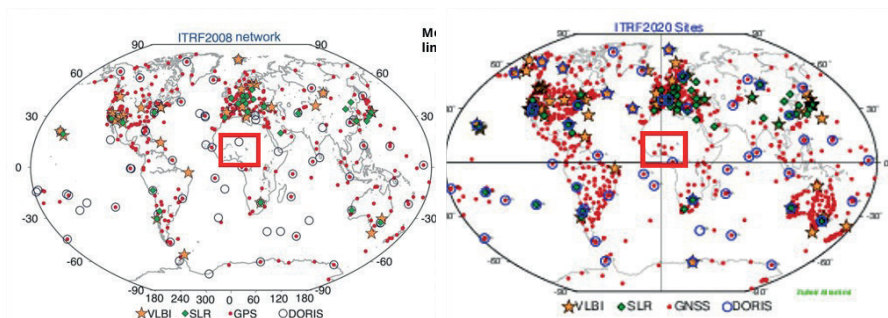


Figure 5. L'ITRF de 2008 à 2020.

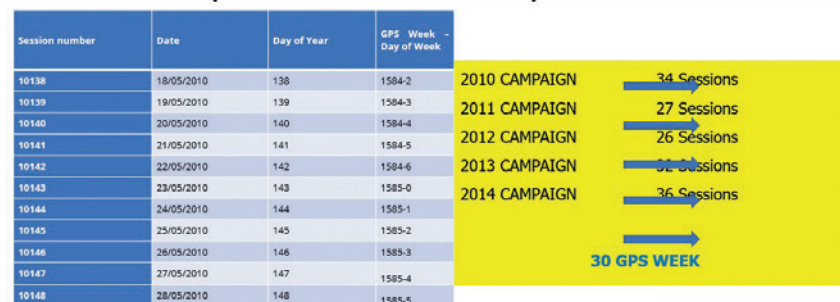


Figure 6. Les cinq campagnes de mesure NGD2023 / NIGREF.

sur 1 100 sites GNSS/IGS et 93 sites de colocalisation. Cette transition améliore la précision et la qualité des données géodésiques.

Pendant quatre ans (2010-2014), des données GPS provenant de 14 stations CORS NIGNET ont été obtenues auprès de l'OSGoF et ont été vérifiées pour leur disponibilité. De même, deux mois (janvier 2011 et février 2011) de données de campagne observées sur les 60 stations de contrôle GNSS primaires passives ont été fournies par l'OSGoF. Les données ont été regroupées par année et campagne (CAMP2010, CAMP2011, CAMP2012, CAMP2013 et CAMP2014), voir figure 6. Les fichiers RINEX ont été vérifiés pour chaque station dans chaque campagne et répertoriés selon la semaine GPS. 41 sites IGS ont été téléchargés à partir du site web IGS pour les mêmes périodes. Un total de 143 jours représentant 30 semaines GPS de données couvrant les cinq années ont été vérifiés et ont passé le contrôle qualité (TEQC). Dans l'ensemble, une quantité suffisante de données d'observations provenant des stations NIGNET et de la plupart des stations IGS a été utilisée pour déterminer le GDN23/NIGREF. La qualité des solutions journalières NGD2023/NIGREF et de la solution globale est évaluée.

La combinaison des solutions NGD2023/ NIGREF en ITRF2020 est réalisée grâce à une technique d'empilement d'équations normales. Les caractéristiques de la solution finale NGD2023/ NIGREF incluent son alignement avec ITRF2020 sans déformation, une précision moyenne d'environ 5-6 mm dans les composantes horizontales et 11 mm dans la composante verticale pour le réseau NIGNET et une précision interne encore plus élevée pour le réseau NIGNET CORS. Les principales caractéristiques sont les suivantes :

- c'est une solution de réseau libre non déformé ;
- elle est alignée sur ITRF2020 à l'époque des observations, au moyen d'une transformation de similarité à trois paramètres ;



Figure 7. Stations GNSS du réseau BF-CORS.

- la précision moyenne au sein d'ITRF2020 à l'époque des observations pour le réseau est estimée à 5 mm dans la direction Nord, 6,3 mm dans la direction Est et environ 12 mm dans la direction verticale (Haut) ;
- le réseau NIGNET présente une précision légèrement meilleure d'environ 5 à 6 mm dans les deux composantes horizontales et d'environ 11 mm dans la composante verticale ;
- la précision interne du réseau NIGNET CORS est de 2 à 3 mm dans les composantes horizontales et d'environ 5 mm dans la composante verticale.

