



## Notions de géoréférencement

### ► Notion de géodésie et historique<sup>1</sup>

La **géodésie** est la science qui étudie la forme et les dimensions de la terre ainsi que son champ de pesanteur. Pour définir un système de positionnement et de cartographie de la surface terrestre, il est indispensable de connaître ces éléments.

Depuis l'antiquité jusqu'au XVIème siècle des savants vont tenter, par la méthode dite des « arcs », de mesurer les dimensions de la terre. Au XVIIème siècle, de nouveaux instruments comme les lunettes à réticules et une nouvelle technique basée sur la triangulation vont asseoir les bases de la géodésie moderne. Le XVIIIème est le siècle des grandes expéditions (Maupertuis en Laponie et La Condamine au Pérou) pour mesurer des arcs de méridiens terrestres et montrer que la terre est aplatie aux pôles. Enfin, 1799 verra la naissance du système métrique.

Durant le XIXème siècle, on assiste au développement de nombreux réseaux géodésiques et au calcul d'ellipsoïdes. Enfin, les mesures de pesanteur, la puissance de l'informatique, l'avènement de l'astrogéodésie et des méthodes spatiales permettent d'affiner la connaissance de la forme de notre planète.

### ► Système de référence géodésique

#### 1. Définition

Pour localiser un objet sur la Terre, il faut définir au préalable un référentiel géodésique qui consiste en un repère affine (O, i, j, k) tel que :

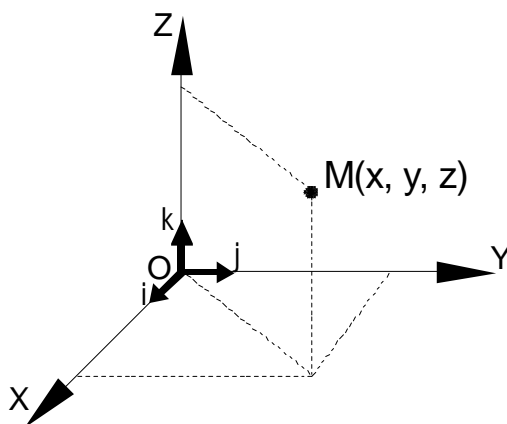
$$\|\vec{i}\| = \|\vec{j}\| = \|\vec{k}\|$$

O est proche du centre des masses de la Terre (moins de 500 m pour les systèmes terrestres et moins de 10 m pour les systèmes spatiaux)

Oxy est proche du plan de l'équateur.

Oxz est parallèle au méridien d'origine.

Oz est proche de l'axe des pôles.



La réalisation concrète de ce référentiel s'appelle un **système de référence géodésique** (en anglais : **datum**). Chaque point de la surface terrestre y est repéré par ses coordonnées qui dans ce cas sont dénommées « **coordonnées cartésiennes** » .

<sup>1</sup>Pour mieux approfondir ce vaste sujet, on pourra lire : MESURER LA TERRE 300 ans de géodésie française - De la toise du Châtelet au satellite de Jean-Jacques Levallois - 1988- édité par l'Association Française de Topographie

2008/36





Le but d'un système géodésique est de fournir à tous les utilisateurs des points stables et matérialisés (borne, pylône, clocher...) dont les coordonnées ont été déterminées au préalable et qui pourront être, soit stationnés avec un instrument de mesure classique ou un GPS, soit visés par un instrument de mesure d'angles.

La réalisation des systèmes géodésiques a évolué avec l'apparition des satellites artificiels et des nouveaux moyens de localisation spatiale tel que le GPS. Avant cette période, pour réaliser un système géodésique terrestre, on définissait un **ellipsoïde** et un point fondamental était arbitrairement choisi. On réalisait alors une campagne d'observations terrestre de mesures d'angles, de distances et d'azimuts, avec la mise en place d'un processus de compensation des erreurs d'observation.

Aujourd'hui on réalise des systèmes géodésiques spatiaux à l'aide des techniques GPS.

## 2. Principe et réalisation

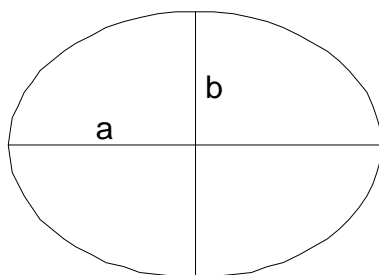
Il existe donc deux types de systèmes géodésiques, les **systèmes terrestres**, initiés avant l'avènement du spatial, appelés également **systèmes locaux** car mis en place pour une région spécifique ou un pays. Ces systèmes sont les moins précis et leurs réalisations ne sont plus mises à jour. Ils sont, maintenant remplacés par les **systèmes spatiaux** appelés aussi **systèmes mondiaux** car ils s'appuient sur des techniques spatiales qui permettent de couvrir la planète entière.

