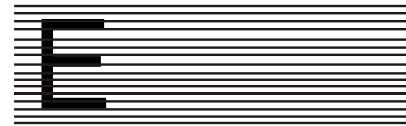




NATIONS UNIES

## CONSEIL ECONOMIQUE ET SOCIAL



Distr.: LIMITEE

E/ECA/DISD/CODI.3/11

6 mai 2003

FRANÇAIS

Original: ANGLAIS

---

### COMMISSION ECONOMIQUE POUR L'AFRIQUE

Troisième réunion du Comité de l'information  
pour le développement (CODI)

Addis-Abeba (Ethiopie)  
10 – 17 mai 2003

Sous-Comité de la géo-information : questions de politique

### **Déclaration de Windhoek sur le Référentiel géodésique africain (AFREF)**

Conclusions de l'atelier sur AFREF  
Windhoek (Namibie)  
6 – 8 décembre 2002



## **Un Référentiel géodésique africain (AFREF)**

### **Note du Secrétariat**

Le Sous-comité de la géo-information du Comité de l'information pour le développement (CODI-Géo) a recommandé, à l'occasion de CODI.2, que:

«... Pour les applications régionales, des Infrastructures régionales de données spatiales (IRDS) soient édifiées, qu'elles aient comme élément constitutif une Base de données régionale africaine et reposent sur un Système de référence africain unifié;

Un comité permanent sur l'Infrastructure des données spatiales pour l'Afrique soit institué».

C'est à la faveur de ces recommandations que l'Atelier sur les Systèmes mondiaux de navigation par satellite (GNSS), organisé par le Bureau des affaires spatiales (OOSA) en juillet 2002 à Lusaka (Zambie), a reconnu le rôle que joue CODI en matière de diffusion de l'information sur le référentiel unifié. Le Gouvernement namibien a organisé un autre atelier en décembre 2002, qui a été consacré spécifiquement à l'application d'un Référentiel géodésique africain unifié (AFREF). Cet atelier a élaboré la «Déclaration de Windhoek » et a recommandé, entre autres, que celle-ci soit présentée à CODI.3 pour adoption et qu'elle soit articulée avec la création du comité permanent sur l'infrastructure de données spatiales en Afrique. Cette recommandation a été approuvée par les directeurs des organes nationaux de cartographie des Etats contractants membres du Centre régional de cartographie des ressources pour le développement (RCMRD), à l'occasion de la trente-sixième session du Conseil d'administration du Centre qui s'est tenue en décembre 2002.

Cette recommandation va dans le sens du programme de travail de la CEA. Le présent document est donc présenté comme document de travail pour le Symposium sur le Comité permanent sur l'infrastructure des données spatiales en Afrique et pour les séances du Sous-Comité consacrées aux questions de politique.

### **Résumé analytique**

Pour tout projet de développement, application, service ou produit qui exige des données géoréférencées, il est indispensable de se doter d'un système de référence uniforme. Tous les pays du monde ont créé, sous une forme ou une autre, des systèmes de référence géodésique qu'ils utilisent dans les domaines de la topographie, de la cartographie, de la photogrammétrie, de la télédétection, des Systèmes d'information géographique (SIG), des programmes de développement et de l'atténuation des risques (études sismiques, tectonique, observations volcaniques, fortes tempêtes, etc.). Ces référentiels strictement nationaux ne sont cependant pas adaptés pour mener des initiatives à l'échelle régionale. Avec l'approche nationale, le tracé des frontières entre pays voisins est souvent source d'antagonismes, ce qui accroît les risques de conflits voire de guerre. Des projets tels ceux concernant la gestion de l'environnement, les transports et le commerce sont difficiles –et parfois impossibles- à planifier et à exécuter parce

que les cartes et les autres informations géographiques utilisées sont contradictoires. Les objectifs arrêtés par les chefs d'Etat et de gouvernement africains dans le cadre du Nouveau Partenariat pour le développement de l'Afrique (NEPAD) ne sont pas, non plus, réalisables car il n'est pas possible de traiter les domaines prioritaires en l'absence d'informations géographiques précises. Il est donc urgent de créer ce système de référence unifié.

La nécessité d'établir un référentiel unifié est reconnue depuis les années 80, et c'est précisément ce qui était attendu du Projet *African Doppler Survey* (ADOS). Ce projet a pris fin en 1986 sans atteindre tous les objectifs fixés. L'échec d'ADOS tient à plusieurs facteurs dont la difficulté à réussir les observations simultanées requises par la technologie d'observation Doppler par satellite utilisée alors. Aujourd'hui, la technologie de positionnement basée sur le Système de positionnement universel (GPS) est plus facile à utiliser, mais aussi plus précise. Elle est également d'accès facile et plus aisément applicable en Afrique que ne l'était la technologie Doppler.

D'autres régions du monde ont lancé des référentiels unifiés. C'est le cas de l'Europe avec le système EUREF et des Amériques avec SIRGAS. Ces référentiels reposent sur la mise en place d'un réseau de stations GPS permanentes, relié au réseau mondial du Service GPS international. L'Afrique gagnerait beaucoup à adopter la même technologie et les mêmes normes. Conformément aux objectifs du NEPAD, le continent africain serait alors totalement intégré au réseau mondial et aura la possibilité d'exploiter un grand nombre de données mondiales et de ressources d'information, notamment dans le domaine de la géo-information.

