

# Référentiels géodésiques africains : de la géodésie traditionnelle à l'ère spatiale

■ Diogoye DIOUF - Laurent MOREL - Françoise DUQUENNE

*Le continent africain a connu de nombreuses réalisations géodésiques ayant évolué au cours du temps, particulièrement grâce à l'évolution des instruments et des techniques géodésiques utilisés. Les techniques de la géodésie terrestre ont caractérisé les premiers réseaux géodésiques qui avaient généralement une dimension locale avec un ellipsoïde quasi géocentrique et étant positionné de manière différente d'un pays à un autre. Différentes réalisations de réseaux géodésiques locaux ont ainsi pendant longtemps coexisté malgré leur incompatibilité aux frontières. Le cheminement géodésique du 12<sup>e</sup> parallèle et la triangulation du 30<sup>e</sup> arc de méridien ont été parmi les rares initiatives d'établissement de réseaux géodésiques régionaux établis par techniques terrestres. Avec l'avènement de la géodésie spatiale, un premier projet d'unification des référentiels géodésiques dénommé ADOS fut lancé en 1980 pour doter l'Afrique d'un premier référentiel géocentrique. Avec les exigences de plus en plus accrues en matière de positionnement et d'établissement de référentiels géodésiques ainsi que les orientations de la communauté internationale et de la communauté scientifique en la matière avec les systèmes globaux de positionnement par satellite (GNSS), l'Afrique a senti la nécessité de s'aligner aux standards internationaux. C'est ainsi que le projet African Reference Frame (AFREF) fut lancé en 2001 pour doter l'Afrique d'un référentiel géodésique unifié, homogène, précis et accessible à tous les utilisateurs du continent effectuant un positionnement GNSS. L'analyse de cette situation des infrastructures géodésiques en Afrique a permis, dans cet article, de faire des propositions qui devraient permettre à l'Afrique de disposer d'un référentiel régional en phase avec les standards en la matière.*

## Introduction

La géodésie en Afrique a vu le jour pendant la colonisation. Le principal but était de cartographier les territoires colonisés avec des techniques similaires à celles développées en métropole. De nombreuses réalisations géodésiques ont ainsi été effectuées sur le continent africain. D'abord par des techniques de la géodésie terrestre avec les réseaux de triangulation et de cheminement géodésiques avant, plus tard, de voir naître la technique Doppler ayant permis, avant l'arrivée du GPS, de définir les premiers repères géocentriques du conti-

nent. De nombreuses anomalies et contraintes ont néanmoins entaché les projets et réalisations géodésiques ayant été initiés. Dans cet article, nous nous intéresserons particulièrement aux réseaux géodésiques planimétriques, même si, il faudra noter, que les réseaux altimétriques ont été réalisés séparément par des techniques de nivellement direct. Ces réseaux altimétriques étaient généralement des réseaux régionaux établis à partir d'un point fondamental situé à côté d'un marégraphe d'une zone côtière. Nous pouvons citer comme exemples, le Nivellement général de l'Afrique de

## MOTS-CLÉS

AFREF, géodésie, Afrique, triangulation, cheminement géodésique, GNSS, ADOS, 12<sup>e</sup> parallèle, 30<sup>e</sup> méridien

l'Ouest (NGAO) et le Nivellement général de l'Afrique Centrale (NGAC).

## Structuration des référentiels géodésiques en Afrique

Les repères de référence terrestre en Afrique étaient, pour la plupart, réalisés à partir d'observations astronomiques sur les étoiles qui permettaient de déterminer des coordonnées géographiques astronomiques (longitude, latitude) et de définir une orientation. Localement, des chaînes de triangulations ou des cheminement géodésiques, basés sur des mesures d'angle, puis de distances permettaient un positionnement relatif centimétrique. Les calculs étaient effectués sur un ellipsoïde qui pouvait être différent d'un pays à un autre et positionné différemment par le choix d'un point fondamental en général selon le pays. Le point de la surface topographique était projeté sur cet ellipsoïde. Les coordonnées géographiques géodésiques calculées étaient ainsi définies par rapport à la normale à l'ellipsoïde (figure 1), et elles étaient bidimensionnelles. La composante verticale était déterminée de manière

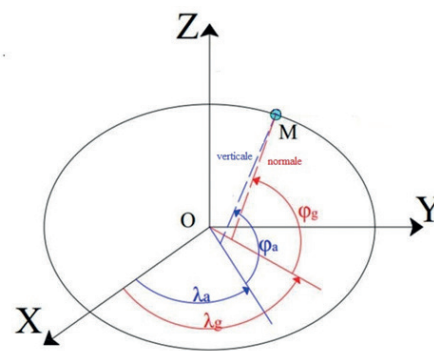


Figure 1. Coordonnées géographiques géodésiques et astronomiques.



indépendante des techniques précédentes par nivellement.

Ces différentes mesures d'angle étaient associées à la mesure au moins d'un côté (base) de la chaîne de triangles.

L'élaboration de ces réseaux devait dès lors passer par une bonne planification (description, choix et matérialisation des points, observations, documentation, etc.), des constructions particulières pour les visées lointaines et le choix d'un ellipsoïde associé à un point fondamental. Cette démarche permettait à cet effet de disposer d'un réseau géodésique passif et bidimensionnel à l'échelle nationale, régionale ou continentale (à l'image du ED50 pour l'Europe). Les précisions associées au réseau géodésique devaient être hiérarchisées, avec des chaînes de grands triangles formant le canevas de premier ordre. Ce canevas, servant de support aux triangulations de deuxième et troisième ordre, devait alors avoir la plus grande précision et donc avec une mise en œuvre nécessitant des moyens et un temps plus conséquents. Les canevas de second et troisième ordre utilisés plus couramment dans la pratique impliquaient aussi un certain niveau de précision, mais sans devoir compromettre la rapidité d'exécution et l'économie des travaux.

La compensation des réseaux particulièrement ceux de premier ordre, était généralement faite de manière partielle par blocs avec la méthode des équations de condition des moindres carrés. Ce qui ne permettait pas alors d'assurer une homogénéité globale du réseau. Pour les cheminements géodésiques, en plus des mesures d'angle, les mesures de distance étaient également réalisées pour la détermination des longueurs des côtés des polygones avec des appareils de mesure de distances électromagnétiques (EDM) qui ont fini par remplacer le fil invar utilisé pour la mesure des bases de mise à l'échelle.

## Faiblesses des réseaux géodésiques traditionnels

Les exigences des instruments et méthodes utilisés entraînaient que les réseaux géodésiques tradition-

nels étaient globalement définis avec certaines limites (F. et H. Duquenne, 2002 ; El Fettah, 2003) :

- nécessité d'intervisibilité entre les points pour assurer les visées d'orientation ;
- choix de points en hauteur pouvant être difficilement accessibles avec parfois des réalisations particulières dans le cas où de tels points n'existeraient pas ;
- zones de couverture limitées, car n'étant pas possible, avec une telle méthodologie, de traverser (ou difficilement) certaines zones (océans, grandes forêts, zones à risque, etc.) ;
- dépendance aux conditions météorologiques, car la qualité des mesures pouvait se dégrader dans certaines conditions atmosphériques et/ou n'étant pas possibles à réaliser de nuit ou en périodes d'orages par exemple ;
- impossibilité d'établir directement un réseau tridimensionnel avec les instruments utilisés à l'époque qui ne permettaient pas de faire directement des mesures tridimensionnelles avec la qualité escomptée ;
- suivi et contrôle de la stabilité et de la fiabilité des points assez complexes et rarement effectués vu les ressources et le temps nécessaires souvent requis ;
- intervisibilité entre les points géodésiques pas toujours assurée avec parfois le changement de l'environnement entre les points (nouvelles constructions, présence d'arbres, etc.) ;
- compatibilité parfois non assurée entre réseaux pouvant être rattachés à des ellipsoïdes avec des points fondamentaux différents et de qualités différentes ;
- mise en place de réseaux à dimension régionale ou continentale difficile, particulièrement avec les pays situés sur des îles (comme le Cap-Vert, Maurice et les Comores) ;
- difficultés à estimer et à suivre les vitesses de déplacement des points ou de la croûte terrestre vu la complexité des mesures et leur qualité parfois limitée et non homogène ;
- détermination des coordonnées horizontales uniquement, la coordonnée

verticale étant déterminée dans un autre système dit vertical ;

- calculs d'ajustement généralement partiels et non en bloc, exécutés par petits blocs de quelques points s'appuyant les uns sur les autres, ce qui pouvait facilement altérer la précision et la qualité du réseau particulièrement pour les pays relativement vastes ;
- absence d'outils de calcul performants à l'époque qui rendait difficile, voire impossible les calculs de compensation des grands réseaux en bloc par l'utilisation de la méthode des moindres carrés ;
- homogénéité du réseau pas souvent assurée à cause du processus de compensation en petits blocs qui était généralement adopté ;
- imprécision des paramètres de transformation permettant le passage d'un système géodésique à un autre.