En somme, le nouveau système de référence géodésique du Nigéria marque une avancée significative dans la précision et la fiabilité des données géodésiques, offrant ainsi des avantages importants pour la topographie, la cartographie et la recherche scientifique dans le pays.

Burkina Faso

À travers les époques, plusieurs systèmes planimétriques et altimétriques ont cohabité au Burkina Faso. Les systèmes planimétriques existants au Burkina sont :

- le système géodésique Adindan avec pour point fondamental le point 58 du cheminement du 12^e parallèle (Dallo Maouri en République du Niger). Il est basé sur l'ellipsoïde Clarke 1880 et sa projection Mercator Transverse Universel (UTM 30 et 31) ; il n'existe pas de réseau et comprend 2 350 bornes astronomiques mises en place au niveau de l'AOF ; ces bornes ont ensuite été complétées par des bornes du cheminement du 12^e parallèle ;

Figure 8. Réseau de nivellement du Burkina Faso.



Carte de la réhabilitation et de la densification du NGA01958 par l'IGB

- les systèmes Doppler dont le système de référence est le WGS72BE avec une projection UTM (30 ou 31) ; quatre bornes ont été matérialisées sur les limites de la frontière du Burkina ;
- le système géodésique WGS84 qui a pour ellipsoïde le GRS80 avec une projection UTM (30 ou 31) ; le réseau de premier ordre comprend 55 bornes avec une précision de 2 cm en planimétrie et 3 cm en altimétrie ; le réseau de second ordre est constitué de 704 bornes ;
- le système ITRF 2008 qui a pour ellipsoïde le GRS80 avec sa projection Burkina Faso Transverse Mercator (BFTM). Il a une précision de 5-6 mm en horizontal et 11 mm en vertical ; 13 stations ont été mises en place dans ce système (figure 7) ;
- les canevas de détails locaux constitués de lotissements de grande envergure sous la période révolutionnaire.

Le système altimétrique national du Burkina Faso est basé sur le nivellement général de l'Afrique de l'Ouest NGAO qui a pour point fondamental le puits du marégraphe de Dakar. Il couvre 85 % du territoire avec une précision de 2 mm/km (figure 8). L'hétérogénéité de ces réseaux à l'échelle du Burkina Faso a contraint l'État à prendre des dispositions légales pour fixer un cadre d'harmonisation. En effet, deux groupes de textes ont encadré la conception et la réalisation des divers systèmes géodésiques :

- les textes français de 1943-1945 ; ils ont été utilisés dans le système géodésiques Adindan, Doppler, WGS84 et ITRF 2005 ;

- les nouveaux textes de 2012 qui encadrent le nouveau référentiel géodésique national ITRF08, projection BFTM définie en mai 2012.

Pour le maintien de la cohérence des réseaux géodésiques à l'échelle du Burkina, plusieurs défis sont à résoudre :

- la diversité des systèmes géodésiques ;
- la production de données dans les repères locaux sans définition mathématiques appropriée ;
- le manque de fonds ou de financement pour la prise en charge des travaux relatifs à la transformation des données dans le référentiel normalisé ;
- la prise en compte des données ponctuelles et des données de forme ;
- la non-maîtrise des référentiels géodésiques par la plupart des utilisateurs ;
- la gestion des réseaux modernes, entretien et développement.

Des perspectives de résolution sont en cours. Deux groupes de paramètres de transformation sont déjà déterminés et de précision suffisante pour des productions cartographiques à petites et moyennes échelles : système Adindan vers ITRF 2008 et *vice versa*, le système Adindan et WGS84 et *vice versa*.

Pour les travaux de niveau topographique, la diversité des canevas exige une approche locale donc nécessitant un financement important pour sa réalisation et son traitement.

Ouganda

Historiquement, le réseau de référence géodésique de l'Ouganda était initialement composé de deux réseaux

distincts : le réseau horizontal et le réseau vertical.

Le réseau géodésique horizontal, achevé au début des années 1970 (figure 9), a établi le système national de référence horizontale et comprenait environ 130 points de contrôle primaires, 650 points de contrôle secondaires et 950 points de contrôle tertiaires. Cela fait un total de 1 730 points du réseau géodésique horizontal. Ce réseau horizontal a été pratiquement détruit pendant la période de troubles politiques des années 1970-1980 et ne pouvait plus servir au développement du pays. On estime à 60 le nombre de points encore existants.