Il s'agit donc d'établir un réseau de stations GPS permanentes qui serait accessible à tout utilisateur africain qui se trouverait, au plus, à 1 000 kilomètres de ces stations. Ce cadre de référence sera à la base des réseaux de référence tridimensionnels nationaux compatibles avec le Référentiel terrestre international (ITRF). Il conviendra d'adopter une approche reposant sur la coordination à l'échelle du continent et sur la mise en œuvre nationale. Pour des raisons d'efficacité pratique, il est proposé de créer une structure intermédiaire de coordination au niveau sous-régional, ce qui donnera naissance à des référentiels sous-régionaux: NAFREF (pour l'Afrique du Nord), SAFREF (pour l'Afrique australe), CAFREF (pour l'Afrique centrale), EAFREF (pour l'Afrique de l'Est) et WAFREF (pour l'Afrique de l'Ouest), tous étant conformes aux spécifications GIC/ITRF et compatibles avec elles. Conformément au principe de mise en œuvre nationale, les pays devront entretenir et protéger les stations, mener des campagnes sur le terrain et soumettre les données à des centres régionaux de données choisis. Le Hartebeesthoek Radio Astronomy Observatory (HartRAO), un observatoire national de la National Research Foundation (NRF) de l'Afrique du Sud, a été désigné comme centre national de données sur les SIG. Il jouera un rôle clef dans la mise en place d'AFREF. Il est à noter que certains pays ne pourront peut être pas mobiliser toutes les ressources nécessaires en vue de créer et d'entretenir ces stations. De même, certains pays devront assumer davantage de responsabilités. Il faudra donc que les pays les moins dotés en ressources bénéficient de l'assistance de pays africains mieux lotis, mais aussi de la communauté internationale.

## Introduction

Le Centre régional de cartographie des ressources pour le développement (RCMRD), établi à Nairobi (Kenya), organise périodiquement des réunions en vue de débattre de questions diverses au sein du Comité technique (CT) et du Conseil d'administration (CA) ainsi qu'au niveau ministériel. Une de ces réunions, organisée par le *Surveyor General of Namibia* (Directeur du service cartographique namibien), s'est tenue du 9 au 17 décembre 2002 à Windhoek (Namibie). En règle générale, ce sont les directeurs des organes nationaux de cartographie membres du RCMRD qui assistent aux réunions du Comité technique.

Au cours de la réunion sur l'Infrastructure mondiale de données spatiales (GSDI), qui s'est tenue en mars 2000 au Cap (Afrique du Sud), on a beaucoup discuté des concepts et des principes relatifs au Référentiel géodésique africain unifié (AFREF). Ces discussions ont fait ressortir la nécessité de mettre en place ce Référentiel et de commencer à préparer l'exécution du projet. C'est dans ce cadre qu'un atelier s'est tenu, avant les réunions du Comité technique, du Conseil d'administration et les réunions ministérielles, en vue de lancer l'élaboration des plans d'exécution du projet AFREF.

Le Gouvernement namibien a accepté d'accueillir l'atelier du 6 au 8 décembre et le RCMRD a donné son accord pour prendre à sa charge les frais de séjour supplémentaires des directeurs des organes nationaux de cartographie membres du Centre, mais aussi de tous les pays africains. Des organisations régionales et internationales ont aussi été invitées en qualité d'observateurs. Sept pays membres, un pays observateur et la Commission économique pour l'Afrique (CEA) ont participé à l'atelier. La liste des participants à cet atelier est jointe au présent document.

L'atelier a examiné le projet ADOS des années 80 ainsi que plusieurs rapports sur les discussions récentes concernant AFREF qui ont eu lieu à l'occasion de divers forums. Les participants ont présenté l'état d'avancement de divers projets en cours d'exécution dans leurs pays respectifs et ayant un rapport avec le concept AFREF. Ils sont convenus d'élaborer une déclaration faisant ressortir le concept et les principes d'AFREF. Celle-ci servira de base pour les activités de sensibilisation et les propositions qui seront faites ultérieurement en ce qui concerne le projet. Un sous-comité a été chargé d'élaborer le premier projet de déclaration. Celui-ci a été examiné et amendé, ce qui a permis d'aboutir au document intitulé «Déclaration de Windhoek sur un Référentiel africain».

## Qu'est-ce qu'AFREF?

AFREF a été voulu comme un cadre de référence géodésique unifié pour l'Afrique. Il sera l'élément de base des réseaux de référence nationaux tridimensionnels totalement compatibles avec le Référentiel terrestre international (ITRF). Dans sa phase opérationnelle, il sera constitué d'un réseau de stations GPS permanentes qui permettra aux utilisateurs, où qu'ils se trouvent en Afrique, d'accéder librement à ces stations, à condition qu'ils en soient éloignés, au plus, de 1 000 kilomètres. Le projet sera définitivement opérationnel avec la mise en place d'un système vertical de référence unifié et avec la création d'un géoïde africain précis dans le cadre des activités concernant le projet de géoïde africain.

## **Bien-fondé de la mise en place d'AFREF**

La mise en place d'un système de référence coordonné uniforme est une condition essentielle pour tout projet de développement, application ou service qui requiert certaines données géoréférencées. Tous les pays du monde ont créé, sous une forme ou une autre, des systèmes de référence géodésique qu'ils utilisent dans les domaines de la topographie, de la cartographie, de la photogrammétrie, de la télédétection, des Systèmes d'information géographique (SIG), des programmes de développement et de l'atténuation des risques (études sismiques, tectonique, observations volcaniques, fortes tempêtes, etc.). Les systèmes nationaux coordonnés sont basés sur des références terrestres dont la plupart ont été déterminées par des observations astronomiques. Il apparaît aujourd'hui que ces références ne permettent pas de contrôler les activités topographiques à partir de techniques modernes s'appuyant sur l'utilisation de satellites.

