

Table des matières

1. Aspect juridique	2
2. Systèmes géodésiques	2
3. Modélisation de la grille de conversion.....	8
4. Les réseaux matérialisés de géodésie	8
5. Descriptions et normes d'entretien des infrastructures géodésiques	9
6. Base de données géodésiques	10
7. Outils de calcul	11
8. Prestation de service.....	11

1. Aspect juridique

(Validation en cours)

2. Systèmes géodésiques

La géodésie peut être définie comme étant la science qui étudie la forme de la terre, le calcul de ses dimensions et de la mesure de son champ de gravité. Vu la forme irrégulière de la terre il est nécessaire de définir un système géodésique permettant de faire ces mesures. Il est composé essentiellement

D'un repère de référence et d'un Ellipsoïde de révolution muni d'un méridien origine

Pour l'utilisation de coordonnées planes ou de calcul d'altitude orthométrique on y ajoute

Une projection plane et un système altimétrique.

1.1 Evolution du système géodésique et altimétrique du Sénégal

Durant tout le XX^e siècle, le Sénégal a été le théâtre de nombreuses réalisations géodésiques de nature et d'étendue très variables. Nous avons pu citer en dessous les systèmes géodésiques existants depuis 1931 à nos jours.

i. Le Système de la presqu'île du Cap Vert [SGAOF 1931] :

De juillet à décembre 1931, le capitaine Peyrucq du Service Géographique de l'AOF a réalisé une triangulation devant servir de canevas de base à la cartographie à grande échelle de la presqu'île du Cap Vert. Cette triangulation a été reprise et complétée en 1938 par le capitaine Kerbriand. Jusqu'en 1952, ce réseau conserve comme origine provisoire le terme Sud de la base de Ouakam. Puis, à partir de 1952, la détermination d'un point astronomique à Hann (bâtiment du SGAOF) et le rattachement à l'ancien réseau ont permis de fixer de nouvelles coordonnées géographiques pour le point fondamental et d'en assurer la transformation en coordonnées rectangulaires UTM. La récupération du patrimoine géodésique d'origine exprimé dans ce système [SGAOF 1931] s'est également faite ultérieurement au moyen d'adaptations planimétriques avec le système "Cap des Biches" [1974].

Voici pour mémoire les caractéristiques de ce système.

Désignation : Presqu'île du Cap Vert - SGAOF 1931

Ellipsoïde associé : Clarke 1880 IGN $a = 6378249,2$ m $b = 6356515,0$ m

Méridien origine : Greenwich (Observatoire)

Repère fondamental : Terme Sud de la base de Ouakam (terme de la base)

Longitude : $31^{\circ} 29' 21,6079''$ Est de Greenwich Latitude : $22^{\circ} 10' 07,1098''$ Nord

Projection associée : Azimutale de Hatt

Latitude origine: $14^{\circ} 43' 48,0000''$ Nord

Méridien Central : $17^{\circ} 29' 24,0000''$ Ouest

Coordonnées origine : $x_0 = 500\,000$ m

$y_0 = 50\,000$ m

ii. Système Dakar Hann

De septembre à octobre 1952, un point astronomique a été observé sur le toit du bâtiment du Service Géographique de Dakar. Ce point a été rattaché à l'ancien réseau de triangulation (voir Presque-île du Cap Vert - SGAOF 1931) qui avait pour origine le terme sud de la base de Ouakam. Il a été décidé de fixer de nouvelles coordonnées pour le point fondamental et d'apporter une correction à la cartographie de base. Ultérieurement, les coordonnées rectangulaires "Hatt" ont été transformées en UTM.