Le réseau vertical de référence, quant à lui, était basé sur un nivellement précis. Il a été établi au cours de la période 1930-1960. Il est basé sur le système de référence verticale de Khartoum et a conservé quelques points de référence sur le terrain, mais le réseau ne peut plus être utilisé. Ce déficit de réseau a conduit à la mise en place d'un nouveau réseau géodésique unifié et moderne.

Le réseau géodésique moderne de l'Ouganda est basé sur des services web et des services non-web. Il est composé de points de contrôle géodésiques passifs, de stations de contrôle géodésiques actives et du modèle du géoïde.

En raison de l'ampleur de cette mission, la mise en œuvre de ce réseau moderne s'est effectuée par étapes : phase pilote, phase 1 et ensuite phase 2.

Au cours de la phase pilote, plusieurs activités de densification du réseau ont été effectuées. En effet, neuf points d'ordre zéro et cinq points auxiliaires conformes au système de référence géodésique mondial précis ont été établis. Ils ont été positionnés géométriquement et sont en bon état. Ces points ont été établis dans l'ITRF 2005 Epoch 2010.0 projection UTM Zone 36N/S avec une date d'entrée en vigueur en 2009.

Au cours de la phase 1, les activités de densification se sont accentuées : neuf points d'ordre zéro ont été observés en 2018, douze stations actives (CORS) d'ordre zéro ont été établies dans l'ITRF 2005 projection UTM 36N/S avec pour une date d'entrée en vigueur en 2019. 197 points de premier ordre et 229 points passifs ont été établis dans l'ITRF 2005 Epoch 2010.0 projection UTM

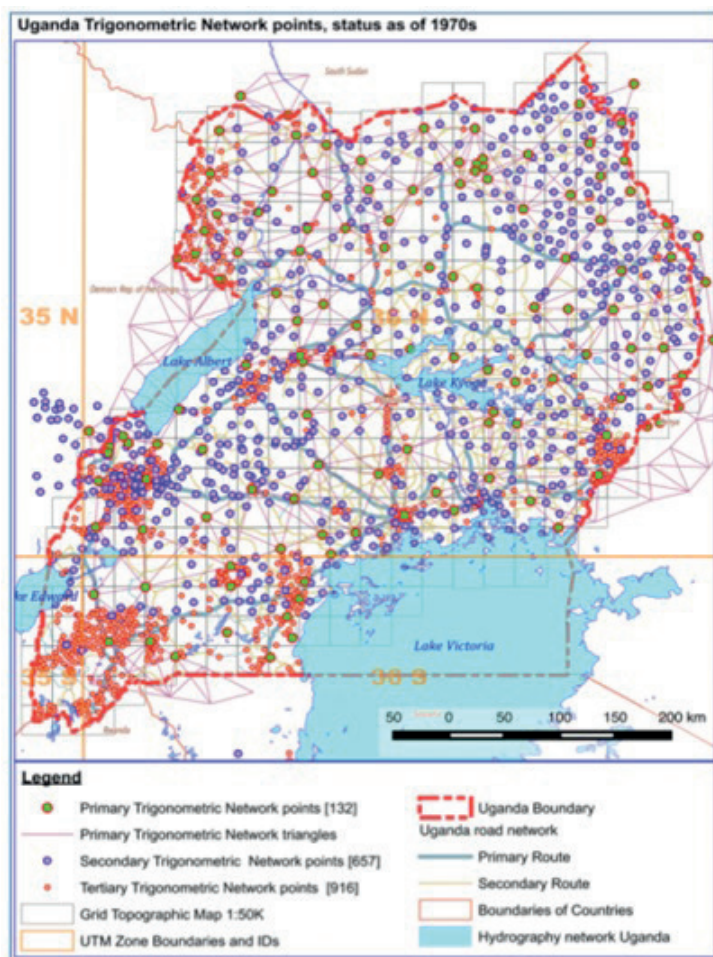


Figure 9. Réseau trigonométrique de l'Ouganda en 1970.