Le fait de positionner l'ellipsoïde au point fondamental avait aussi pour effet de positionner son centre à plusieurs centaines de mètres du centre de gravité de la Terre (*figure 2*). Par ailleurs, chaque pays ayant son propre point fondamental, donc même si le même ellipsoïde pouvait être choisi par plusieurs pays, son centre n'était pas situé au même endroit. Ce qui fait qu'en passant la frontière, les coordonnées géographiques pouvaient différer de plusieurs centaines de mètres.

En plus, on pouvait se retrouver avec des systèmes géodésiques ayant un point fondamental mal défini ou sans réalité physique entraînant ainsi une méconnaissance de la situation et de l'orientation de l'ellipsoïde loca-

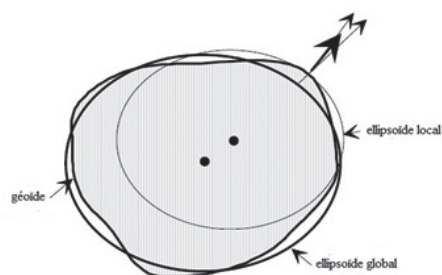


Figure 2. Position de l'ellipsoïde en géodésie terrestre et en géodésie spatiale.

lement. C'était le cas du système algérien dénommé "Nord Sahara 1959 ou NS-59" qui a été réalisé à partir du système ED50 (European Datum 1950, utilisé en Europe à l'époque) par de simples translations en longitude et latitude (Gourine, 2019).

Avec l'avènement de la géodésie spatiale (particulièrement avec les GNSS), associée aux avancées technologiques, toutes ces contraintes ont été pratiquement levées. Nous pouvons noter par exemple :

- intervisibilité entre points géodésiques pas requise du fait qu'il n'y ait plus de visées effectuées par l'opérateur, mais plutôt l'utilisation de signaux électromagnétiques entre des stations ou récepteurs au sol et des satellites ;
- observations géodésiques possibles de jour comme de nuit ;
- mesures relatives entre points géodésiques qui peuvent s'étendre jusqu'à des centaines, voire des milliers de kilomètres ;
- mesures absolues possibles par tout temps car ne dépendant plus de la visibilité des objets célestes comme cela fût le cas avec les observations astronomiques ;
- les coordonnées directement déterminées dans un repère géocentrique tridimensionnel ; mais la détermination des altitudes par techniques spatiales étant toujours tributaires de l'utilisation d'un modèle de géoïde précis ;
- suivi et contrôle des points devenus plus simples avec certaines méthodes de positionnement comme le positionnement absolu par mesure de phase (PPP) ;
- possibilité de détermination de la vitesse de déplacement des points grâce aux réseaux de stations GNSS permanentes ;
- définition d'un référentiel mondial en phase avec les mouvements physiques globaux de la croûte terrestre devenue possible ;
- travaux géodésiques interétatiques devenus plus simples ;
- de nouvelles techniques de détermination du géoïde possibles pour la détermination des altitudes des points ;
- des réseaux géodésiques rattachés

aux mouvements des plaques continentales ;

- opérations de rattachement devenues beaucoup plus simples et rapides avec des techniques relativement faciles à mettre en œuvre ;
- etc.

## Projets et réalisations géodésiques africains

En Afrique, les référentiels géodésiques sont globalement caractérisés par une coexistence des réseaux traditionnels issus de techniques terrestres et parfois spatiales (mesures Doppler), ainsi que des réseaux modernes établis entièrement à partir des techniques spatiales (GNSS). Ces différents travaux géodésiques reposaient globalement sur des réseaux de triangulation et de cheminement offrant généralement, grâce aux mesures de distance effectuées, une bonne cohérence géométrique en planimétrie. Ces canevas plus ou moins précis étaient définis avec des points de différents ordres.

D'après le rapport du séminaire sur les spécifications finales géométriques et cartographiques du projet AFRICOVER ([www.fao.org](http://www.fao.org)), les réseaux de triangulation réguliers sont repérés dans les pays d'Afrique australe et dans les pays du Maghreb. Alors que les réseaux mixtes (ayant comme supports des points de triangulation et de simples points astrogéodésiques) sont généralement localisés dans les pays de toutes les sous-régions (Éthiopie, Somalie, Kenya, Botswana, RCA, Ghana, Guinée). Les réseaux géodésiques à couverture partielle sont quant à eux localisés dans les pays d'Afrique centrale de la zone sahélienne et du sud-ouest équatorial.

Cette situation qui s'accompagnait de l'utilisation de différents paramètres (ellipsoïde par exemple) et techniques, fait que les réseaux géodésiques en Afrique n'étaient pas compatibles entre eux et la définition d'un référentiel commun ou plus global ne semblait pas être réalisable.

L'évolution des instruments et des techniques de positionnement associée aux besoins grandissants et aux

exigences en matière de positionnement et de gestion de l'information géospatiale, font que les États ont été "obligés" de moderniser leurs référentiels géodésiques. Mais il faut noter que dans beaucoup de pays, la géodésie étant pilotée par une administration militaire, les coordonnées étaient considérées comme ayant une valeur stratégique et devaient rester confidentielles.

Malgré les efforts faits dans ce sens, cette évolution n'a pas permis de régler toutes les difficultés auxquelles ont été confrontés certains États. Une évolution disproportionnée a été également notée dans l'implantation des nouveaux systèmes géodésiques nationaux utilisant des techniques spatiales. Ce qui fait que l'Afrique tarde toujours à rendre effectif le passage aux systèmes de référence à techniques spatiales, alors qu'en Europe comme en Amérique, cette mutation a pu être achevée et a permis une unification des systèmes nationaux.

## Les référentiels géodésiques bidimensionnels africains

### ■ Les référentiels géodésiques de l'époque coloniale

L'infrastructure géodésique africaine pendant l'époque coloniale a été caractérisée par de nombreuses triangulations de base ayant suivi l'implantation des points astronomiques utilisés pour appuyer la cartographie au 1/200 000. Ces triangulations avaient permis la création de points géodésiques dont les positions ont été calculées parfois dans des systèmes différents. Le plus grand nombre de points géodésiques était localisé en Afrique de l'Est grâce aux nombreuses triangulations qui y ont été faites (*figure 3*). On peut citer la triangulation sur l'arc de méridien Cap-Town-Le Caire, la triangulation britannique qui reliait le Kenya à l'Ouganda, la triangulation de l'arc de méridien africain, la triangulation du parallèle ougandais, la triangulation du Méridien, etc. (Winterbotham et McCaw, 1927). La plupart de ces triangulations ont été calculées sur l'ellipsoïde Clarke 1880 dans ses différentes versions, même