Désignation : Dakar - Hann IGN 1952

Ellipsoïde associé : Clarke 1880 IGN $a = 6378249,2$ m $b = 6356515,0$ m Méridien origine : Greenwich (Observatoire)

Repère fondamental : Dakar - Hann 1952

Longitude : $17^{\circ} 26' 18,6''$ Ouest de Greenwich Latitude : $14^{\circ} 43' 16,6''$ Nord

Projection associée : UTM Nord, fuseau 28

Latitude origine: $0^{\circ}00'00.0000''$

Méridien Central : $15^{\circ}00'00.0000''$ Ouest

Coordonnées origine : $x_0 = 500\,000$ m
 $y_0 = 0$ m (nord de l'équateur)

Facteur d'échelle : 0.9996

iii. Le Système Yoff-Datum 200

De 1968 à 1969, le Sénégal a été traversé par le cheminement géodésique du 12ème Parallèle Nord-africain (tronçon Mali-Sénégal). Sur 615 km, quarante-cinq bornes ont été implantées sur le sol sénégalais. A la fin de la campagne, les coordonnées provisoires des points (200 à 250) ont été calculées en prenant comme point origine le point 200 situé aux environs de Dakar, ce point étant le premier déterminé dans le tronçon en coordonnées astronomiques. Ces points ont donné lieu à des nouveaux calculs ultérieurs (voir Datum Point58 et Adindan Datum1969).

Désignation : Yoff-Datum 200

Ellipsoïde associé : Clarke 1880 Anglais $a = 6378249,1453$ m $1/f = 293,465000$

Méridien origine : Greenwich (Observatoire)

Repère fondamental : Yoff Astro 1967 (DAKAR)

Longitude : $17^{\circ} 29' 07,815''$ Ouest de Greenwich Latitude : $14^{\circ} 44' 41,692''$ Nord

Projection associée : UTM Nord, fuseau 28

Latitude origine: $0^{\circ}00'00.0000''$

Méridien Central : $15^{\circ}00'00.0000''$ Ouest

Coordonnées origine : $x_0 = 500\,000$ m
 $y_0 = 0$ m (nord de l'équateur) ;

Facteur d'échelle : 0.9996

iv. Système Datum Point 58

Ce cheminement géodésique (1969-1970) s'est poursuivi au Niger. A la fin de cette campagne, les coordonnées des points issues de la mission au Sénégal (voir Yoff Datum200) ont été recalculées dans un même système global sur l'Ouest africain, à partir d'une station astronomique réalisée sur le point 58, à l'extrémité orientale du cheminement, au Niger, dans le Dallol Maouri, près de la frontière du Nigéria.

Désignation : Datum point 58

Ellipsoïde associé : Clarke 1880 Anglais $a = 6378249,1453 \text{ m}$ $1/f = 293,465000$

Méridien origine : Greenwich (Observatoire)

Repère fondamental : Point 58 (IGN)

Longitude : $3^{\circ} 58' 37,040''$ Est de Greenwich Latitude : $12^{\circ} 52' 44,045''$ Nord

Projection associée : UTM Nord, fuseau 28

Latitude origine: $0^{\circ}00'00.0000''$

Méridien Central : $15^{\circ}00'00.0000''$ Ouest

Coordonnées origine : $x_0 = 500\,000 \text{ m}$
 $y_0 = 0 \text{ m}$ (nord de l'équateur)

Facteur d'échelle : 0.9996

v. Système Adindan Datum 1969

Le système Adindan Datum 1969 est le prolongement du système Datum 58 jusqu'au chaînes géodésiques de l'est africain. Ces coordonnées furent également calculées à partir de la station astronomique du point 15 et reliées à l'ensemble de la réalisation ADINDAN.

Désignation : Adindan Datum 1969 [Douzième parallèle nord]

Ellipsoïde associé : Clarke 1880 Anglais $a = 6378249,1453 \text{ m}$ $1/f = 293,465000$

Méridien origine : Greenwich (Observatoire)

Repère fondamental : Adindan Zv (terme de la base)

Longitude : $31^{\circ} 29' 21,6079''$ Est de Greenwich Latitude : $22^{\circ} 10' 07,1098''$ Nord

Projection associée : UTM Nord, fuseau 28

Latitude origine: $0^{\circ}00'00.0000''$

Méridien Central : $15^{\circ}00'00.0000''$ Ouest

Coordonnées origine : $x_0 = 500\,000 \text{ m}$
 $y_0 = 0 \text{ m}$ (nord de l'équateur)

Facteur d'échelle : 0.9996

vi. Système du Cap des Biches [1974]