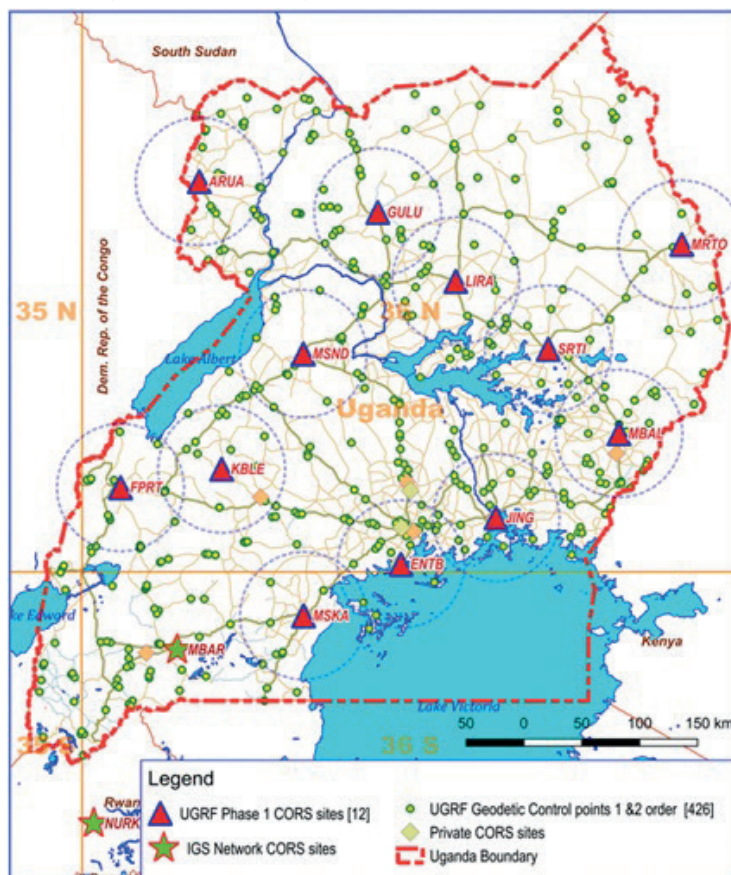


Figure 10. Stations GNSS permanentes de l'Ouganda.

Zone 36 N/S avec une date d'entrée en vigueur en 2019.

La composante passive du réseau est constituée de points de contrôle géodésiques permanents répartis sur l'ensemble du territoire afin de fournir une référence géodésique précise qui se confond uniformément avec les stations actives. Des stations de référence permanentes actives (CORS) ont été construites pour atteindre la meilleure précision possible avec la technologie GNSS moderne (figure 10). Elles fournissent des services cinématiques en temps réel (RTK) et des services de positionnement par post-traitement (PPPS). L'Ouganda dispose à ce jour de 12 stations gérées par le gouvernement et d'environ 60 stations CORS privées dans le pays. Dans la phase 3 à venir, le pays a prévu d'augmenter le nombre de stations CORS publiques pour atteindre 40 et d'inclure environ 60 CORS privées supplémentaires. L'Ouganda a aussi prévu de densifier les points passifs. Le modèle du géoïde de l'Ouganda fait partie intégrante du cadre de référence géodésique de l'Ouganda, qui comprend le réseau géodésique horizontal (les stations CORS, les points de contrôle géodésiques d'ordre zéro, d'ordre 1 et d'ordre 2) et la référence verticale (la hauteur du géoïde). Il est basé sur un levé aéroporté (gravimétrie) réalisé en 2020 et est lié au référentiel altimétrique de Khartoum par sept points de nivellement GPS. Ces points ont une précision de 2 cm RMS, ce qui en fait de loin le meilleur modèle du géoïde d'Ouganda avec une précision verticale de 10 à 50 cm. Le modèle de géoïde a été établi avec le soutien de l'Institut national de l'espace, Université technique du Danemark (DTU).

Les challenges et les perspectives du réseau géodésique de l'Ouganda portent sur divers points :

- la phase d'établissement et la gestion d'un nouveau cadre de référence géodésique moderne unifié avec l'agenda mondial, est terminée ;
- le lien entre les données géodésiques nationales et l'ITRF et l'AFREF ne fait que commencer ;
- l'intégration de toutes les stations CORS gérées par le gouvernement et les stations CORS privées dans un réseau unique ;



- l'investissement nécessaire à l'entretien des stations est énorme : coût de l'électricité par mois, coût de l'Internet par mois et des licences de logiciels, la maintenance ;
- il faut du personnel compétent et renforcer les capacités : les géomètres devraient apprendre la communication de l'information, la mise en réseau et le redémarrage des serveurs ;
- la migration de l'ancien réseau géodésique (Arc 1960) vers le nouveau (ITRF).