Les systèmes coordonnés astronomiques étaient, à l'origine, basés sur une origine locale ou point de référence, ce qui en limitait l'utilisation à un pays donné et rendait très difficile toute cartographie transfrontière ou régionale ou toute élaboration et exécution de projets à cette échelle. Dans certains cas, on a utilisé plus d'un point de référence pour un seul pays, ce qui a rendu difficile le recoupement d'informations sur des références géographiques situées dans différents points du pays. L'aviation est un des nombreux domaines qui requièrent le recours à un système mondial coordonné. Pour la navigation aérienne, il est nécessaire de disposer, dans le cadre d'un système coordonné unique, des aéroports de départ et de destination. Conformément à la réglementation de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), les lieux d'implantation des aéroports nationaux sont arrêtés dans le cadre d'un système mondial coordonné dénommé *Système géodésique mondial de 1984 (WGS84)*. La technologie moderne de positionnement reposant sur le Système mondial de navigation par satellite (GNSS), notamment le Système de positionnement universel (GPS), donne des coordonnées tridimensionnelles basées sur l'ellipsoïde de référence. S'il n'est pas impossible de lier ces coordonnées au référentiel national, la manipulation mathématique que cette opération implique n'est pas facile et doit être effectuée avec grand soin. Nombre de pays doivent donc actualiser leur système de référence national et le rendre compatible avec le Référentiel terrestre international (ITRF) qui a été officiellement adopté par l'Association internationale de géodésie (AIG). Le WG84, qui est largement utilisé par l'aviation et par de nombreux autres secteurs, est actuellement quasiment identique à l'ITRF au centimètre près. L'AFREF, qui fera partie de ce système international, facilitera la planification du développement et permettra aux pays africains d'exploiter les ressources de données spatiales mondiales pour la planification et la prise de décisions.

## **Les applications d'AFREF dans le domaine du développement**

L'objectif principal du Nouveau Partenariat pour le développement de l'Afrique (NEPAD) est «d'éradiquer la pauvreté en Afrique et de placer les pays africains, individuellement et collectivement, sur la voie d'une croissance et d'un développement durables pour mettre ainsi un terme à la marginalisation de l'Afrique dans le contexte de la mondialisation» (paragraphe 67). Elaboré par des dirigeants africains, le NEPAD repose sur des priorités nationales et régionales et sur des plans de développement destinés à assurer la

renaissance du continent. Il s'agit, dans le cadre d'un des domaines prioritaires, de mettre l'accent sur «la prestation de services publics régionaux (transports, énergie, eau, TIC, éradication des maladies, préservation de l'environnement et mise en place de capacités régionales de recherche), et sur la promotion du commerce et de l'investissement intra-africains. Il s'agira avant tout de rationaliser le cadre institutionnel de l'intégration économique en repérant des projets communs qui soient compatibles avec les programmes intégrés de développement nationaux et régionaux et d'harmoniser les politiques et pratiques en matière d'économie et d'investissement» (paragraphe 95). Pour mener des actions dans ces domaines prioritaires, il faut disposer de cartes et d'autres produits de la géo-information permettant de garantir une planification et une exécution efficaces des projets arrêtés. Compte tenu de l'importance de la géo-information, la plate-forme sur la science et la technologie vise à «promouvoir la coopération et l'amélioration des connexions transfrontalières» et «établir une coopération régionale pour la mise au point et la diffusion de normes pour les produits, ainsi que pour les systèmes d'information géographique (SIG) (paragraphe 145 et 146)».

Les produits de la géo-information permettent d'établir un lien entre l'ensemble des activités et les lieux où elles sont menées. Toutes les activités sont forcément conduites en un lieu donné. Nos plans ne sauraient donc être complets en l'absence d'informations sur les lieux d'implantation des projets. Auparavant, ces informations étaient disponibles sous forme de cartes. Avec l'avènement des technologies de l'information et de la communication, elles sont données sous une forme numérique grâce au SIG. Il est plus facile, sous cette forme, de nourrir le processus de prise de décisions d'informations complémentaires et de faire participer la communauté dans son ensemble à ce processus, ce qui figure d'ailleurs au nombre des objectifs du NEPAD.

La cartographie et le système d'information géographique s'appuient sur le cadre de référence géographique. En règle générale, la majorité des utilisateurs de cartes et d'autres produits de la géo-information n'établissent pas d'échanges avec ce cadre de référence. En l'absence de celui-ci, les géomètres et autres spécialistes de la cartographie et de la planification seraient incapables de produire des cartes et d'autres produits de la géo-information qui servent à établir une planification.

Auparavant, chaque pays avait son propre cadre de référence géographique. Avec ce système, les cartes des zones frontalières séparant deux pays faisaient apparaître des discordances. En plus d'être porteuse de malentendus et de conflits potentiels, cette situation ne permet pas à ces pays d'échanger des informations et d'établir des plans conjoints. Les informations figurant sur les cartes d'un pays ne pouvaient être facilement référencées avec celles inscrites sur les cartes de l'autre pays. L'évolution vers une plus grande intégration et l'adoption d'approches régionales dans les domaines de la paix et de la sécurité, de la gestion de l'environnement, du commerce et de l'industrie, exigent des cartes qui transcendent les frontières nationales.