Ce système concerne en particulier le Réseau géodésique primordial de la région du Cap Vert. Les coordonnées exprimées dans ce système sont issues d'un calcul d'ensemble effectué à partir des anciennes observations (Peyrucq 1931- Kerbriand 1938-39) et des mesures plus récentes (SHOM 1963 mission 12ème parallèle 1968-1969, mission Peole 1971). Le point considéré comme fondamental est celui du "Cap des Biches" commun aux trois principales missions avec pour coordonnées celles déduites du point astronomique de Dakar-Hann déterminé en 1952 sur le toit de l'immeuble du Service Géographique de Dakar, car elles ont servi de référence à la cartographie existant à l'époque.

Désignation : Dakar Hann - Cap des Biches 1974

Ellipsoïde associé : Clarke 1880 IGN $a = 6378249,2 \text{ m}$ $b = 6356515,0 \text{ m}$

Méridien origine : Greenwich (Observatoire)

Repère fondamental : Dakar - Hann 1952

Longitude : $17^{\circ} 26' 18,6''$ Ouest de Greenwich Latitude : $14^{\circ} 43' 16,6''$ Nord

Projection associée : UTM Nord, fuseau 28

Latitude origine: $0^{\circ}00'00.0000''$

Méridien Central : $15^{\circ}00'00.0000''$ Ouest

Coordonnées origine : $x_0 = 500\,000 \text{ m}$

$y_0 = 0 \text{ m}$ (nord de l'équateur)

Facteur d'échelle : 0.9996

vii. Réalisation OMVS 1979

Dans le cadre du développement économique du bassin du fleuve Sénégal, on a réalisé un cheminement géodésique de bonne précision dans tout le bassin appuyé sur des mesures Doppler et en cela rattaché à chaque extrémité du pays à des points du 12^{ème} parallèle (voir Yoff Datum200). Comme trois des sept stations mesurées font partie du levé du 12^{ème} parallèle, lors du calcul, les coordonnées d'un des points du réseau ont été fixées à leurs valeurs dans le système ADINDAN Datum69. Le "référentiel" OMVS1979 est donc assez éloigné du WGS84. D'autre part, c'est une réalisation tridimensionnelle qui diffère conceptuellement des travaux du 12^{ème} parallèle et ne peut donc pas directement être assimilable à l'ensemble "ADINDAN Datum1969". Ulérieurement, ce réseau a également servi d'appui à une mission géodésique de mesures GPS transfrontalières avec la Mauritanie (SONADER) en 1992 et 1994. Lors de ce dernier calcul, les coordonnées de départ ont été celles des points OMVS ré stationnés et transformés en WGS84 de manière approchée avec les informations existant alors en Base de Données. Après ajustement des vecteurs GPS, les coordonnées ont été publiées dans le système 'ADINDAN' avec les mêmes réserves que précédemment, compte tenu des différences de nature des systèmes en présence. En conclusion, l'IGN/France propose que ces coordonnées des réseaux du bassin du Sénégal, calculées à différentes époques et dites 'ADINDAN' forment un ensemble spécifique différencié appelé OMVS1979.

Désignation : OMVS1979

Ellipsoïde associé : Clarke 1880 Anglais $a = 6378249,1453 \text{ m}$ $1/f = 293,465000$

Méridien origine : Greenwich (Observatoire)
 Projection associée : UTM Nord, fuseau 28
 Latitude origine: 0°00'00.0000"
 Méridien Central : 15 °00'00.0000" Ouest
 Coordonnées origine : $x_0 = 500\,000\text{ m}$
 $y_0 = 0\text{ m}$ (nord de l'équateur)
 Facteur d'échelle : 0.9996

viii. système ADOS - NWC9Z2

Lors de son 2ème Symposium sur la géodésie africaine (Nairobi, 8-14 novembre 1981), l'Association Internationale de Géodésie (AIG) a jeté les bases d'un vaste projet géodésique couvrant tout le continent africain. Ce projet a pris le nom d'ADOS (African Doppler Survey). Il comporte 310 points observés par méthode spatiale Doppler. A l'issue de la XIXème Assemblée générale de l'UGGI tenue à Vancouver (Canada) du 9 au 22 août 1987, le Defense Mapping Agency a publié les coordonnées recommandées de ces 310 points ADOS. C'est une réalisation tridimensionnelle.