Côte d'Ivoire

L'évolution rapide de la technologie et l'importance croissante des données géospatiales ont engendré des transformations significatives dans le domaine de la géodésie et de l'information géographique. Dans ce contexte, Monsieur Fernand Balé, directeur du CIGN/BNETD, s'est penché sur la modernisation et la mise à jour du Réseau géodésique de la Côte d'Ivoire (RGCI), un projet phare entrepris par le Centre d'information géographique national (CIGN), un département du Bureau national d'études techniques et de développement (BNETD) qui joue un rôle crucial dans la production d'information géographique et la transformation digitale des organisations en Côte d'Ivoire. Cette initiative stratégique s'inscrit dans une dynamique plus large visant à améliorer la qualité, la précision et la disponibilité de l'information géographique, ainsi qu'à renforcer la sécurité foncière et à soutenir la transformation numérique du pays. La présentation a mis en lumière les objectifs, les étapes clés et les défis surmontés lors de la modernisation du Réseau géodésique de la Côte d'Ivoire (RGCI), ainsi que les perspectives prometteuses pour l'avenir au niveau régional et international. La modernisation du RGCI est un projet mené par le Centre d'information géographique national (CIGN). Le RGCI, établi depuis l'époque coloniale, a été maintenu et amélioré par le CIGN pour répondre aux besoins de précision géodésique et de sécurité foncière du pays.

Dès les années 60, l'Institut géographique de Côte d'Ivoire, aujourd'hui CIGN, a pris le relais et procédé à la densification et au maintien du réseau.

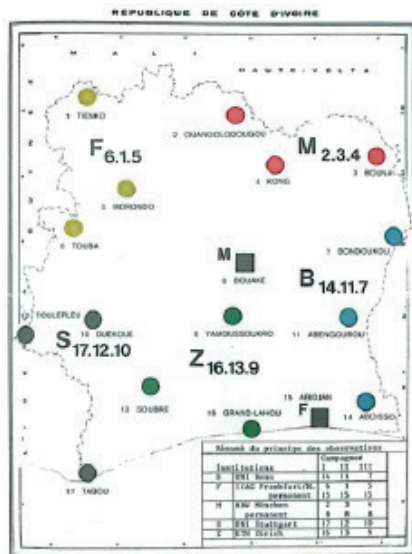


Figure 11. Réseau national, années 1980, méthode Doppler - Transit.

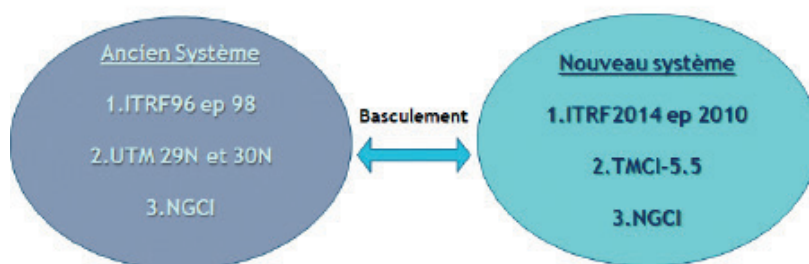
De 1961 à 1963, plusieurs triangulations et cheminements locaux ont été exécutés. Les points fixes ont été déterminés par des méthodes astronomiques. Dans les années 80, le 1^{er} réseau national a été établi par la méthode Doppler grâce à la coopération allemande. Ce 1^{er} ordre comprenait 17 points (figure 11).

De 1996 à 1999, la Côte d'Ivoire opère le choix de mettre à niveau le RGCI par la méthode du GPS. Ce projet a été réalisé par un financement public dans le cadre de la réforme fiscale, et voit la naissance du Réseau géodésique ivoirien de référence qui compte : 42 points, représentés par des piliers de béton et une station permanente (YAM1) en collaboration avec l'IGS.