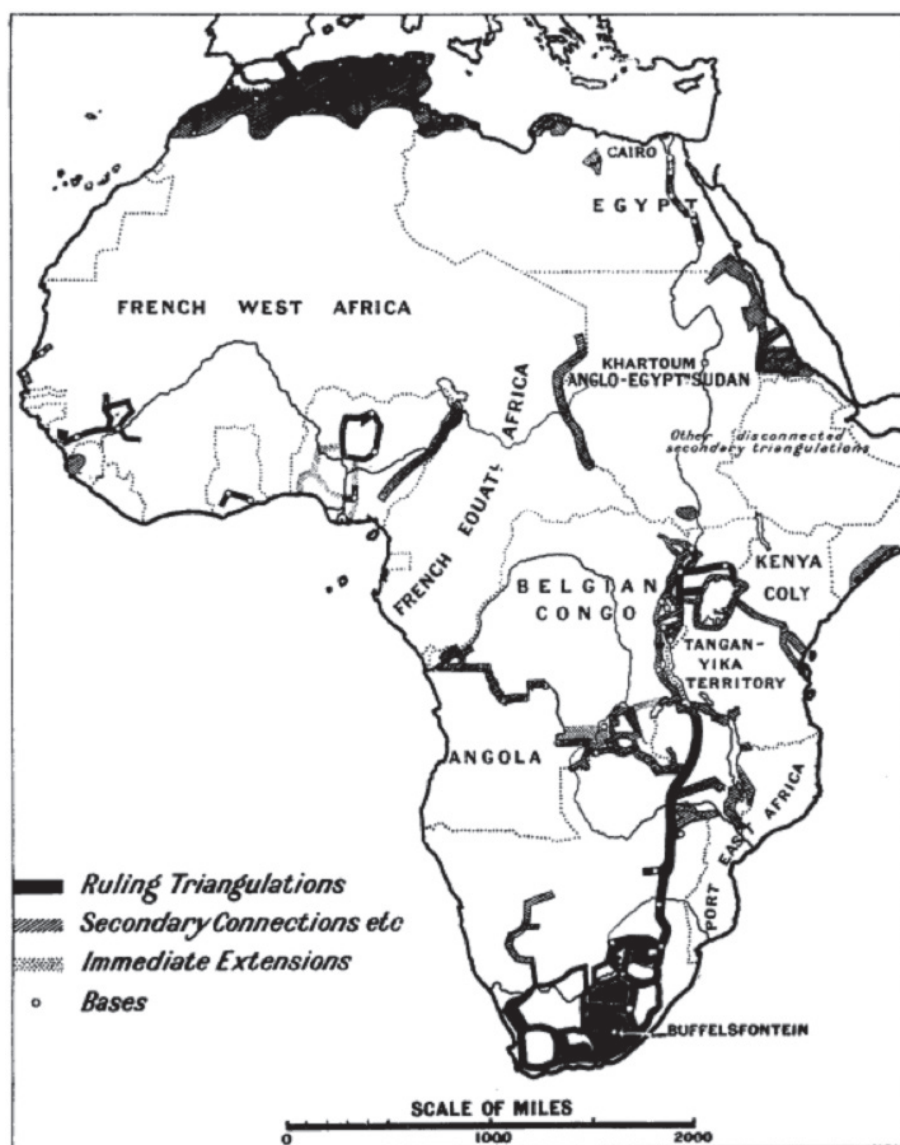


Figure 3. Triangulations géodésiques africaines de l'époque coloniale (Winterbotham et McCaw, 1927).

fication des différentes triangulations d'Afrique de l'Est, qui devrait plus tard être suivi de l'unification des triangulations d'Afrique de l'Ouest, du Nord et du Sud a été initié par le Comité colonial de topographie. Mais ce dernier n'avait malheureusement pas abouti.

#### ■ Référentiels géodésiques à dimension continentale : cheminement géodésique du parallèle et triangulation d'un arc de méridien

Le développement socio-économique du continent africain, à l'image des autres continents, devait passer par la réalisation d'infrastructures qui devait reposer sur une bonne planification. De nombreux projets transfrontaliers devaient ainsi être initiés (routes, chemins de fer, aéroports, télécommunications, délimitation de frontières, etc.). Ces projets rattachés à la surface de la Terre, et reliant parfois de nombreux pays, devaient dès lors reposer sur une cartographie précise et fiable définie à partir d'un référentiel commun. Mais la non-compatibilité des référentiels géodésiques nationaux (avec des points fondamentaux différents et des ellipsoïdes parfois différents) et le manque d'information sur la précision de ces derniers, ne permettaient pas une unification des différents systèmes nationaux pour l'obtention d'un référentiel commun. Des initiatives interétatiques ont alors été prises pour aboutir à un réseau géodésique unifié pour l'Afrique avec l'appui d'États partenaires et d'organismes internationaux. C'est à cet effet que deux réseaux géodésiques de base regroupant de nombreux pays ont été mis en œuvre pour l'obtention d'un référentiel géodésique africain. Il s'agit de la triangulation de premier ordre définie le long de l'arc de méridien reliant Le Cap en Afrique du Sud et Le Caire en Égypte (figure 5) et le cheminement géodésique du parallèle reliant Dakar (Sénégal) à N'Djamena (Tchad), précisément à la frontière entre le Tchad et le Soudan.

Le cheminement du parallèle dont le but était de mesurer par cheminement un arc de parallèle qui traverserait toute l'Afrique, s'étendait sur

si les triangulations des colonies italiennes ont été définies, quant à elles, avec l'ellipsoïde Bessel. En Afrique du Nord, la triangulation nord-africaine (figure 4), particulièrement avec le système Nord Sahara (ED50 décalé), de qualité jugée très satisfaisante, a été mise en place. Cette triangulation avait pour but de relier des infrastructures géodésiques africaines et européennes. Mais les réseaux géodésiques de l'Algérie, du Maroc et de la Tunisie, ont été établis avec l'ellipsoïde Clarke 1880 (anglais) pour l'Algérie et Clarke 1880 (IGN) pour le Maroc et la Tunisie alors qu'en Égypte, l'ellipsoïde Helmert 1906 était utilisé. En Libye, l'ED50, version 1979

était resté en vigueur. Ce qui illustre la diversité qu'il y avait dans l'utilisation de l'ED50 en Afrique, en plus des triangulations locales qui étaient toujours utilisées.

Il faut également noter l'apport des pétroliers et hydrographes qui ont réalisé, dans le cadre de leurs travaux, de nombreux réseaux géodésiques locaux dans plusieurs pays comme le Gabon et le Congo. Certains de ces réseaux avaient fini par la suite par être adoptés et utilisés par la communauté.

Malgré les différents ellipsoïdes, systèmes de référence et les différentes projections utilisés dans les différentes colonies, un projet d'uni-

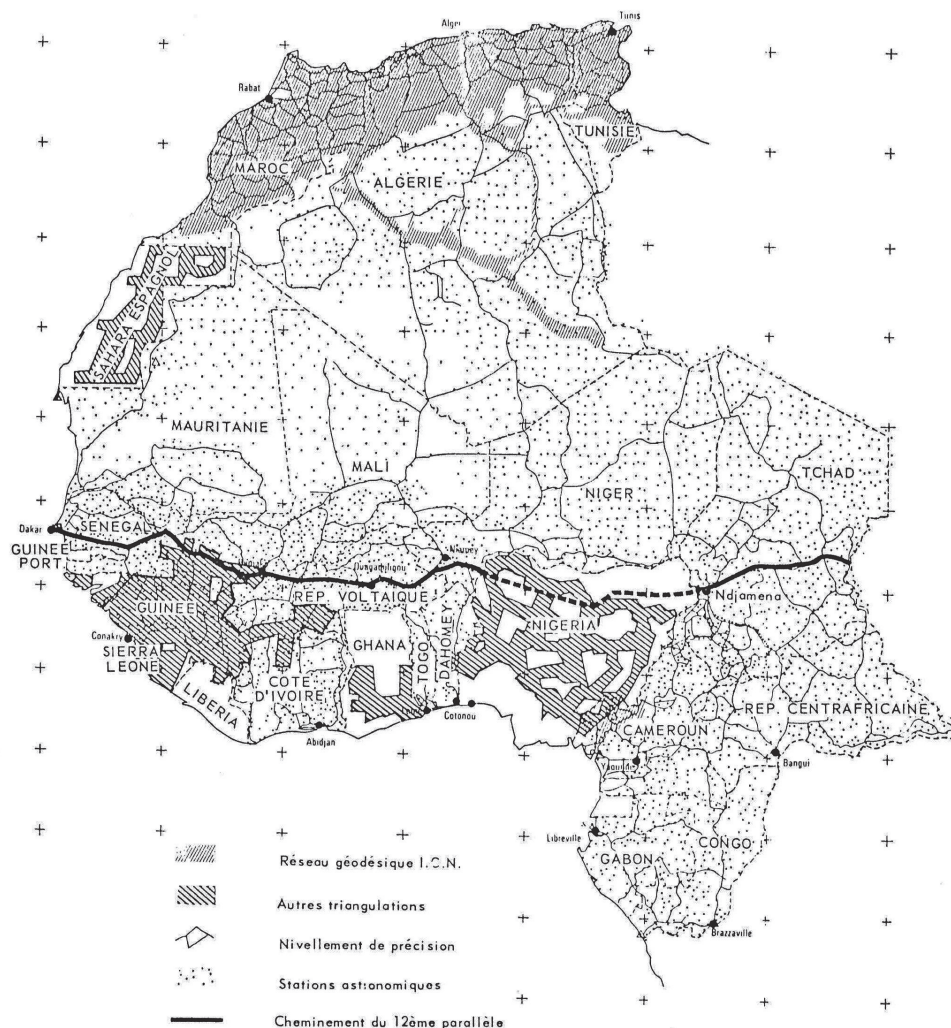


Figure 4. Cheminement géodésique du 12<sup>e</sup> parallèle et autres canevas (Levallois, 1988).