Désignation : NWC9Z2 – ADOS

Ellipsoïde : NWL 8-9 WGS 66 $a = 6\,378\,145,0\text{ m}$ $f = 1 / 298,250$

Méridien origine : Greenwich (Observatoire)

Projection associée : UTM Nord, fuseau 28

Latitude origine: 0°00'00.0000"
 Méridien Central : 15 °00'00.0000" Ouest
 Coordonnées origine : $x_0 = 500\,000\text{ m}$
 $y_0 = 0\text{ m}$ (nord de l'équateur)
 Facteur d'échelle : 0.9996

ix. Système ASECNA

Il est issu des mesures GPS effectuées entre 1996 et 1998 dans le cadre d'un projet englobant 15 pays africains et dirigé par l'Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar. Ce système de référence est tridimensionnel et géocentrique, et correspond à la réalisation locale du système mondial ITRF96 (International Terrestrial Reference System 1996) à l'époque 1998.5, lui-même compatible avec le système mondial WGS84 au niveau métrique.

Désignation : Asecna [ITRF96 ep. 98.5]

Ellipsoïde associé : IAG - GRS80 $a = 6378137.000\text{ m}$ $1/f=298.25722210088$

Méridien origine : Greenwich (Observatoire)

Projection associée : UTM Nord, fuseau 28

Latitude origine: 0°00'00.0000"

Méridien Central : 15 °00'00.0000" Ouest

Coordonnées origine : $x_0 = 500\,000\text{ m}$
 $y_0 = 0\text{ m}$ (nord de l'équateur)

Facteur d'échelle : 0.9996

N.B. : Certaines réalisations d'échelle continentale, comme celle du Douzième Parallèle, par exemple, avait pu être à la source de l'officialisation de plusieurs datums présentant des écarts importants, et ceci est essentiellement dû à des recalculs successifs à partir de points astronomiques différents (ADINDAN68, DATUM POINT 58, YOFF-DATUM200).

Tableau récapitulatif de l'évolution des systèmes géodésiques

Désignation	Ellipsoïde	Repère fondamental	Méridien origine	Projection	Date
Presqu'île du Cap Vert - SGAOF 1931	Clarke 1880	Terme Sud de la base de Ouakam	Greenwich	Azimutale de Hatt	1931
Dakar - Hann IGN 1952	Clarke 1880	Dakar - Hann 1952	Greenwich	UTM 28N	1952
Yoff-Datum 200	Clarke 1880	Yoff Astro 1967	Greenwich	UTM 28N	1968
Datum point 58	Clarke 1880	Point 58 (IGN)	Greenwich	UTM 28N	1969
Adindan Datum 1969 [Douzième parallèle nord]	Clarke 1880	Adindan Zv	Greenwich	UTM 28N	1969
Dakar Hann - Cap des Biches 1974	Clarke 1880	Dakar - Hann 1952	Greenwich	UTM 28N	1974
OMVS1979	Clarke 1880		Greenwich	UTM 28N	1979
NWC9Z2 – ADOS	WGS 66		Greenwich	UTM 28N	1981
Asecna [ITRF96 ep. 98.5]	IAG - GRS80		Greenwich	UTM 28N	1996

1.2 Système de référence terrestre

Le système de référence est tridimensionnel et géocentrique, et correspond à la réalisation locale du système mondial ITRF2000 (International Terrestrial Reference System 2000), lui-même compatible avec le système mondial WGS84 au niveau métrique.

Système géodésique : ITRF2000

Ellipsoïde : IAG - GRS80 $a = 6378137,000 \text{ m}$ $1/f=298,25722210088$

Projection : UTM Nord zone 28

Zone d'application $0^{\circ}/+80^{\circ}$;

Latitude origine 0° ;

Longitude origine ou méridien central de la projection $6(n-31) + 3^{\circ}/\text{Greenwich}$;

Coordonnées du centre de la projection ($E_o = 500000 \text{ m}$, $N_o = 0 \text{ m}$) ;

Facteur d'échelle : $k_0 = 0,9996$ m.