L'objectif principal visé était d'assurer l'harmonisation des travaux topographiques, cartographiques, cadastraux dans un référentiel national unique et de contribuer à la sécurisation foncière. La modernisation du RGCI s'est faite en plusieurs étapes, notamment :

- le passage de l'ITRF 96 à l'ITRF 2014 (figure 12) ;
- les étapes de réhabilitation et de reconstruction des bornes géodésiques endommagées ;
- les observations GNSS, les calculs de nouvelles coordonnées ;
- et les paramètres de transformation entre les différents systèmes de référence.

Le financement du projet a été assuré par l'Agence foncière rurale (AFOR) dans le cadre du Projet d'amélioration et de mise en œuvre de la politique foncière (PAMOFOR). Par ailleurs, dans le cadre du même financement, cinq stations permanentes GNSS avec un centre de calculs ont été déployées dans les zones de PAMOFOR pour faciliter davantage les travaux de sécurisation foncière et de géoréférencement. L'extension du réseau CORS (Station permanente GNSS) à l'échelle nationale (figure 13), la contribution à l'opérationnalisation du GGRF et de l'AFREF (référentiel géodésique africain), ainsi que le renforcement de l'équipe de géodésiens pour accompagner les utilisateurs dans leurs besoins en information géographique et foncière sont autant de défis surmontés,



ITRF96 époque 98.2 vers ITRF2014 époque 2010

Désignation	Tx	Ty	Tz	D	R1	R2	R3
unités	m	m	m	ppb	Seconde (")	Seconde (")	Seconde (")
valeur	0.0075	-0.0113	-0.0507	7.662	-0.000493	0.009547	-0.008338

ITRF2014 époque 2010 vers ITRF96 époque 98.2

Désignation	Tx	Ty	Tz	D	R1	R2	R3
unités	m	m	m	ppb	Seconde (")	Seconde (")	Seconde (")
valeur	-0.0075	0.0113	0.0507	-7.662	0.000493	-0.009547	0.008338

Figure 12. Passage de ITRF96 à ITRF2014.

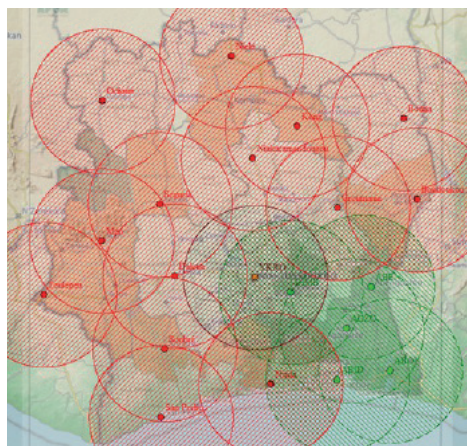


Figure 13. Réseau de stations GNSS permanentes en Côte d'Ivoire.

d'accomplissements et de perspectives pour l'avenir. En résumé, l'intervention de Fernand Bale lors du Geo-talk a permis de montrer un aperçu approfondi du processus de modernisation du RGCI, soulignant l'importance de l'information géographique de haute qualité dans la réalisation des objectifs nationaux et régionaux. En examinant les défis relevés, les solutions mises en œuvre et les opportunités futures, nous espérons contribuer à la compréhension et à la promotion des efforts déployés pour renforcer l'infrastructure géospatiale de la Côte d'Ivoire et promouvoir le développement durable dans l'ensemble de la région.

Ghana

L'adoption de l'ITRF au Ghana reflète la reconnaissance croissante de l'importance de disposer de données géodésiques précises et compatibles à l'échelle mondiale. Malgré les défis, le Ghana progresse dans la modernisation de ses systèmes de référence géodésique, contribuant ainsi à l'amélioration de la cartographie, de la navigation et de diverses applications géospatiales tant au niveau national qu'international. Monsieur Stephen Djaba, représentant du groupe GEO-TECH, nous a présenté l'actualité du réseau géodésique au Ghana en tant qu'acteur du domaine privé ayant fortement contribué à la mise en place du réseau national CORS en partenariat avec l'entreprise israélienne GMX Systems LTD. Les stations GNSS permanentes (GNSS CORS) ont pris le pas au Ghana au début des années 2000, suite à la réunion de l'AFREF en Afrique du Sud soulignant le besoin croissant de développer un système de

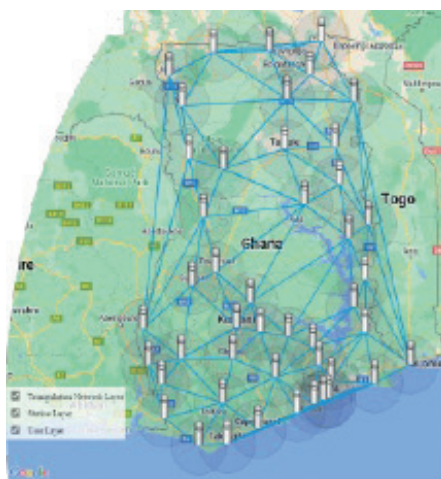


Figure 14. Stations permanentes au Ghana, vue partielle.