4 656 km de Dakar à Njamena, en passant par les pays suivants : Sénégal (668 km), Mali (837 km), Burkina Faso (717 km), Niger (275 km), Nigeria (1 191 km), Cameroun (51 km) et Tchad (917 km) (Adekoya, 1992 et Leblanc, 2022). Il a été financé par les États-Unis et réalisé par l'IGN France à l'exception de la partie du Nigeria, qui a été faite par le *Survey Department* du Nigeria. Ce travail mené à la demande du conseil scientifique pour l'Afrique, avait permis de créer et d'observer 325 bornes qui ont été rattachées au nivellement de précision (figure 4).

La réorientation de ce cheminement a été effectuée toutes les deux stations par des observations astronomiques (point de Laplace). Cette chaîne de polygonation fondée sur le système géodésique Adindan point 58 (à partir du point 58, de la triangulation du

Soudan) a été par la suite, reliée à la triangulation d'un arc de méridien pour définir ainsi le premier référentiel de base de premier ordre pour l'Afrique. Ces travaux ont été réalisés entre 1967 et 1970 après une première conception en 1880, qui fut reprise en 1954 pour des raisons que nous n'avons pas pu découvrir. Les calculs avaient également montré des écarts importants de la triangulation d'un arc de méridien dans certains territoires de l'Afrique de l'Est (NRD/CRSU, 1989).

Ces différentes réalisations géodésiques commençaient généralement par la création d'une triangulation ou polygonation de base ou primaire qui était suivie d'une extension et d'une densification du réseau. La couverture géométrique et l'accessibilité du réseau géodésique dépendaient ainsi

fortement des travaux d'extension et de densification qui devaient aussi permettre d'assurer une homogénéité du réseau sur les territoires couverts. Au Sénégal par exemple, les points du 12<sup>e</sup> parallèle qui traversait tout le pays ont servi de base pour la création des réseaux (Yoff-Datum 200, Datum Point 58, Adindan Datum 1969) pour un système géodésique plus étendu ou au rattachement du 12<sup>e</sup> parallèle à de nouveaux systèmes géodésiques comme le système OMVS1979.

Ces réalisations géodésiques de base étaient également accompagnées de la multiplication et de la diversité des référentiels géodésiques locaux dans les autres parties du territoire non couvertes par le réseau de base. Ce qui était généralement à l'origine de la coexistence de différents réseaux géodésiques dans plusieurs pays comme le Gabon et le Niger.

Le théodolite (avec ses différentes variantes) était l'appareil standard utilisé pour les mesures d'angle. Les distances étaient mesurées avec des rubans pour les mesures de base

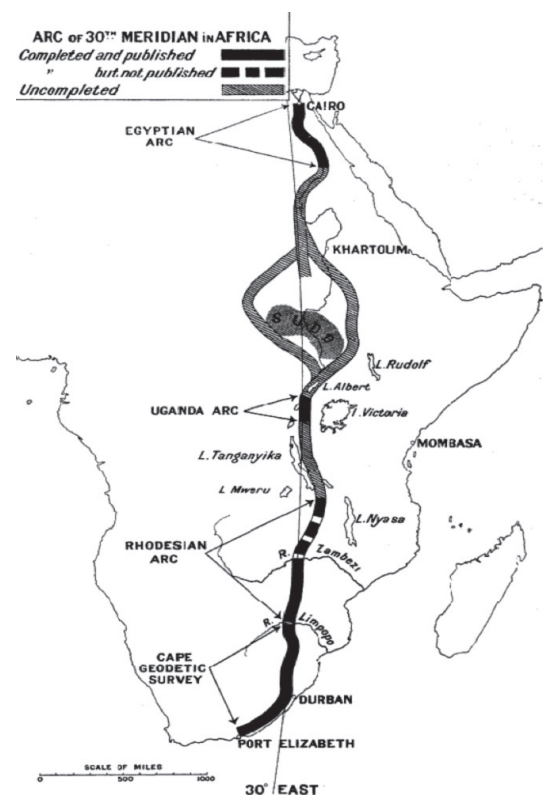


Figure 5. Triangulation du 30<sup>e</sup> arc de méridien (Winterbotham et McCaw, 1927).

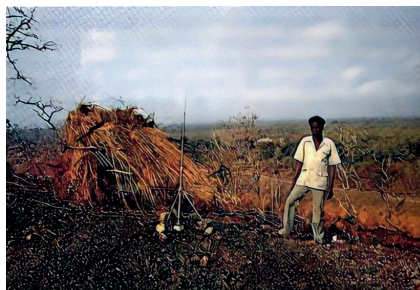




(méridien 30°) qui finiront par être remplacés par les premiers appareils électroniques de mesure de distance (EDM) comme les telluromètres et les géodimètres qui ont été utilisés dans le cheminement du 12<sup>e</sup> parallèle. Les triangulations n'étaient pas toujours réalisées avec la même rigueur (absence de dispositions de contrôle suffisantes pour certaines) et les calculs de compensation étaient généralement effectués en petit bloc. Ce qui ne permettait pas de garantir dès lors, une homogénéité suffisante des dits réseaux. La performance des outils de calcul liée aux avancées technologiques avait permis plus tard de faire des calculs de compensation en bloc de certains réseaux existants. Cela avait permis de détecter des anomalies sur certains d'entre eux, à l'image des discordances (de l'ordre du mètre) qui ont été montrées sur la triangulation de premier ordre du Maroc (Nouredine E., 2003).

Le réseau géodésique servait de base à la cartographie et un appui pour les travaux cadastraux et dans le cadre de certains projets. Mais les différences notées entre ces systèmes locaux rendaient difficiles la mise en place d'un cadastre national, l'établissement d'un livre foncier fiable et la gestion de certains conflits fonciers.

C'est pourquoi des initiatives ont été rapidement prises par de nombreux pays pour une harmonisation des différents référentiels géodésiques à partir de réseaux géodésiques tridimensionnels à dimension nationale grâce aux techniques de la géodésie spatiale (GPS). Cela fut le cas du Sénégal qui, à partir de 2004, a créé son premier réseau géodésique tridimensionnel couvrant tout le territoire sénégalais, dénommé RRS04. Ce réseau a été créé par technique GPS avec vingt points de premier ordre rattachés à l'ITRF2000, époque 2004.56. En plus des points de premier ordre, vingt-six (26) points co-localisés sur des points des anciens réseaux ont été également observés en 2004 pour permettre la détermination des paramètres de transformation ou de passage des anciens systèmes au nouveau système RRS04.