Les systèmes terrestres sont déterminés à partir d'un ellipsoïde de référence, un point fondamental observé astronomiquement et un méridien d'origine. Dans ces systèmes, un point de la surface terrestre est alors repéré par des coordonnées bidimensionnelles (longitude et latitude). Le centre du système peut s'écarter de plusieurs centaines de mètres du centre des masses terrestres.

Les systèmes spatiaux sont déterminés à partir des constantes fondamentales astronomiques et géodésiques. Dans ces systèmes, un point de la surface terrestre est repéré par des coordonnées tridimensionnelles (longitude, latitude et hauteur ellipsoïdale).

## 3. Ellipsoïde de révolution

L'ellipsoïde de révolution demeure la surface mathématique la mieux adaptée à la modélisation terrestre pour le positionnement planimétrique. C'est une surface géométriquement parfaite qui ne tient pas compte des irrégularités de la croute terrestre. Son utilisation ne permet qu'un positionnement bidimensionnel.



Un ellipsoïde est défini par :

- son demi grand axe **a** (b est son demi petit axe)
- son aplatissement  $\alpha = (a - b) / a$

Les valeurs approximatives pour a et b sont :

a = 6378 km et b = 6356 km



## Théorie et concepts - Fiche T1 - Notions de géoréférencement

Le tableau ci-après fournit les paramètres des ellipsoïdes utilisés dans les systèmes géodésiques français.

SYSTÈME GEODESIQUE	ELLIPSOÏDE	a	$\alpha$
NTF	Clarke 1880 IGN	6 378 249,2 m	1 / 293,466 021
ED50	Hayford 1909	6 378 388 m	1 / 297,000
RGF93	IAG GRS 1980	6 378 137,0 m	1 / 298,257 222 101
WGS84	WGS84	6 378 137,0 m	1 / 298,257 223 563

L'ellipsoïde IAG GRS 1980 (International Association of Geodesy, Geodetic Reference System 1980) est l'ellipsoïde international défini par l'IERS (International Earth Rotation and Reference System Service). Il est quasiment identique à l'ellipsoïde WGS84 (World Geodetic System 1984) car il ne diffère que d'un dixième de millimètre sur le demi petit axe !

### 4. Définition d'un système de référence géodésique

Ainsi, pour définir un système de référence géodésique, la seule spécification d'un ellipsoïde n'est pas suffisante, il faut également positionner cet ellipsoïde par rapport au centre des masses de la Terre dans un repère orthonormé. Par convention, pour les calculs géodésiques, on utilise le centre du système WGS84 comme référence pour définir les autres systèmes.

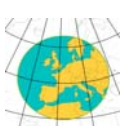
Ainsi, la définition d'un système géodésique nécessite la connaissance des paramètres suivants :

1. Les dimensions de l'ellipsoïde
2. La position de l'ellipsoïde du système par rapport au système WGS84, c'est à dire :
  - Décalage en mètres du centre de l'ellipsoïde suivant l'axe des X ( $D_x$ )
  - Décalage en mètres du centre de l'ellipsoïde suivant l'axe des Y ( $D_y$ )
  - Décalage en mètres du centre de l'ellipsoïde suivant l'axe des Z ( $D_z$ )
  - Angle de rotation en degrés de l'axe X du repère ( $R_x$ )
  - Angle de rotation en degrés de l'axe Y du repère ( $R_y$ )
  - Angle de rotation en degrés de l'axe Z du repère ( $R_z$ )

Facteur d'échelle D tel que :  $\|\vec{i}_1\| = (D+1)\|\vec{i}_2\|$

Exemple de la NTF :

1. Ellipsoïde : Clarke 1880 IGN
  - $a = 6\,378\,249,2$  m
  - $\alpha = 1 / 293,466\,021$



2. Position du centre de l'ellipsoïde :

- $D_x = -168 \text{ m}$
- $D_y = -60 \text{ m}$
- $D_z = +320 \text{ m}$
- $R_x = R_y = R_z = 0$
- $D = 0$