Le Plan de mise en œuvre du Sommet mondial pour le développement durable (SMDD) recommande, en son paragraphe 132, de:

«Favoriser la mise au point et l'utilisation, à plus grande échelle, des techniques cartographiques et géographiques d'observation de la Terre, notamment par satellite, pour recueillir des données quantitatives sur l'impact des activités sur l'environnement, l'utilisation des terres et ses changements, y compris en prenant d'urgence des mesures à tous les niveaux pour:

- a) Renforcer la coopération et la coordination des observatoires et des programmes de recherche mondiaux en vue d'une meilleure intégration des systèmes d'information à l'échelle mondiale, en tenant compte de la nécessité de veiller à ce que tous les pays se dotent des capacités nécessaires et partagent les données provenant des observatoires au sol, des satellites de télédétection et d'autres sources;
- b) Concevoir des systèmes d'information qui permettent le partage de données intéressantes, y compris les données d'observation au sol;
- c) Encourager les initiatives et partenariats cartographiques mondiaux ».

Cette recommandation, ainsi que d'autres, se rapportant à l'accès des communautés à l'information ne peut être appliquée sans un référentiel géographique régional sur lequel s'appuieraient tous ces produits d'information.

La deuxième réunion du Comité de l'information pour le développement (CODI), qui est un organe statutaire de la Commission économique pour l'Afrique (CEA), s'est tenue en septembre 2001 à Addis-Abeba sous le thème «L'information pour le développement et la prise de décisions». Le Sous-Comité de la géo-information a fait des recommandations dont notamment la nécessité de mettre en place une infrastructure régionale de données spatiales ayant comme élément constitutif une base de données géographiques africaine. L'infrastructure de données spatiales (IDS) facilite la production, la gestion et la diffusion de l'information géographique dans un cadre de coopération et de participation. Elle permet aux décideurs et aux autres intervenants de savoir quels sont les produits de l'information géographique disponibles, où ils se trouvent, comment y accéder et comment les utiliser. Ce système facilite la participation de tous à la prise de décisions conformément à un des objectifs clef du NEPAD.

### **Les besoins scientifiques concernant AFREF**

La mise en œuvre d'AFREF ouvre de grandes perspectives dans les domaines de la géodésie, de la cartographie, de la géo-information, de l'atténuation des risques naturels, des sciences de la terre, etc. Ce système, une fois mis en place, donnera un grand élan au transfert et à l'amélioration des connaissances dans les domaines de la topographie et de la géodésie, notamment en ce qui concerne la technologie GPS et ses applications. Les techniques géodésiques traditionnelles basées sur le point de référence (local) le mieux ajusté souffrent de grandes lacunes car elles ne produisent pas d'informations suffisantes sur le centre de la Terre et sur son centre de gravité.

Le cadre international, dont AFREF fera partie, est un élément indispensable qui conditionne la mise en place d'applications pluridisciplinaires. Le Service international du GPS



(SIG), un service de l'Association internationale de géodésie (AIG), permet d'appuyer un certain nombre de projets et d'applications dépendant de systèmes de référence solides qui connaissent un développement spectaculaire aux niveaux mondial et régional. Les produits classiques des SIG, qui s'appuient sur le réseau mondial, fournissent des informations permettant de produire des cartes sur les mouvements de la croûte terrestre, de surveiller l'activité sismique dans le cadre de la recherche sur les risques sismiques et d'assurer une large couverture régionale pour le GPS. Ce système fondamental de référence peut aider à mieux comprendre les sciences de la Terre et à trouver des solutions aux problèmes à l'échelle régionale et mondiale.

En plus de la mise en place d'un système de référence moderne pour l'Afrique, le projet AFREF aura pour effet décisif de convertir tous les produits topographiques et cartographiques nationaux dans le cadre d'un système commun de référence. L'aspect pratique de ce système est qu'il facilite l'exécution de projets transfrontières et de projets régionaux géoréférencés. En plus d'applications concernant des projets scientifiques, d'autres projets pourront être exécutés, notamment dans les domaines agricole, routier et ferroviaire ou de la construction de réseaux électriques, de l'éradication des maladies, de l'atténuation des risques naturels, etc.

Les techniques de positionnement par satellite seront à même, entre autres, d'assurer la surveillance du climat à long terme, de faire des prévisions météorologiques à partir de stations terriennes, de surveiller l'évolution du niveau des mers au millimètre près, de mieux connaître le champ de gravité et l'atmosphère de la Terre, de progresser dans le domaine de la cartographie et de la recherche ionosphériques ou de mesurer le temps avec une plus grande précision grâce à des satellites placés en orbite basse et équipés de récepteurs GPS.

Avec un système géodésique uniforme couvrant l'ensemble du continent, les applications du GPS, qui faciliteront une meilleure compréhension des phénomènes liés aux sciences de la Terre, sont porteuses de progrès social. Le GPS est utilisé pour surveiller les déformations de la croûte terrestre (séismes, volcans, mouvements de la plaque tectonique et tassements de terrain dans les zones côtières).