1.3 Système de référence vertical

Le système altimétrique du Sénégal est défini par :

Nom: Nivellement Général d'Afrique de l'Ouest

Type d'altitude : Orthométrique

Repère fondamental : DAKAR (Sénégal) Repère "KM - 1" scellé dans le puits du marégraphe à la Direction de l'Arsenal (1.320 m)

Modèle de géoïde « EGM08 » (Earth Gravity Model 2008)

3. Modélisation de la grille de conversion

Les points GPS nivelés ont été utilisés pour calculer une grille de conversion (géométrique) permettant de déduire l'altitude des nouveaux points à partir des hauteurs ellipsoïdales mesurées par GPS et exprimées dans le RRS04. Pour chaque point du réseau géodésique, les altitudes par rapport au niveau moyen de la mer (MSL : Mean Sea Level) dans le système altimétrique local ont été déterminées selon le cas :

Par des mesures de rattachement en nivellement direct aller-retour au repère de nivellement le plus proche quand il est situé à moins de 1 km. Certains points, situés sur les itinéraires de nivellement, ont été déterminés lors des travaux de densification du réseau de nivellement. La précision obtenue de cette détermination est meilleure que 0,01 m (écart-type).

Par l'utilisation de la grille de conversion altimétrique [points GPS nivelés + modèle de géoïde + translation moyenne de celui-ci au système altimétrique local, estimée à partir des points géodésiques dont la détermination verticale est connue dans les systèmes « RRS04 » (hauteur ellipsoïdale) et « NGAO » (altitude)]. L'interpolateur utilisé est de type bilinéaire. La précision obtenue de cette détermination est meilleure que 0,20 m (écart-type).

Outil de Transformation de coordonnées, Circé 2012

4. Les réseaux matérialisés de géodésique

4.1 Réseau de Référence du Sénégal - RRS04

A l'initiative de la DTGC, et avec l'appui de l'IGN, un réseau moderne a été mis en place pour le Sénégal: le RRS04 (Réseau de Référence Géodésique du Sénégal 2004). Il a été réalisé et observé par la DTGC et calculé par l'IGN. Ce nouveau canevas a été conçu pour matérialiser sur tout le territoire un système de référence précis, adapté aux technologies modernes, et compatibles avec les références mondiales. Ce réseau comprend 46 stations déterminées par GPS.

4.2 Réseau de nivellement

Le réseau altimétrique est un ensemble de points physiquement matérialisés sur le territoire (repères, macarons et bornes) dont les altitudes sont définies par rapport au niveau moyen des mers.

4.3 Réseau de station GNSS permanente (Publique / Privée)

DAKA première station GPS permanente installée à l'UCAD (2002-2007) avec l'appui de GFZ pour contribuer à la disponibilité des données de l'IGS (service GNSS international).

Une deuxième station GNSS dénommée DAKR actuellement fonctionnelle, est installée à la DTGC depuis 2011 et fait partie du réseau de l'IGS.

Une troisième station GNSS a été installée depuis 2017 à côté du marégraphe du PAD, dans le but de suivre les mouvements verticaux.

Le bureau d'étude S/C Afrique a installée en 2019 une station permanente au niveau de son siège pour faciliter ces travaux à l'intérieur de Dakar

5. Descriptions et normes d'entretien des infrastructures géodésiques

5.1 Bornes



Une borne géodésique est un repère permanent à la surface de la terre dont sa position a été déterminée avec précision.

Pour faire une borne géodésique, le choix du site est primordial pour tenir compte :

De sa pérennité ;

De son accessibilité au public et

Des obstacles tels que les bâtiments, les arbres, les montagnes etc.).

Chaque borne géodésique est décrite par une fiche signalétique. Il faut noter que les bornes géodésiques s'usent avec le temps d'où la nécessité de faire l'entretien du réseau géodésique.