**Photo 1.** Récepteur Doppler en station dans la savane africaine (Carrère et al., 1987).

## Référentiels géodésiques tridimensionnels géocentriques

## ■ Le système ADOS

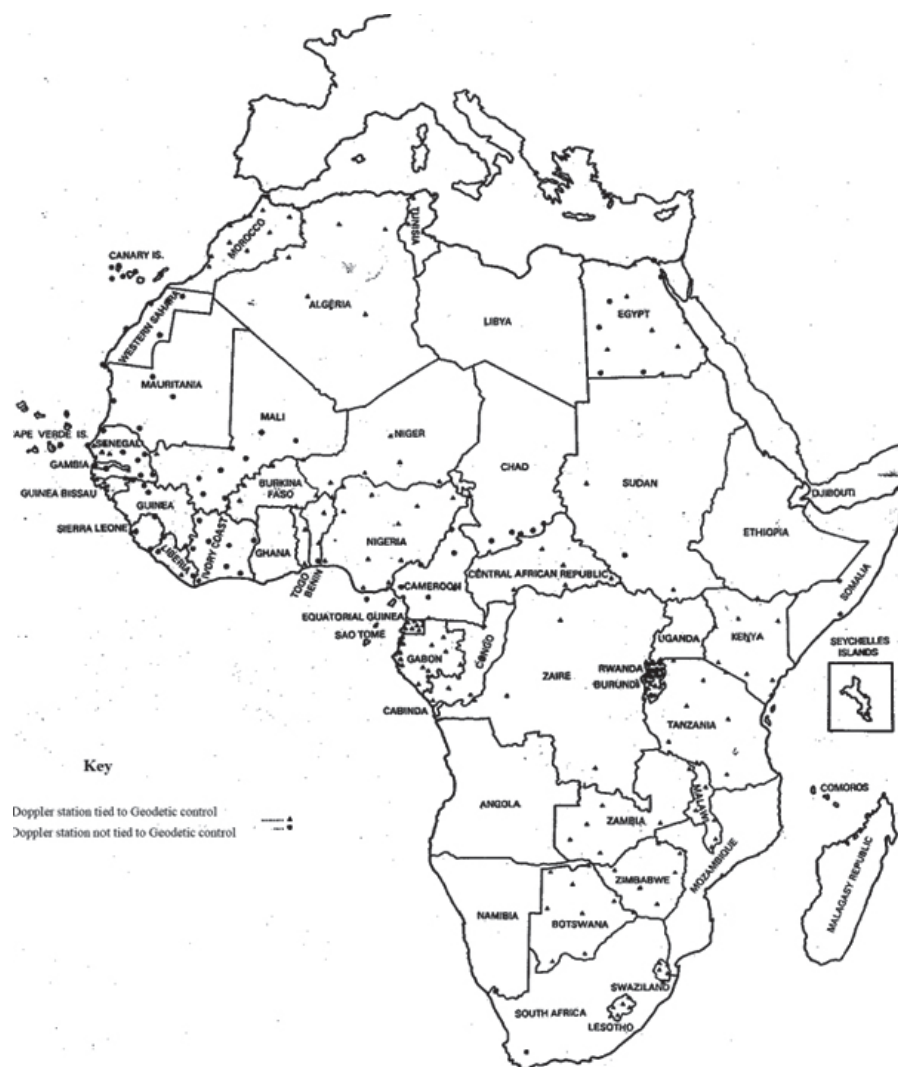
Lors du symposium sur la géodésie africaine qui s'était tenu à Nairobi en novembre 1981, l'Association internationale de géodésie (IAG) en avait profité pour lancer un vaste projet de

mise en place d'un réseau géodésique devant couvrir toute l'Afrique (IGN-F, 1981). Ce projet connu sous le nom d'*African Doppler Survey* (ADOS), devait comporter des centaines de points observés par méthode Doppler sur les satellites américains Transit.

Les objectifs de ce projet étaient de fournir (NRD/CRSU, 1989 et Wonnacott, 2012) :

- un système géodésique primaire continental pour l'unification et la consolidation des réseaux géodésiques nationaux en l'Afrique ;
- un support de contrôle de base pour la cartographie en Afrique ;
- un géoïde précis pour l'Afrique.

Les observations Doppler devaient être réalisées de manière simultanée avec des emplacements de certaines stations choisis sur des points



**Figure 6.** Statut et répartition des points ADOS en novembre 1986 (NRD/CRSU, 1989).

d'anciennes triangulations géodésiques existantes afin de faciliter la détermination des paramètres de transformation entre les anciennes triangulations et le système ADOS. À la fin du projet, 310 points répartis sur 47 pays ont pu être observés (NRD/CRSU, 1989). Les données d'observations ont été envoyées à cinq centres de traitement dont deux se trouvaient en Afrique (Kenya et Algérie) et un aux États-Unis avec la *Defense Mapping Agency* (DMA). Les calculs des positions des stations ont été ainsi effectués de manière progressive et séparée. Cependant, la compilation des données a été plus compliquée car seuls 22 pays avaient pu fournir les résultats de leurs stations Doppler.

Les coordonnées des stations ont été calculées avec les éphémérides précises du système TRANSIT dont la précision était inférieure à 2 m (Newling, 1989).

Les coordonnées ont été obtenues avec les paramètres ( $a = 6378145$  m ;  $f = 1 / 298,250$ ) de l'ellipsoïde NWL 8-9 WGS 66 avec comme méridien d'origine, celui de Greenwich.

C'est en 1987, lors de l'assemblée générale de l'Union internationale de géodésie et géophysique (UGGI) tenue au Canada, que la *Defense Mapping Agency* a publié les coordonnées Doppler des 310 points qui ont été calculés et répartis sur le continent africain (figure 8).

Les objectifs qui ont été fixés pour ce projet, particulièrement celui de l'unification des systèmes géodésiques en Afrique, n'ont malheureusement pas été pleinement atteints pour de nombreuses raisons (Wonnacott, 2006) :



**Photo 2.** Soirée d'observations avec une brigade astronomique dans l'Ennedi au nord du Tchad en 1957 (Carrère et al., 1987).



**Figure 7.** Référentiels géodésiques africains (NRD/CRSU, 1989).

- observations simultanées requises pour la technologie Doppler difficilement réalisables vu la taille du continent africain, du nombre de pays concernés et les infrastructures géodésiques existantes à l'époque ;
- implication des pays africains assez limitée dans la planification du projet menée par l'IAIG et la communauté internationale ;
- non-implication de certains pays africains qui ne semblaient pas bien comprendre les enjeux du projet. Ce qui s'est traduit par un manque de motivation et d'enthousiasme dans l'exécution du projet ;
- non-matérialisation de certains accords bilatéraux desquels dépendait l'exécution du projet, entre certains pays et les organismes impliqués dans le projet ;
- absence de procédures standard clairement définies ;
- une expertise africaine sur la technologie Doppler pas très développée, comme cela peut être aujourd'hui le cas avec la technologie GNSS.

Après 1986, de nombreuses triangulations locales, parfois incompatibles, ont donc continué à coexister en Afrique malgré les réalisations qui ont été faites avec le projet ADOS.

En Afrique de l'Ouest, l'infrastructure géodésique était globalement définie à partir uniquement de points astro-géodésiques comme au Sénégal (à l'exception du cheminement géodésique du parallèle). Les pays non couverts par ces triangulations avaient ainsi des réseaux nationaux qui se sont développés en partant des points astro-géodésiques ayant été, pour la plupart, créés pour appuyer les travaux de cartographie africaine.

La majeure partie des triangulations se trouvait en Afrique du Sud qui semblait être un peu plus en avant (pour les triangulations) avec une partie de l'Afrique du Nord (figure 7). Les campagnes d'observations astronomiques ayant abouti à la détermination de points astronomiques déterminés isolément permettaient certes la créa-



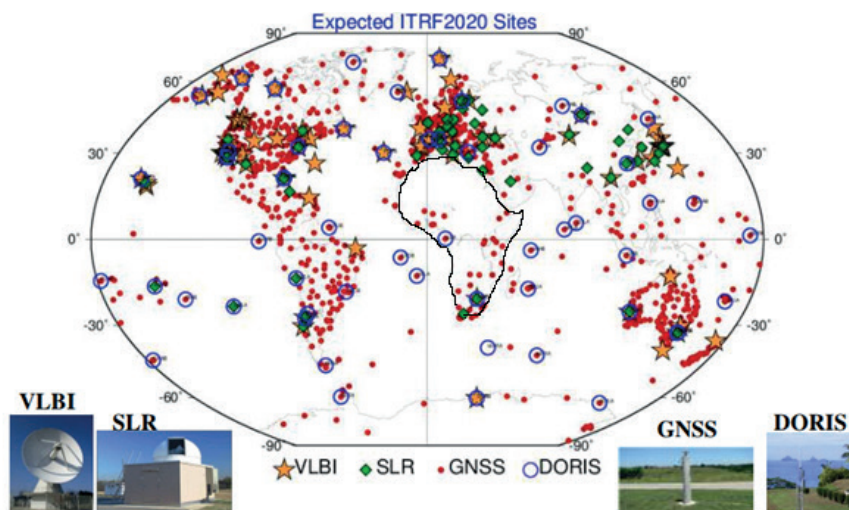


Figure 8. Différents sites devant définir l'ITRF2020 (Altamimi, 2021).

tion de canevas locaux, mais souvent très hétérogènes.

Ces différentes réalisations géodésiques traditionnelles en Afrique, généralement bidimensionnelles, étaient accompagnées d'un référentiel altimétrique à l'image du nivellement général de l'Afrique Occidentale (NGAO53) réalisé à partir du marégraphe de Dakar et traversant toutes les anciennes colonies de l'AOF et du Nivellement général de l'Afrique Centrale (NGAC).