### **Actions déjà conduites en vue de mettre en place un ellipsoïde de référence unifié**

L'idée de mettre en place un ellipsoïde de référence unifié pour l'Afrique n'est pas entièrement nouvelle. Des efforts ont été entrepris, au cours des années 80, pour mettre en place ce système grâce à des techniques utilisant les satellites. Le projet *African Doppler Survey (ADOS)* a été lancé en 1982 et achevé en 1986. il visait essentiellement à:

- a) Assurer un contrôle d'ordre zéro pour les réseaux géodésiques futurs relatifs au contrôle cartographique;
- b) Veiller à l'unification et au renforcement des points de référence.

Le projet avait été élaboré par l'AIG et exécuté sous la coordination de la Commission de la géodésie pour l'Afrique de l'AIG, l'Association africaine de cartographie (AAC) et la Commission économique pour l'Afrique (CEA). Le Centre régional de services spécialisés dans le domaine des levés, des cartes et de la télédétection (RCSSMRS), aujourd'hui dénommé Centre

régional de cartographie des ressources pour le développement (RCMRD), dont le siège est à Nairobi, en a été l'organe d'exécution. Des observations ont été faites sur le terrain dans le cadre d'accords bilatéraux entre les pays africains et des organisations géodésiques internationales en Europe et en Amérique du Nord.

A l'achèvement du projet, en 1986, 300 points Doppler d'ordre zéro avaient été établis et diffusés dans 45 pays africains. L'objectif d'unification des points de référence n'a cependant pas été atteint. Les raisons de cet échec sont les suivantes:

- Une des exigences informatiques de la technique Doppler par satellite était de mener toutes les observations de façon simultanée. Des problèmes logistiques se sont posés compte tenu de l'étendue du continent et du nombre élevé de pays impliqués dans cette opération. En conséquence, il n'a pas été possible de mener à bien les observations de terrain conformément au programme établi ;
- Certains pays membres n'ont pas très bien compris le bien-fondé du projet et n'y ont pas participé avec toute la détermination nécessaire ;
- Le projet a été entièrement préparé par l'AIG et des spécialistes internationaux en géodésie avec une faible participation des experts africains qui n'ont pas pleinement apporté le soutien et la contribution nécessaires au projet ;
- Les procédures concernant le système Doppler n'ont pas été correctement assimilées par certaines équipes de terrain avec, en conséquence, des observations non conformes aux normes requises ;
- Dans certains pays, l'exécution du projet devait s'appuyer sur un appui bilatéral qui ne s'est pas matérialisé.

Malgré tous ces problèmes, le projet ADOS a été riche d'enseignements dont notamment le fait que le concept d'unification des points de référence pouvait être réalisé en Afrique. Aujourd'hui, les conditions sont réunies pour éviter que de tels problèmes se reproduisent. Pour commencer, la technologie a évolué. Le GPS qui sera utilisé pour la mise en œuvre d'AFREF est plus facile à utiliser que le Doppler. Les procédures de traitement des données SIG n'exigent plus d'observation simultanée de tous les points du réseau. Ces observations peuvent être menées séparément et traitées ultérieurement. Cette technique permet d'éviter les problèmes de logistique et de simplifier le travail sur le terrain. De plus, l'Afrique compte aujourd'hui suffisamment de compétences pour préparer et exécuter le projet. Ce sont ces experts africains, familiarisés avec l'environnement physique et bureaucratique africain, qui ont expliqué le concept à leurs gouvernements respectifs et qui ont œuvré à la conception et à la planification du projet.

Autre facteur potentiel de succès du projet envisagé: les points GPS doivent se situer sur des sites dotés d'installations électriques et de moyens de télécommunications. Ils seront ainsi plus faciles d'accès et mieux adaptés aux observations que les points de l'ADOS.

## Référentiels régionaux similaires

EUREF est le référentiel géodésique commun à l'Europe. L'ossature de son réseau est composée de stations permanentes de poursuite, qui sont densifiées au niveau national à travers des campagnes locales d'une durée limitée. Ses principales composantes sont : des stations GPS permanentes, des centres d'exploitation, des centres de données locales, un centre de données régionales, des centres d'analyse locale, un centre d'analyse régionale et un centre de coordination du réseau. Sa création a tiré parti de l'existence de composantes diverses, auxquelles a été ajoutée la fonction de coordination du réseau, portant sur les activités déjà en cours d'exécution dans les pays membres. EUREF, qui est la composante régionale européenne du Réseau mondial du service international du système d'information géographique (SIG), fournit des solutions-réseaux gratuites de ses centres d'analyse locale au SIG, pour alimenter le Service international de la rotation terrestre (IERS).

SIRGAS (Sistema de referencia Geocentrico para Americas del Sur) est son équivalent sud-américain. Il a été créé en 1993 lors de la Conférence internationale sur la définition d'un système géodésique sud-américain, parrainée par l'Association internationale de géodésie (AIG), l'Institut panaméricain de géographie et d'histoire (IPGH) et la Defense Mapping Agency des Etats-Unis d'Amérique (DMA), ses objectifs étant les suivants:

- Définir un système de référence pour l'Amérique du Sud;
- Etablir et faire fonctionner un réseau de référence;
- Définir et créer un système de référence géodésique.