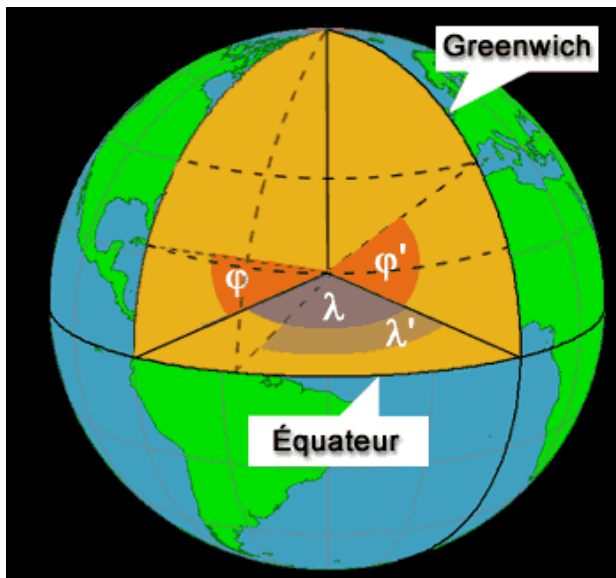
## ► Systèmes de coordonnées

### 1. Coordonnées cartésiennes

Pour affecter une position à un objet terrestre à l'aide de coordonnées, un système de référence géodésique suffit. Dans ce cas les trois coordonnées (X, Y, Z) sont appelées coordonnées cartésiennes. Ce procédé est exclusivement utilisé par les géodésiens.

### 2. Coordonnées géographiques

L'adjonction d'un ellipsoïde et d'un méridien origine permet de définir les **coordonnées géographiques** plus couramment utilisés par les marins et les aviateurs amenés à parcourir de grandes distances sur la surface terrestre. Les coordonnées géographiques d'un point (M) sont définies par les grandeurs suivantes :



Lambda ( $\lambda$ ) est la **longitude** qui représente le secteur angulaire entre le méridien d'origine et le méridien du point M.

Phi ( $\phi$ ) est la **latitude** qui représente le secteur angulaire entre le plan équatorial et la normale à l'ellipsoïde au point M.

**h** correspond à la hauteur au dessus de l'ellipsoïde. Cette hauteur ellipsoïdale

n'est pas une altitude, mais une grandeur purement géométrique.

La longitude et la latitude sont généralement exprimées en degrés (décimaux ou sexagésimaux), et quelquefois en grades comme c'était le cas dans la NTF ( $180^\circ = 200 \text{ grades}$ ).

Le méridien de Greenwich est appelé « méridien international » et correspond, dans la plupart des systèmes, au méridien origine. Quelques systèmes locaux peuvent avoir défini un méridien origine local comme c'est le cas dans la NTF avec le méridien de Paris qui est situé à  $2^\circ 20' 14,025''$  à l'est du méridien de Greenwich.

Les longitudes sont généralement comptées positivement vers l'est et négativement vers l'ouest à partir du méridien origine.

La hauteur ellipsoïdale est définie dans un système de référence géodésique donné et peut différer de l'altitude de plusieurs dizaines de mètres.

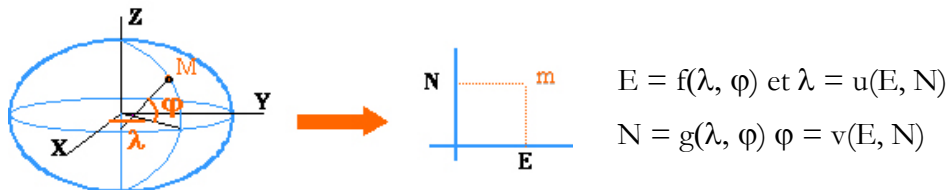


Tous les systèmes de positionnement par satellites, et notamment le GPS fournissent une hauteur ellipsoïdale et non une altitude. A la différence de la hauteur ellipsoïdale, l'**altitude** est une grandeur physique qui est déterminée en mesurant des variations du champ de pesanteur par rapport à une surface physique de référence appelée **géoïde**. En zone océanique, le géoïde correspond à la surface du niveau moyen des mers. En raison du relief, des variations de densité, des phénomènes océaniques, la surface du géoïde est irrégulière et ne se confond pas avec un ellipsoïde. Les écarts entre géoïde et ellipsoïde peuvent atteindre 100 mètres.

### 3. Coordonnées planes

L'usage des cartes et des représentations planes de notre planète est le plus répandu. On en connaît depuis longtemps les raisons qui sont multiples : une carte est plus simple à manipuler qu'un globe, les coordonnées métriques deviennent plus facilement exploitables que des valeurs angulaires souvent exprimées dans le système sexagésimal et mesurer une distance est plus aisé sur un plan, même si la mesure est entachée d'erreur. On a donc recours à une projection mathématique pour représenter tout ou partie d'un modèle ellipsoïdal de la surface terrestre sur un plan.