Avec l'avènement des techniques spatiales modernes, un nouveau repère de référence terrestre (ITRF) rattaché à la croûte terrestre a été mis en place en 1988. Ce repère constitue depuis lors la matérialisation du système de référence terrestre (ITRS) qui a été adopté comme référentiel géodésique mondial. Ce référentiel est défini et maintenu grâce à une combinaison rigoureuse des produits dérivés des différentes techniques de la géodésie spatiale (GNSS, DORIS, SLR et VLBI) avec des sites disposant d'équipements de mesures sur chacune de ces techniques avec certains qui sont co-localisés. Ces sites répartis sur l'ensemble du globe sont, pour la plupart, définis par des stations GNSS permanentes. Cette couverture globale, associée aux mesures continues et aux calculs et combinaisons rigoureux qui s'en suivent, permettent de garantir la précision, l'homogénéité, la fiabilité et la robustesse du réseau avec diffé-

rentes versions qui se sont succédé au fur et à mesure des années, dont la plus récente est l'ITRF2020 ayant succédé à l'ITRF2014. Il constitue ainsi le référentiel mondial le plus utilisé et auquel tous les pays sont encouragés à s'y rattacher, conformément à la résolution de l'assemblée générale de l'Organisation des Nations unies (ONU) qui a été adoptée le 26 février 2015 dans ce sens.

Néanmoins, il faut noter que la répartition des stations de l'ITRF représentant les quatre techniques précédemment citées n'est pas homogène (figure 8). On peut facilement voir que l'Afrique représente, malgré son étendue, le continent abritant le moins de stations de l'ITRF (environ une trentaine de stations GNSS permanentes, cinq stations DORIS, trois stations SLR et une seule station VLBI).

Cette configuration ne permet pas ainsi de garantir une disponibilité et une qualité équivalente des produits de l'IGS fournis à partir de l'ITRF comparée aux autres continents.

Ce constat montre à cet effet, l'importance pour l'Afrique, de prendre des initiatives à l'image des autres continents comme l'Europe afin de réussir à corriger ce déséquilibre et de s'aligner aux standards en vigueur dans les autres continents.

Les premiers points géodésiques tridimensionnels mis en place sur le continent et rattachés à l'ITRF furent ceux ayant permis le rattachement

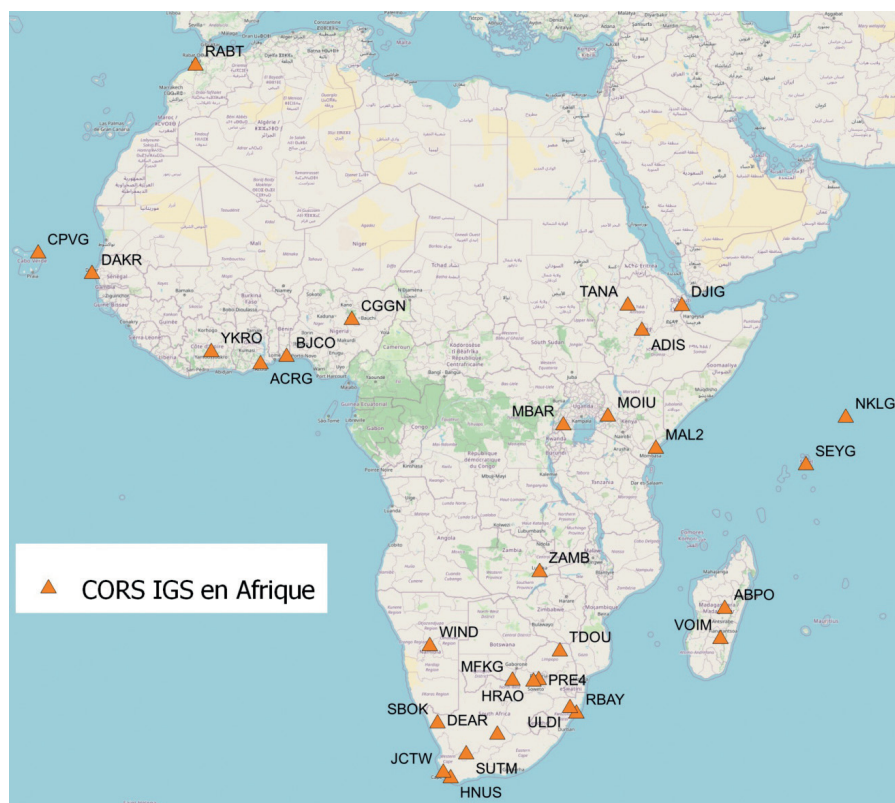
des aéroports des pays qui composent l'ASECNA (Agence pour la sécurité de la navigation aérienne en Afrique et à Madagascar). Ces points ont été créés entre 1996 et 1997 et calculés à partir des observations effectuées par GPS qui ont permis de les rattacher à l'ITRF1996, époque 1998.5.

### ■ Le projet AFREF

À la suite des échecs qui ont été observés avec le projet ADOS, des avancées technologiques avec l'avènement du GPS et les enjeux de plus en plus grandissants dans l'acquisition et la gestion de l'information géospatiale en Afrique, une modernisation des référentiels géodésiques africains s'imposait. C'est ainsi que les pays africains, avec l'appui de la communauté internationale, ont lancé en 2001, un nouveau projet dénommé AFREF pour "African Reference Frame" basé cette fois-ci sur la technique de positionnement GPS. Cette initiative commune des États africains consistait à mettre en place un référentiel unifié basé sur l'installation de stations GNSS permanentes. Ce référentiel devait, à cet effet, être pleinement compatible avec le référentiel mondial (ITRF) et accessible à tous les acteurs du monde professionnel et scientifique du continent africain. Il devait ainsi regrouper les différents réseaux géodésiques nationaux et régionaux basés sur la technologie GPS dont il en serait le référentiel de base. Contrairement au projet ADOS, il a été noté une meilleure implication des États africains et des procédures standard pour l'installation des stations de référence GNSS clairement définies par l'IGS (Wonnacott, 2006). Les objectifs du projet ont été déclinés lors de la déclaration de Windhoek en 2012. Ils s'agissaient particulièrement de (Wonnacott, 2012) :

- déterminer un réseau de référence tridimensionnel unifié pour l'Afrique et rattaché à l'ITRF ;
- réaliser un référentiel vertical unifié et soutenir les efforts d'établissement d'un géoïde africain précis ;
- mettre en place un réseau de stations de référence GNSS permanentes permettant à tout utilisateur du continent africain d'avoir accès à au moins





**Figure 9.** Répartition spatiale des stations GNSS permanentes (SGP) de l'IGS en 2022 pouvant constituer la base du réseau AFREF.

une station de base dans un rayon de 5 000 km qui devrait plus tard passer à 1 000 km ;

- déterminer les relations entre les référentiels nationaux existants et l'ITRF ;
- appuyer l'établissement d'une expertise locale dans chaque pays pour l'implantation, l'opérationnalisation, le traitement et l'analyse de techniques géodésiques modernes.

Le projet AFREF devait ainsi permettre à l'Afrique d'avoir un référentiel géodésique moderne à l'image de ceux de l'Europe (dénommé EUREF), des Amériques du Sud et centre (dénommé SIRGAS) et de l'Asie Pacifique (dénommé APREF).

Pour y parvenir, chaque pays devrait au moins disposer d'une station de référence pouvant être créée à travers les initiatives régionales. Ces initiatives sont portées par des structures intermédiaires et devront permettre de garantir une efficacité pratique dans la mise en œuvre. Cette démarche devait permettre la création de réseaux de référence régionaux : WAFREF (pour l'Afrique de l'Ouest), NAFREF (pour l'Afrique du Nord), SAFREF (pour

l'Afrique australe), CAFREF (pour l'Afrique centrale), EAFREF (pour l'Afrique de l'Est) conformes avec les orientations de l'AFREF et respectant les spécifications de l'IGS.

Malheureusement, ce projet tarde toujours à se concrétiser pleinement avec beaucoup de pays qui sont en retard dans l'installation de ces stations permanentes, en plus du problème de coordination dans les projets d'installation et de la disponibilité de l'information dans ce sens.

Cette répartition, même si elle pourra être complétée par les stations GNSS permanentes déjà installées par certains pays et non intégrées dans le réseau de l'IGS, reste encore faible, en plus de certaines stations souvent non fonctionnelles (figure 9). Huit de ces stations (DAKR, CPVG, RABT, TANA, MOIU, CGGN, BJCO et ACRG) par exemple, ne transmettaient plus de données à l'IGS en septembre 2022 et cela depuis plus d'une année pour certaines. Ce qui fait qu'il faudra prévoir un plan d'entretien, de maintenance et de pérennisation des SGP devant constituer le futur réseau AFREF.