La Conférence a adopté le référentiel terrestre international (ITRF) et retenu comme position que le réseau de référence devait être, sur le plan de la précision, compatible avec les techniques de positionnement les plus récentes, en particulier celles du GPS. Les 57 stations formant le réseau de référence du SIRGAS ont été observées en 1994 pendant une campagne GPS de 24 heures. Le réseau comprenait alors huit stations SIG, déjà en service, assurant le lien entre le réseau de référence du SIRGAS et le réseau mondial de stations GPS permanentes du SIG. Depuis lors, le projet a été étendu à l'ensemble des Amériques (Amérique du Nord, Amérique centrale, Amérique du Sud et Caraïbes) grâce à une campagne GPS menée en mai 2000 et couvrant toute la région.

## Plan d'action général

Le système continental de référence de l'Afrique peut être mis en place par une démarche flexible, tenant compte de l'infrastructure mondiale permanente du SIG. Premièrement, les stations GPS permanentes qui existent en Afrique sont ou peuvent être reliées au réseau de traitement quotidien très régulier du SIG. Il en existe quelques-unes éparpillées sur le continent, formant une structure de grande précision – mais à l'évidence, il serait bénéfique d'en accroître le nombre. Deuxièmement, il faudrait créer des stations supplémentaires pour assurer la densification régionale et, pour ce faire, établir, par exemple, des réseaux GPS au niveau national en reliant des stations permanentes ou semi-permanentes ou en utilisant des récepteurs GPS mobiles pour mesurer des points uniques ou mener des campagnes dans ce sens.

Les anciennes observations faites par réseau GPS nécessitent d'observer simultanément tout un réseau, mais il n'est plus besoin de procéder ainsi, bien que ce soit souhaitable pour rapprocher des mesures d'époque différentes. En raison de la continuité et de la permanence de l'infrastructure GPS mondiale, des observations faites à un moment donné peuvent désormais être mises en rapport avec celles effectuées à d'autres endroits et ultérieurement, sans que la précision s'en ressente. En fait, vu l'étendue du continent africain et les difficultés logistiques qu'implique la coordination entre plus de 50 pays, il serait plus réaliste et plus prudent d'adopter une approche plutôt régionale reposant sur un solide réseau continental de repérage. La priorité des priorités est donc de créer un réseau *permanent* sur tout le continent.

L'ensemble des analyses et des résultats ultérieurs pourront reposer sur les produits et orbites précis générés par le SIG pour positionner les stations dans le référentiel terrestre international et pourront servir de base des transformations requises entre celui-ci et tout système géodésique national. L'application des recommandations et des conventions du SIG/IERS permettra d'obtenir, dans ce cadre, un positionnement tridimensionnel au centimètre près.

Il est prévu de mener la régionalisation d'AFREF en trois grandes phases:

- a. La première est la création d'un ensemble de stations GPS permanentes ou semi-permanentes dans toute la région, qui feront partie du réseau mondial de stations du SIG. Ces stations devront se situer à des intervalles de 1 000 km environ et répondre aux normes internationales reconnues de création de stations GPS permanentes, telles que définies par le SIG. Ces normes fixent les exigences relatives à des éléments tels que les types d'antenne et de récepteur, les fondations et la structure de l'édifice, la structure et le format des données, etc.
- b. La deuxième est la densification du réseau de stations permanentes, essentiellement dans chacun des pays, pour déterminer les relations entre le système géodésique national et le Système international de référence terrestre (ITRS) et affiner les paramètres de transformation nécessaires pour relier les systèmes nationaux à un référentiel terrestre international commun. Les besoins propres à chaque pays en matière de densification dépendront de la situation de son réseau géodésique. Il est cependant fortement conseillé à tous les pays de respecter les normes internationales recommandées par la communauté internationale de géodésie et de topographie.
- c. La troisième mais tout aussi importante phase du projet concernera l'élaboration d'un modèle plus affiné de géoïde pour l'Afrique et la définition d'un système commun de référence verticale pour le continent. A défaut de ces deux éléments, les avantages du GPS en tant qu'outil de positionnement en cartographie, planification, ingénierie et autres applications à caractère régional, sous-régional et transfrontalier seront considérablement limités. Une bonne partie de cette phase consistera donc à collecter et étudier des données utiles en matière de gravité et de nivellement et à faire la modélisation définitive d'un géoïde. L'unification des réseaux nationaux de nivellement du terrain en découlera. Cette phase du projet peut se dérouler parallèlement aux deux premières phases.

Tous les pays devront participer activement à la planification, la gestion et l'exécution des campagnes sur le terrain, ainsi qu'au traitement, au calcul et à l'interprétation des observations à toutes les phases du projet, par l'intermédiaire des services nationaux de la cartographie. Ils devront également maintenir des installations électriques et des moyens de télécommunications dans les stations permanentes en continu et prendre les dispositions nécessaires pour communiquer aux centres de données les ensembles de données requises. La démarche à adopter est celle d'une coordination continentale, la mise en œuvre étant faite au niveau national. Cependant, par souci d'efficacité opérationnelle, une structure intermédiaire de coordination sera mise en place au niveau sous-régional, calquée sur la division onusienne de l'Afrique en cinq sous-régions: Afrique du Nord, Afrique de l'Ouest, Afrique de l'Est, Afrique centrale, et Afrique australe. Le référentiel géodésique de l'Afrique (AFREF) sera donc composé de cinq référentiels sous-régionaux correspondant, respectivement, à cette division: NAFREF, WAFREF, EAFREF, CAFREF et SAFREF, tous conformes aux spécifications du SIG/ITRF et compatibles avec celles-ci.