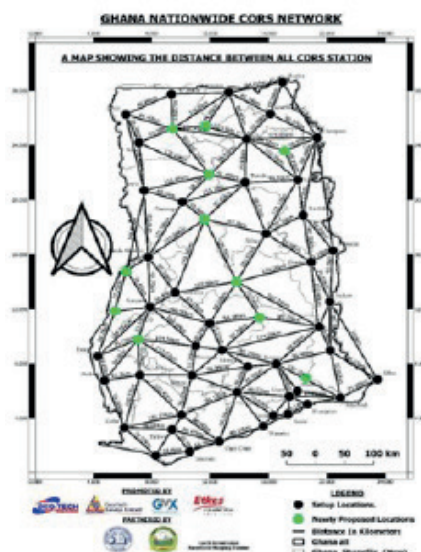


Figure 15. Stations permanentes au Ghana, vue complète.

référence commun pour l'acquisition de données géospatiales compatibles avec les normes internationales.

Ainsi, le Ghana compte aujourd'hui au moins 85 stations permanentes, dont 52 stations sont gérées par le groupement GEO-TECH-GMX avec 93 % de couverture nationale et un rayon de 50 à 70 km pour chaque station. Parmi les stations permanentes au Ghana, nous citons :

- Golden Star Bogoso – Prestea ;
- Goldfields Ghana LTD – Damang ;
- Université des Mines – Tarkwa ;
- Système Geo-Tech, Accra ;
- Institut ghanéen des sciences et technologies spatiales (énergie atomique) – Accra ;
- Commission foncière – Accra & Ho ;
- Association des géomètres agréés du Ghana (LiSAG) - huit stations ;
- Trois stations installées par Leica (PSDA) ;

- Stations installées par les groupes chinois, STONEX, Sud, etc. ;
- Stations installées par Trimble. La mise en place de ce système de stations permanentes (figures 14 et 15) a permis d'assurer une observation géodésique nationale continue, de réduire le coût des levés topographiques et les délais d'enregistrement foncier ainsi qu'améliorer la politique intergouvernementale de partage des données.

UN-GGIM et AFREF

AFREF (AFrican REference Frame) est une initiative des Nations unies pour l'Afrique qui fixe un repère de référence africain. Il se présente sous forme de projet scientifique utilisant le positionnement moderne par satellite pour :

- définir un repère de référence géodésique uniforme pour l'Afrique, qui constitue la base des repères de référence tridimensionnels nationaux conformes au repère de référence terrestre international (ITRF) ;
- établir un réseau de stations de base GNSS pour la cartographie et la détermination de la position dans toute l'Afrique ;
- soutenir la recherche scientifique dans le domaine du positionnement par satellite.

Les objectifs de l'AFREF sont à plusieurs niveaux :

- déterminer un système de référence continental pour l'Afrique qui soit cohérent et homogène avec le repère de référence mondial de l'ITRF et qui serve de base aux réseaux nationaux de référence tridimensionnelle ;
- réaliser un référentiel vertical unifié et soutenir les efforts visant à établir un géoïde africain précis ;
- mettre en place des stations de base GNSS permanentes et continues à une distance telle que les utilisateurs se trouvent à moins de 1 000 km d'une station de base et que les données sont librement accessibles à toutes les nations ;
- déterminer la relation entre les repères de référence nationaux existants et l'ITRF afin de préserver les informations patrimoniales basées sur les repères existants ;
- fournir un environnement de développement durable pour le transfert



de technologie afin que ces activités améliorent les réseaux nationaux et d'autres applications ;

- contribuer à l'établissement d'une expertise nationale pour la mise en œuvre, l'exploitation, le traitement et l'analyse des techniques géodésiques modernes, principalement le GNSS.