Nous pensons qu'il est aujourd'hui, plus que nécessaire de faire l'état des lieux de la situation du projet afin de le relancer, pour que les objectifs qui ont été fixés puissent être atteints, car les enjeux ayant motivé la création du projet demeurent, s'ils ne sont pas devenus plus importants. Pour ce faire, nous pensons qu'il serait nécessaire de :

- redynamiser les États africains à travers les autorités locales par une meilleure sensibilisation ;
- assurer une formation complète des acteurs africains pour une expertise locale suffisamment outillée ;
- faire porter le projet aux chefs d'États africains auprès des Nations unies et des autres organisations internationales pour un accompagnement financier et technique ;
- assurer une implication politique, sécuritaire, technique et financière de tous les pays à travers, par exemple, l'Union africaine ou les autres organisations sous-régionales ;
- faire l'état des lieux de l'infrastructure géodésique de chaque pays ;
- répertorier les stations GNSS permanentes installées dans le cadre d'autres initiatives pour leur intégration à l'AFREF après contrôle et validation ;
- faire le diagnostic des structures en charge des travaux géodésiques et cartographiques dans chaque État et faire un plaidoyer ou encourager l'adoption de résolutions par les organismes régionaux ou par l'Union africaine, d'orientations qui permettront de bien outiller ces structures avec des objectifs clairs et réalistes ;
- s'assurer de la disponibilité des procédures d'installation de stations GNSS permanentes définies par l'IGS dans les structures en charge de la géodésie dans chaque État ;
- faire adopter aux États africains (ou aux organismes sous-régionaux) des résolutions permettant l'installation de stations GNSS permanentes de niveaux 1 et 2 dans chaque projet de modernisation d'infrastructures géodésiques et/ou par rapport à un agenda défini ;
- mettre en place un groupe de type EUREF ou SIRGAS formé de



chercheurs, d'institutions de recherche, d'universités, d'ingénieurs de la géodésie opérationnelle, etc. chargé de la centralisation des données et du calcul des différentes solutions en continu. Ce groupe pourra être rattaché à l'Union africaine afin que certains problèmes qui concerneront les autorités étatiques puissent facilement être traités, mais cela ne devrait pas être une condition pour la mise en place d'un tel groupe. La mise en place pourrait commencer par des engagements volontaires entre chercheurs, universitaires et autres institutions de recherche en Afrique pour une collaboration dans ce sens ;

- encourager les États disposant de stations GNSS permanentes faisant partie de l'AFREF à s'engager à faciliter et à donner des orientations pour une disponibilité des données de ces stations GNSS permanentes dans le réseau régional avec des dispositions de suivi, d'entretien et de maintenance des dites stations GNSS permanentes.

Ces différentes évolutions des infrastructures géodésiques en Afrique montrent que des efforts ont été faits par les différents pays malgré des avancées inégales et disproportionnées. Le même souci de fournir un référentiel unique, fiable et accessible à tous les acteurs est une préoccupation commune aux différents pays africains. Aujourd'hui, nous notons de plus en plus des progrès sur l'installation des stations GNSS permanentes en Afrique. Mais ces dernières font généralement face à certains facteurs bloquants (économiques, sécuritaires, énergétiques, humains, etc.). Ces différentes contraintes sont souvent associées dans beaucoup de pays à une non-maîtrise de la disponibilité permanente de l'électricité et une connexion Internet limitée dans certaines zones, même si aujourd'hui, avec les techniques de positionnement émergentes, des solutions peuvent être espérées par rapport à certains problèmes. Mais ces solutions ne pourront être pleinement applicables qu'avec l'aboutissement de ce projet ou une modernisation des référentiels géodésiques natio-

naux ou régionaux. Ce qui fait que l'utilisation des bornes géodésiques au sol reste quasi incontournable pour aboutir à un tel référentiel. Mais l'avancée commune majeure que nous pouvons noter, c'est l'utilisation des techniques spatiales (particulièrement le GNSS) dans tous les pays d'Afrique, ce qui devrait donc faciliter les initiatives nationales, régionales et internationales en matière de référentiel géodésique commun.

### Rattachement des repères de référence terrestre nationaux en Afrique

Le GPS a vite été utilisé en Afrique, pour améliorer les infrastructures existantes. Dans un premier temps, il s'est agi d'utiliser les mesures dans les références anciennes, mais très vite des référentiels géocentriques nationaux ont été mis en place. Les premiers étaient rattachés au WGS84 de manière plus ou moins précise, mais d'autres ont été rattachés à l'ITRF dès les années 2000 par mesure de longues lignes de base sur les quelques stations permanentes existantes sur les autres continents. Les coordonnées de ces réseaux ont été fixées dans la réalisation ITRF en cours à l'époque des observations. Quelques-uns de ces référentiels s'appuient sur des stations permanentes nationales.

Les référentiels géodésiques actuellement utilisés dans les pays africains sont caractérisés par leur hétérogénéité malgré les nombreuses avancées notées. L'inventaire que nous avons fait sur les systèmes géodésiques actuellement en vigueur en Afrique nous a permis de constater que parmi les pays pour lesquels nous avons obtenu des informations (43 sur les 54), 37 % disposent de repères de référence rattachés à une version ITRF (yyyy) à une époque (eeee.ee) connue. Les autres pays utilisent soit des canevas officiellement rattachés à une version de l'ITRF ou WGS84 sans que l'on ait trouvé l'époque associée (Rwanda, Togo, Érythrée, etc.), soit des canevas locaux qui peuvent parfois être associés à la définition de quelques points indépendants déterminés dans

le WGS84 (Niger, Gabon, Guinée Équatoriale, etc.).

La répartition spatiale (figure 10) des systèmes de rattachement des référentiels géodésiques nationaux utilisés actuellement en Afrique, montre que malgré les efforts faits par certains pays, en s'alignant aux recommandations de la communauté internationale en matière de gestion de l'information géospatiale, des efforts restent encore à faire pour un bon nombre de pays. Il serait donc judicieux, d'encourager, de sensibiliser et d'appuyer ces pays, à mettre leur infrastructure géodésique en phase avec le repère de référence international terrestre (ITRF). Ceci devrait également passer par :

- la formation des acteurs locaux ;
- le renforcement en matériel des institutions nationales en charge des aspects géodésiques ;
- la mise en place d'un système d'archivage performant des informations d'ordre géodésique (rapports d'observations et de calculs, données d'observations brutes, etc.) ;
- la mise en ligne (Internet) des ressources géodésiques afin de faciliter l'accès aux chercheurs et professionnels ;
- la capitalisation des observations GNSS faites sur un territoire national dans le cadre d'autres projets ;
- etc.

L'adoption de référentiels nationaux en phase avec l'ITRF à une époque bien définie devrait participer à la réussite du projet AFREF et à une utilisation optimale des techniques de positionnement émergentes comme le PPP en Afrique.

Les solutions PPP étant calculées dans le système des orbites utilisées (ITRFyyyy, époque eeee.ee), peuvent dès lors être souvent différentes des solutions que l'on aurait dû avoir dans le système national. La vitesse des plaques étant relativement bien connue ainsi que certains mouvements discontinus (déplacements post-sismiques), les paramètres de transformation d'une réalisation ITRF à une autre (avec même époque ou époques différentes) sont aujourd'hui bien quantifiés et disponibles sur le site <http://itrf.ensg.ign.fr/>. Ce qui



**Figure 10.** Systèmes de rattachement des référentiels géodésiques en Afrique en 2020.

permettra dès lors, avec un modèle de vitesse précis, de pouvoir ramener des solutions PPP au repère local préalablement rattaché à l'ITRF avec une époque donnée. Certains travaux topographiques pourront devenir donc plus simples à réaliser avec la technique PPP ainsi que d'autres travaux d'ordre géodésique (contrôle, maintenance et densification de réseaux géodésiques).

Le PPP pourrait également, de par sa simplicité et ses performances, faciliter le rattachement des systèmes géodésiques traditionnels qui restent toujours en vigueur dans certains pays n'ayant pas encore de référentiel moderne (*figure 10*), mais aussi des pays ayant des référentiels géodésiques modernes rattachés à l'ITRF, mais co-existant toujours avec quelques réseaux locaux.

Il faut néanmoins noter que la qualité d'un tel rattachement dépendra des précisions des anciens réseaux, des observations et du modèle de vitesse utilisé.

## Conclusion

Nous avons pu noter que les réalisations géodésiques en Afrique ont connu de nombreuses évolutions.