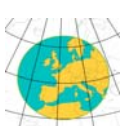
Ainsi, définit-on une représentation plane de l'ellipsoïde (ou projection) comme une correspondance ponctuelle biunivoque entre un point  $M(\lambda, \varphi)$  de l'ellipsoïde et le point correspondant du plan  $m(E, N)$  (E pour east et N pour north) avec :



Étant donné qu'il est impossible de développer rigoureusement une portion de sphère ou d'ellipsoïde sur un plan (aplatissement de la peau d'une orange sur un plan), toutes les projections introduisent des déformations qui altèrent tout ou partie des éléments de la zone à représenter : longueurs, angles, surfaces. Néanmoins, il est possible, en définissant judicieusement les paramètres de la projection, de minimiser certaines déformations. On définit ainsi trois types de projections :

- Les **projections conformes** qui conservent les angles formés par des directions quelconques,
- Les **projections équivalentes** qui conservent les surfaces ou, plus exactement, le rapport entre les surfaces mesurées sur la terre et les surfaces mesurées sur la carte,
- Les **projections aphyllactiques** : aucun système ne pouvant être à la fois conforme et équivalent, on définit des systèmes hybrides dits "aphyllactiques" qui sont des solutions de compromis compensant au mieux les diverses altérations.

Par exemple, les projections Lambert et de Mercator utilisées en métropole et dans les DOM sont des projections conformes.



### a) Altération linéaire

De plus, aucune projection ne peut conserver toutes les distances. On introduit alors les notions de **module linéaire** et d'**altération linéaire** pour mesurer l'altération des distances entraînée par les différentes projections.

Module linéaire :  $m = \text{distance projetée} / \text{distance sur l'ellipsoïde}$

Altération linéaire :  $\varepsilon = (\text{distance projetée} - \text{distance ellipsoïde}) / \text{distance ellipsoïde} = m - 1$

L'altération linéaire s'exprime en centimètre par kilomètre.

Par exemple, les 4 projections Lambert zones propres à la NTF, avaient été calculées pour que l'altération linéaire soit meilleure que 1 pour 1000, c'est à dire inférieure à 1 mètre par kilomètre.

On notera que l'altération linéaire est locale et variable en chaque point de la carte.

### 4. Synthèse

Le tableau ci-dessous récapitule les éléments nécessaires pour définir les différents types de coordonnées d'un point M quelconque.

Coordonnées	Représentation	Éléments nécessaires
<b>Cartésiennes</b>  $X, Y, Z$		- SYSTEME DE REFERENCE
<b>Géographiques</b>  Latitude : $\varphi$ Longitude : $\lambda$ Hauteur ellipsoïdale : $h$		- SYSTEME DE REFERENCE - ELLIPSOÏDE - MERIDIEN ORIGINE
<b>Planes</b>  $E, N$		- SYSTEME DE REFERENCE - ELLIPSOÏDE - MERIDIEN ORIGINE - REPRESENTATION PLANE (PROJECTION)

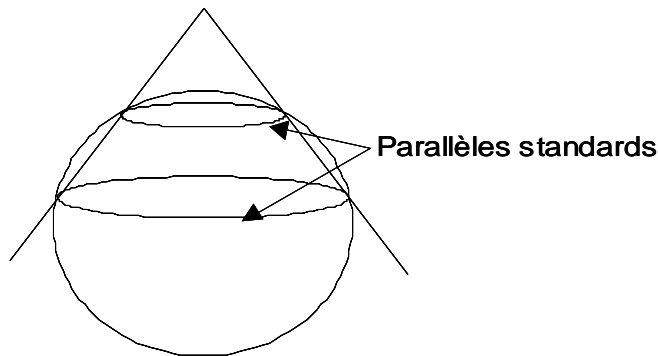
### ► Les projections utilisées en France

Les projections les plus couramment utilisées en France (métropole et DOM) sont les projections conique conformes de type Lambert et les projections cylindriques transverses de type UTM (Universal Transverse Mercator).