L'entretien du réseau géodésique est l'ensemble des opérations qui ont pour but de conserver ou de remplacer la structure initialement implantée et de tenir à jour les données descriptives telles les fiches d'information nécessaire à l'utilisation des repères.

Les principales opérations sont :

- L'inspection des repères (périodicité à déterminer en fonction des moyens, par exemple tous les 2 ans au Canada);
- **La maintenance des sites ;**

- Le remplacement des repères détruits

Ces opérations sont conséquentes les l'unes aux autres.

6. Repères de nivellement



Un repère de nivellement est un point matérialisé dont l'altitude est déterminée avec précision. Chaque repère de nivellement fait l'objet d'une fiche signalétique le décrivant et fournissant son altitude. Leur entretien est une nécessité importante pour une bonne conservation du réseau de nivellement national.

Pour cela, une nouvelle méthode d'entretien du réseau de nivellement par les triplets (ERNIT) a été adoptée.

Un triplet est un groupe d'au moins trois repères de nivellement répondant aux spécifications suivantes:

- La distance entre les deux repères les plus éloignés doit être inférieure à 1 km ;
- La dénivelée entre le repère le plus haut et le repère le plus bas doit être inférieure à 30 mètres ;
- La zone d'influence d'un triplet est de 5 kilomètres (un triplet dessert une portion circulaire de territoire dont le rayon est égal à 5 km) ;
- Le recouvrement des zones d'influence des triplets doit être le plus faible possible.

Un triplet permet un contrôle de stabilité des repères de Nivellement existants.

La méthode d'ERNIT permet également de progresser dans la connaissance du géoïde et de participer à l'amélioration de la Grille de conversion.

NB

La conservation du réseau géodésique nous concerne tous. Veuillez contactez l'Anat. au cas où les travaux que vous entreprenez pourraient mettre en péril un repère géodésique, pour que les dispositions nécessaire puisse être prises.

7. Base de données géodésiques

Pour mettre à disposition les données géodésiques, une base de données est mise en place par l'intermédiaire d'une carte interactive. Cette carte représente la répartition spatiale des différents repères géodésiques nationale sous un fond de carte administrative du Sénégal.

La base de données en question est divisée en six sous-groupes :

Le premier ordre (borne en bonne état, borne en mauvaise état ; borne détruit);

Le deuxième ordre (borne en bonne état, borne en mauvaise état ; borne détruit) ;

Le réseau urbain de nivellement ;

Le réseau des macarons (Exploitable, non exploitable);

Le réseau des triplets ;

Le réseau de station GNSS permanente (public/Privée).

L'utilisateur a comme interface une carte avec possibilité d'afficher un ou plusieurs sous-groupes.

Pour chaque repère géodésique affiché, l'utilisateur aura aussi la possibilité de connaître l'information de ce dernier en téléchargeant sa fiche d'information (fiche signalétique, fiche macaron, fiche triplet, etc.)

Pour mieux optimiser l'entretien du réseau géodésique national, une boîte de dialogue est mise en place pour signaler l'état défectueux de ces repères par les utilisateurs expérimentés.

8. Outils de calcul

Des applications de calcul seront mises en place pour permettre aux utilisateurs de :

Se migrer d'un système de référence à un autre (Circé 2012)

Transformer un système de coordonnées à un autre

Conversions de coordonnées

Calculer l'altitude orthométrique à partir de la hauteur ellipsoïdale.

9. Prestation de service

L'Anat., par sa mission d'amélioration des conditions de vie des populations, fournit divers services dont on peut citer quelque uns :

Webmapping, Cartes Web

Cartographie thématique

Scans de haute précision – documents format A0 A1 ;

Levés topographiques, implantations ;

Géodésie et nivellement ;