D'abord par la création de points astrogéodésiques qui devaient, pour la plupart, servir de base pour les travaux de cartographie en Afrique, ensuite par la création de réseaux régionaux et à dimension continentale avec des triangulations et cheminements géodésiques en plus de certains réseaux à dimension locale. Ce qui caractérise à cet effet l'hétérogénéité des référentiels géodésiques en Afrique.

Même si certains pays ont pu moderniser rapidement leurs référentiels géodésiques en les alignant aux standards internationaux, il reste encore des pays pour lesquels les référentiels devront être modernisés pour permettre aux acteurs du positionnement de bénéficier pleinement des nouvelles technologies utilisées dans le positionnement actuel, de faciliter l'exécution des projets transfrontaliers et de réduire, voire éradiquer les nombreux problèmes dont la source pourrait être relative aux données de positionnement. La redéfinition et la relance du projet AFREF devraient conduire à son aboutissement qui permettrait en même temps d'aligner tous les pays aux mêmes standards afin de réduire (voire éliminer) les disparités notées dans ce sens et de permettre à l'Afrique de disposer d'un référentiel géodésique précis, fiable, homogène et

accessible à tous les acteurs du positionnement en Afrique. ●

## Contact

**Diogye DIOUF**, Enseignant-chercheur, Université Iba Der Thiam de Thiès (UIDT), Sénégal  
diogye.diouf@univ-thies.sn

## Remerciements

Nous tenons à remercier Bernard Flacelière et Michel Kasser pour les nombreuses suggestions, les documents partagés avec nous et surtout pour les échanges sur leurs missions géodésiques faites en Afrique.

## Bibliographie

- Altamimi Z., (2021). *The International Terrestrial reference Frame: an update*. IGN-IPGP, France, ICG-15, Sep 27 – Oct 1st, 2021.
- Adekoya O. (1992). *Surveying and mapping in Africa—Conventional Methods to Space techniques*. United Nations Provided by the NASA Astrophysics Data System.
- Bamouni A. et Nagabila H. (2020). *Conférence-débat virtuelle sur la géodésie burkinabè*. Revue XYZ • N° 166 – 1<sup>er</sup> trimestre 2021.
- Carrere J., Mestrallet C., Perrichet C. et Sallat R. (1987). *L'œuvre de l'Institut Géographique National en Afrique au sud du sahara et à Madagascar (1945-1985)*. Bulletin d'information de l'IGN 90/2.
- Degbegnon L. (2012). *Enjeux et perspectives du réseau géodésique béninois avec la mise en place des stations permanentes*, FIG Working Week, May 2012, Rome Italie.
- Duquenne F. (2018). *Les systèmes de référence Terrestre et leurs réalisations : Cas des territoires français*. Revue XYZ • N° 154 – 1<sup>er</sup> trimestre 2018
- Duquenne F. et H. (2002). *Cours de géodésie, chapitre 5 : techniques terrestres de la géodésie, es1, ESGT*. E/eca/codist/1/6 (2009). Mise en place du référentiel géodésique africain (afref) proposition de projet.
- El Fettah N. (2003). *Vers une redéfinition*





du référentiel géodésique Marocain. 2nd FIG Regional Conference Marrakech, Morocco, December 2-5, 2003

Geiger, A. Kahle, H.-G. et Reinhart, E. (1984). *Établissement d'un réseau géodésique de premier ordre par mesures Doppler sur satellites en Côte d'Ivoire*.

Gourine B. (2019). *Ajustement global d'un réseau géodésique classique étendu. Application à un réseau test du réseau primordial Algérien*. Revue XYZ • N° 159 – 2<sup>e</sup> trimestre 2019.

Institut National de Cartographie et de Teledetection d'Algérie. (2007). *Rapport national de l'Algérie, IUGG 2007 Perugia* - XXIV IUGG General Assembly.

Institut National de Cartographie et de Teledetection / sous-direction recherche & développement. (2009). *Rapport National de l'Algérie 2005 – 2009*. Neuvième Conférence cartographique régionale des Nations unies pour les Amériques, New York, 10-14 Août 2009.

Kumar, M. (1984). *"Status report on african doppler surveys (ADOS)"* Status report prepared for presentation at the International Symposium on Space Techniques for Geodynamics, 9-13 July in Sapon. Hunarry.

Konan K. (1987). *Modélisation et études statistiques de réseaux géodésiques (application à des réseaux de Côte d'Ivoire)*. Planète et Univers [physics]. Observatoire de Paris, 1987. Français. ffnnt : 1987OBSP0001.

Leblanc J.C. (2022). *Le cheminement du douzième parallèle (première partie)*. Revue XYZ • N° 171 – 2<sup>e</sup> trimestre 2022

Levallois J.J. (1988). *Mesurer la terre : 300 ans de géodésie française : de la toise du Châtelet au satellite*. Paris [France] : AFT

Newling M. (1989). *Towards a new South African geodetic datum*. Submitted to the University of Cape Town in fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Engineering. P72-74.

El Fettah N. (2003). *Vers une redéfinition du référentiel géodésique marocain*. 2nd FIG Regional Conference, Marrakech, Morocco.

Rapport sur l'état d'avancement de l'initiative "programme d'applications scientifiques et topographiques des

systèmes globaux de navigation par satellite en Côte d'Ivoire" past-gnss Côte d'Ivoire New York (États-unis), 5-7 août 2015.

Salem A. (2002). *Sur l'unification des systèmes géodésiques en Tunisie*, Communication proposée pour le Colloque Scientifique International sur le Cadastre Tunis, 25-26 Octobre 2002.

Salem A. (2006). *L'évolution de la géodésie tunisienne : Des points de Laplace aux stations GPS permanentes*. 120<sup>ème</sup> anniversaire de la création du Service Topographique Tunisien.

Salem A. (2011). *L'Unification des Systèmes Géodésiques Terrestres Tunisiens*, FIG Working Week 2011, Bridging the Gap between Cultures, Marrakech, Morocco, 18-22 May 2011.

Solomon M. (2013). *Determination of transformation parameters for Montserrado county, Republic of Liberia*, thesis of the department of Geomatic Engineering Kwame Nkrumah University of Science and Technology, P20

Winterbotham H. et Mccaw G. (1927). *The triangulations of Africa*. Paper read at the Afternoon Meeting of the Society, 14 November 1927.

Wonnacott R. (2006). *The AFREF Project: Background, Rationale and Progress*. Workshop of 5th FIG Regional Conference Accra, Ghana, March 8-11, 2006.

Wonnacott R. (2012). *AFREF: Concept and Progress*. United Nations Regional Cartographic Conference For Asia and the Pacific, Bangkok 2 November 2012.

Windhoek declaration on an African Geodetic Reference Frame (AFREF), 2002.

Yaw P. (2009). *Establishment of gps reference Network in Ghana*, These.

Yaw P. et Schueler T. (2015). *Renewal of Ghana's geodetic reference network*, 13th FIG Symposium on Deformation Measurement and Analysis and 4th IAG Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering, Lisbon 2008 May 12-15.

<http://afrefdata.org/>

<http://www.fao.org/3/w7238f/w7238f06.htm>

<http://www.epsg.org/>

[www.fao.org/3/W7238F/W7238f04.htm](http://www.fao.org/3/W7238F/W7238f04.htm)

## ABSTRACT

*The African continent has been many geodetic achievements that have evolved over time, particularly thanks to the evolution of the geodetic instruments and techniques used.*

*The techniques of terrestrial geodesy characterized the first geodetic networks that usually had a local dimension with a quasi-geocentric ellipsoid which could be positioned differently from one country to another. Different realizations of local geodetic networks have thus coexisted for a long time despite their incompatibility.*

*The geodetic traverse of the 12th parallel and the 30th meridian arc have been one of the few initiatives to establish regional geodetic networks established by terrestrial techniques. With the advent of spatial geodesy, a first project to unify geodetic references called ADOS was launched in 1980 to provide Africa with its first geocentric reference system. With the increasing demands on positioning and geodetic benchmarking and the guidance of the international and scientific community on the subject with satellite positioning systems (GNSS), Africa has felt the need to according to international standards. Thus, the AFREF project was launched in 2001 to provide Africa with an unified, homogeneous, precise and accessible reference frame to all users on the continent performing GNSS positioning. The analysis of this situation of geodetic infrastructures in Africa has permitted in this article, to make proposals that should allow Africa to have a regional Datum witch in line to the standard in this area.*