Comme de nombreuses compétences indispensables à la mise en place du réseau font très souvent défaut aux pays de la région, une importance particulière sera accordée au renforcement des capacités et au transfert des connaissances nécessaires aux services nationaux de la cartographie. Il est probable que les milieux internationaux de la géodésie apporteront leur concours à ce transfert de compétences. La conversion des produits et services nationaux actuels de cartographie en éléments des nouveaux réseaux géodésiques basés sur l'ITRF découlera de la mise en place de l'AFREF.

Une pièce maîtresse de l'AFREF est l'observatoire de radioastronomie de Hartebeesthoek (HartRAO), installé par la National Research Foundation d'Afrique du Sud. C'est la seule installation géodésique spatiale pluridisciplinaire existant sur le continent. Elle assure le fonctionnement de plusieurs stations GPS qui contribuent au SIG, ainsi que d'instruments d'interférométrie à très longue base (VLBI), qui établissent un lien crucial avec le réseau mondial de VLBI. La VLBI est la seule source d'observation d'UT1 et le lien clef entre les systèmes de références terrestre et céleste, une composante indispensable de l'initiative géodésique AFREF. HartRAO assure également le fonctionnement d'une station de télémétrie laser par satellite (SLR), du système russe de positionnement par satellite (GLONASS), qui complète le GPS et d'une station DORIS du système français. HartRAO est aussi un centre de données régionales pour l'Afrique dans la structure du SIG.

Des progrès sensibles ont déjà été accomplis vers les buts et objectifs de l'AFREF. Depuis 2000, plusieurs réunions et ateliers ont été tenus pour sensibiliser les services nationaux de cartographie de tous les pays africains, ainsi que la communauté internationale, à ces buts et objectifs. En outre, nombre de pays ont déjà converti ou sont en passe de convertir leur référentiel national en système basé sur l'ITRF. Certains ont également installé des récepteurs ou un réseau de récepteurs GPS permanents et sont sur le point de constituer un pool de compétences spécialisées en rapport avec des projets liés à l'AFREF.

## Besoins en ressources

Comme la démarche adoptée est « planification régionale, mise en œuvre nationale », il importe de réfléchir aux ressources qui seront vraisemblablement requises. Celles qui concernent la mise en œuvre et l'exploitation de l'AFREF se répartissent en plusieurs catégories:

- **Ressources humaines et institutionnelles aux niveaux national et régional.** Un personnel aux compétences diverses est nécessaire à différents niveaux. Il faudrait des spécialistes de la géodésie et des géophysiciens pour établir et mettre au point l'emplacement optimal des principaux points de l'AFREF pour l'ensemble du continent et les points de densification nationale, en tenant compte des points et autres installations existant déjà. Il faudrait des géomètres et autres arpenteurs pour observer les campagnes à court terme. Les observations doivent être calculées et analysées. Aux niveaux régional et sous-régional, il y aura lieu de coordonner les activités du réseau.
- **Équipement de positionnement pour les observations sur le terrain.** Il est attendu des participants à l'AFREF qu'ils utilisent un équipement de positionnement moderne, en particulier un système GPS d'une précision satisfaisante pour le réseau mondial, y compris des récepteurs et autres équipements complémentaires. Il convient de noter, pour les stations permanentes en continu, que l'équipement sera installé de façon permanente sur ces sites et ne pourra être utilisé pour d'autres campagnes topographiques. S'agissant des observations périodiques à court terme, requises pour la densification nationale, elles nécessiteront des équipements appropriés. En prenant les dispositions relatives à ces composantes, il faudra, en plus, tenir compte des coûts de leur exploitation continue, de leur entretien et de leur remplacement. Cela vaut également pour toutes les composantes des équipements.
- **Ressources informatiques pour le traitement et l'analyse des observations.** Les stations permanentes de calcul devront être équipées d'ordinateurs et de périphériques de stockage spécialisés pour conserver les données avant de les envoyer aux centres d'analyse. Des logiciels seront nécessaires pour le traitement des observations GPS et pour d'autres calculs. Dans la deuxième phase de l'AFREF, il faudra des logiciels et des services d'experts pour calculer à nouveau et ajuster les coordonnées nationales dans le nouveau système de référence, à l'intention des topographes, des cartographes et des scientifiques.
- **Communications et connectivité.** Communications et connectivité sont des éléments cruciaux de la mise en place du réseau de référence. L'AFREF étant une composante du réseau mondial, il sera constamment nécessaire de télécharger et de transférer des données d'un centre de données spécialisé ou d'un centre de SIG à un autre et d'assurer ainsi le suivi et le contrôle des terminaux. Cette considération est essentielle dans le choix des stations permanentes en continu.

Le regroupement des compétences nécessaires à la planification détaillée des projets et au développement de la coopération internationale, tout comme les coûts des biens d'équipement et de la formation se sont heurtés à une pénurie générale de ressources. C'est ainsi que les réunions d'organisation se sont tenues, en marge des rencontres en rapport avec ces questions, et n'ont guère permis un quelconque dialogue approfondi. Les discussions se poursuivront de cette façon, en profitant des conférences et réunions déjà planifiées. Il faudrait donc, dans les considérations relatives aux ressources, prévoir formellement et favoriser une formulation sérieuse des projets, ainsi que la poursuite de la coordination actuelle, une fois le projet lancé.