L'AFREF a plusieurs caractéristiques :

- réseau de stations de base GPS/GNSS permanentes ;
 - couvrant l'ensemble du continent ;
 - au moins une dans chaque pays ;
 - à terme, partout en Afrique à moins de 1 000 km d'une station de base ;
- repère de référence géodésique uniforme ;
 - cohérent avec le repère de référence terrestre international (ITRF) ;
 - base pour les réseaux nationaux de référence tridimensionnelle

L'AFREF peut être applicable à des domaines divers et variés et les statuts des réceptions sont présentés en figure 16.

Le réseau AFREF est constitué de plus de 116 stations de base GNSS en Afrique. Au total, 43 stations diffusent actuellement des données qui peuvent être utilisées pour le calcul des solutions de position et l'analyse :

- donation Trimble de 5 stations déjà installées ;
- donation de Trimble de 10 stations à déployer ;
- donation de 75 stations par Ordnance Survey.

Les défis futurs de l'AFREF sont :

L'infrastructure du réseau

- évaluer l'état des stations existantes et des projets en cours avec les partenaires (IGN France et autres) ;
- déterminer les lacunes et l'emplacement optimal des stations GNSS promises par Ordnance Survey et Trimble.

Calcul

- adopter les bonnes méthodologies pour le calcul futur des paramètres de transformation ;
- élaborer une politique en matière de données qui permettra aux personnes de fournir des données à l'aide d'un serveur ftp et de créer un miroir des données afin d'obtenir une vue d'ensemble de toutes les stations ;
- discuter de la question de la hauteur verticale pour permettre à l'AFREF



Figure 16. État de réception des données des stations permanentes GNSS.

d'affronter dans les deux prochaines années le cadre de référence vertical.

La gouvernance

- faire connaître l'AFREF aux décideurs politiques et au grand public ;
- obtenir l'approbation de principe des mécanismes et activités de coordination proposés ;
- obtenir l'implication de principe des États membres dans l'intégration de leurs CORS GNSS dans le réseau AFREF ;
- recommandations à adresser à l'AMCOST (Conseil ministériel africain sur la science et la technologie).

Conclusion

Avec le développement technique et technologique des systèmes de positionnement par satellite, de nombreux pays africains ont fait migrer leur référentiel géodésique vers le système ITRF. Les États sont donc confrontés à la double équation du changement des paramètres du système ITRF, mais aussi à celle de la transformation des données des systèmes géodésiques antérieurs de leurs pays. Chaque pays a effectué sa mue en tenant compte de la spécificité de son territoire et des réseaux existants. Le panorama des expériences de plusieurs pays africains exposés dans ce résumé montre l'état des lieux des activités entreprises, mais aussi les défis à venir. Tout cela afin d'aboutir à l'homogénéisation de l'ensemble des données. Les Nations unies, à travers le programme AFREF, visent à mettre en place une infrastructure géodésique cohérente et uniforme pour toute l'Afrique. Avec la collaboration des États membres, cette infrastructure devrait

couvrir *in fine* toute l'Afrique et faciliter les opérations sur le terrain. De tout ce qui précède, nous pouvons dire que l'Afrique est en marche, la modernisation des infrastructures géodésiques l'est aussi. ●

Contacts

Fabrice Irié : irie.fabrice@rpag.africa,
 Labaly Toure : labaly.toure@geomatica-services.com,
 Amandine Njeugeut : amandine.njeugeut@gmail.com,
 Ait Hou Ithri : aithou.ithri@gmail.com,
 Marie Makuate : mbmakuate@gmail.com,
 Augustin Bamouni : augustin.bamouni@yahoo.fr,
 Kouamelan Ahoulou Joseph : jkouamelan@cabinetkouamelan.com
 Thierno Diallo : ibrahim23tid@gmail.com

ABSTRACT

On July 29, 2023, the African Geomatics Professionals Network (RPAG) co-organized a webinar with the United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management (UN-GGIM), entitled "Geodetic networks and ITRF implementation in Africa: history, challenges and prospects". The aim of the Geo-talk is to highlight the progress made at a continental level. This is the case with the establishment of the African geodetic reference frame (AFREF). On the other hand, it raises the remaining obstacles to geodetic networks and the implementation of ITRF in African countries, through several examples such as Nigeria, Burkina Faso, Uganda, Côte d'Ivoire and Ghana.