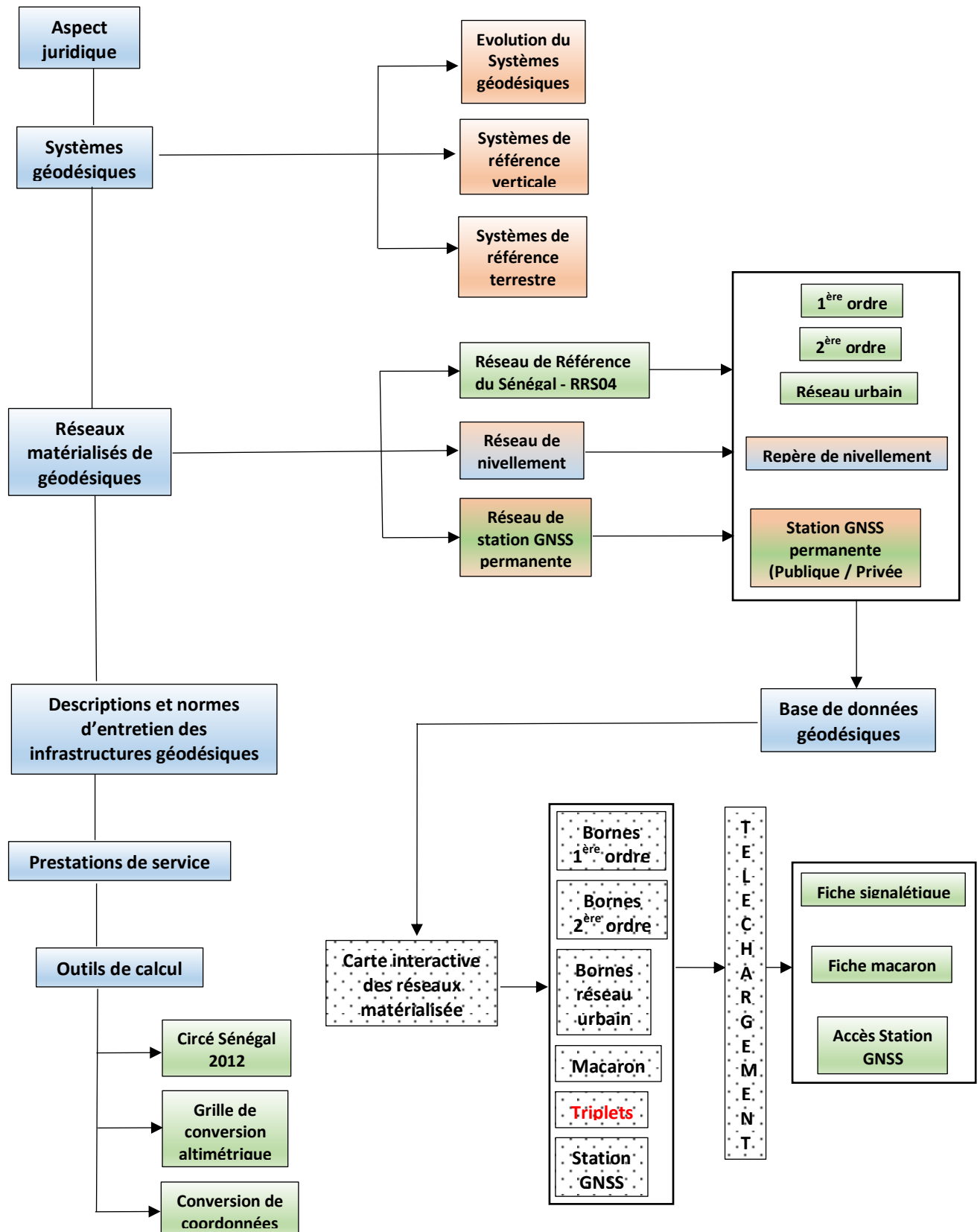
Mesures GPS de précision ;

Restitution en 3D ;

Production de modèle numérique et orthophoto ;

Autres.

PLAN DU SITE



Sources :

- Service de géodésie et nivellement, IGN ;
- Circé Sénégal 2012;
- Décret n° relatif à l'exécution et à la publication de levés terrestres, aérospatiaux et de travaux de cartographie ;
- Evolution des systèmes géodésiques et altimétriques au Sénégal, Diogaye Diouf 2019 ;
- <http://dtgc.au-senegal.com>;
- Guide d'entretien du réseau géodésique, Québec 1996 ;
- Instructions relatives à l'établissement de réseaux géodésiques par la méthode GPS, Québec 1999 ;