### **Domaines éventuels d'assistance**

Au vu des besoins en ressources et du volet « mise en œuvre nationale » de la démarche adoptée, il est probable que certains pays ne disposent pas de toutes les ressources nécessaires pour mettre en œuvre et exécuter au moins la première phase du projet AFREF, c'est-à-dire la création des points fondamentaux distants de 1 000 km. Il convient aussi de noter que l'AFREF ayant un caractère continental (en fait mondial), les pays qui seront chargés de la maintenance des principaux points du réseau supporteront des frais supplémentaires et auront sans doute besoin d'assistance. Le tableau ci-après présente les domaines éventuels de cette assistance.

Domaines éventuels des insuffisances	Sources éventuelles d'assistance
Renforcement des capacités en géodésie, topographie, cartographie et information géographique.	Les pays de la région dotés d'une main-d'œuvre abondante pourraient détacher du personnel pour une assistance de courte durée ; bourses d'études dans les universités de la région et à l'étranger ; aide en personnel étranger de courte durée.
Equipement de positionnement, y compris des récepteurs GPS de précision convenable pour le réseau mondial.	Pour les campagnes périodiques de courte durée, des récepteurs pourraient être échangés entre pays africains. Pour les stations permanentes, les partenaires de développement pourraient fournir une assistance pour l'acquisition des équipements. Les pays africains pourraient aussi, par des achats en bloc, obtenir des remises, afin de réduire le coût des équipements.
Equipement informatique, logiciels y compris.	Remise pour achats en bloc et assistance de la communauté internationale.
Communications	Communauté internationale.

## La Déclaration

Reconnaissant que:

1. La réalisation des objectifs du NEPAD et d'autres initiatives internationales telles que le Sommet mondial sur le développement durable ou la Déclaration du millénaire de l'ONU nécessitent des cartes et autres produits d'information géographique comme base de planification des activités envisagées;
2. Les questions à résoudre commandent des approches régionales et donc que les cartes continuent au-delà des frontières nationales;
3. Le fondement de ces cartes et d'autres produits d'information géographique est un cadre de référence spatial;
4. La collaboration régionale et mondiale est un moyen plus avantageux pour les pays africains d'obtenir l'information géographique et les données d'observation de la Terre;

Les participants à l'atelier déclarent par la présente:

1. Appuyer et faire leurs, les principes et concepts énoncés dans le présent document;
2. Présenter et expliquer les concepts et principes de l'AFREF à leurs organisations et gouvernements respectifs pour en obtenir l'appui et l'engagement;



3. Présenter et expliquer l'AFREF aux diverses organisations et institutions énumérées ci-après.

Reconnaissant que:

4. La Commission économique pour l'Afrique s'est impliquée dans les efforts actuels de création d'un cadre de référence géodésique unifié pour l'Afrique;
5. Le Comité de l'information pour le développement de la CEA est un organe effectif de coordination des activités relatives à l'information pour le développement, y compris l'information géographique;
6. CODI-Geo comprend les autorités nationales responsables de la production, la gestion et la diffusion de l'information géographique, y compris la préservation du cadre de référence spatial;
7. Les décisions et recommandations de CODI sont présentées à la Conférence des ministres de la CEA;

L'atelier:

1. Prie la CEA de continuer à soutenir les principes et les concepts de l'AFREF;
2. Demande à la CEA d'accepter les principes et les concepts de l'AFREF et de les présenter à la prochaine réunion du CODI pour qu'elle les approuve et recommande à ses membres de les mettre en application;

Notant que:

1. L'Union africaine est l'organisation suprême de coordination des activités politiques et économiques régionales et continentales en Afrique;
2. Ces activités régionales nécessitent le moyen de recouper l'information partout sur le continent et donc l'existence d'un référentiel commun des composantes de l'information géographique;

L'atelier prie l'Union africaine d'accepter les principes de l'AFREF et d'encourager ses membres à participer à sa mise en œuvre.

Rappelant que:

1. Le succès de la mise en œuvre de l'AFREF dépend de l'application du Système mondial de navigation par satellite (GNSS) et en particulier du système mondial de positionnement (GPS);

2. Le Bureau des affaires spatiales de l'ONU (OOSA) est l'organe de coordination de l'utilisation pacifique de l'espace, y compris le GNSS;
3. L'AFREF a été présenté et discuté aux ateliers parrainés par l'OOSA et son importance pour le développement de l'Afrique a été reconnue;

L'atelier prie donc l'OOSA d'appuyer les principes et les concepts énoncés dans le présent document et d'aider à la mise en œuvre de celui-ci.

Rappelant que:

1. L'Association internationale de géodésie (AIG) est le principal défenseur du concept de référentiels géodésiques régionaux unifiés dans le monde entier, comme EUREF, SIRGAS et, plus récemment, AFREF;
2. L'IAG et ses organisations de service, en particulier le service international du système GPS (SIG) a contribué à la mise en œuvre du SIRGAS;

L'atelier prie donc l'AIG/SIG de continuer à soutenir le concept de l'AFREF et d'aider à sa mise en œuvre.

Notant:

1. L'appui des partenaires de développement bilatéraux et multilatéraux dans la mise en œuvre de projets similaires, tels que African Doppler Survey (ADOS), en particulier;
2. L'ampleur des besoins matériels et intellectuels que l'AFREF continuera d'avoir;

L'atelier prie les partenaires de développement bilatéraux et multilatéraux d'appuyer l'AFREF et d'aider à sa mise en œuvre.