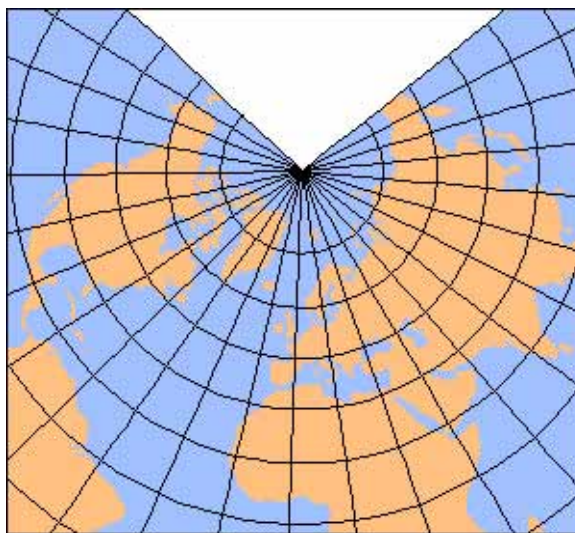
## 1. Les projections coniques

Dans le cas d'une projection conique, la surface de projection est un cône tangent ou sécant à l'ellipsoïde. Les projections Lambert utilisées en France (projections Lambert définies sur la NTF ou sur le RGF93) sont des projections sécantes. La zone d'application de la projection est centrée sur un parallèle, appelé **parallèle origine** ou **isomètre central**. De part et d'autre de ce parallèle origine, les deux parallèles qui intersectent le cône sont appelés **parallèles standards** ou **parallèles auto-mécoïques**.

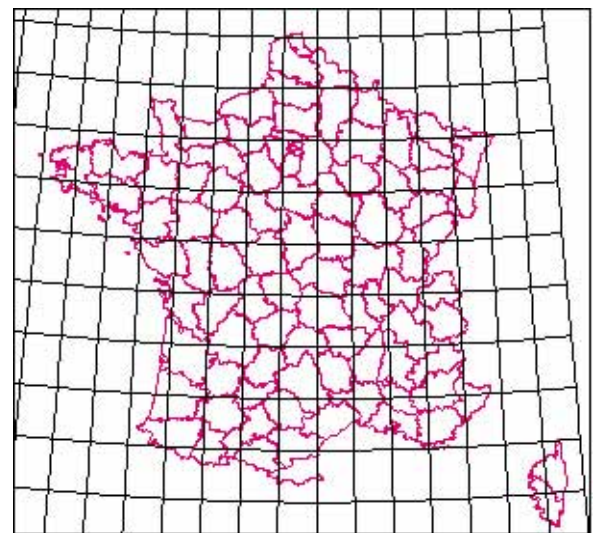


Représentation conique sécante

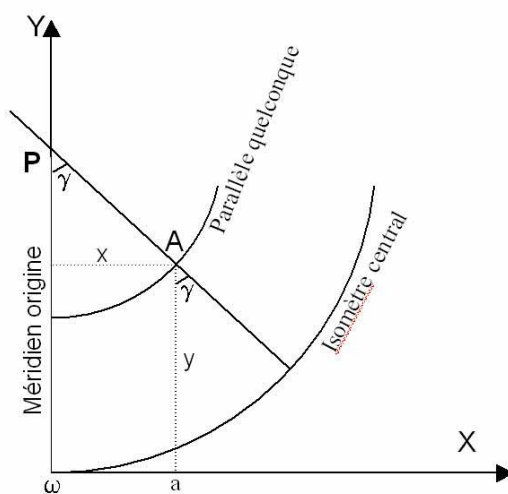
Sur ces derniers, l'altération linéaire est nulle. Une fois développé, le cône devient une représentation plane.



Cône déroulé du Lambert 93



Carroyage Lambert 93 sur la France



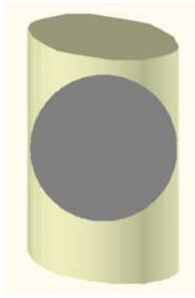
On peut remarquer que les images des méridiens dans la projection sont des droites concourantes au pôle et que les images des parallèles sont des arcs de cercles centrés sur le pôle.

Ainsi, le schéma ci-contre montre que le méridien d'un point A(X, Y) quelconque et le méridien origine s'intersectent au pôle matérialisé par le point P. Les directions  $\omega P$  pour le méridien origine et AP pour le point A représentent le nord géographique. En revanche, le nord de la projection ou nord Lambert est matérialisé par les directions  $\omega P$  et  $aA$  qui sont parallèles. Le nord géographique et le nord de la projection sont confondus uniquement sur le méridien origine. En tout autre lieu ils forment un angle  $\gamma$ , appelé **convergence des méridiens**, qui augmente avec la longitude.

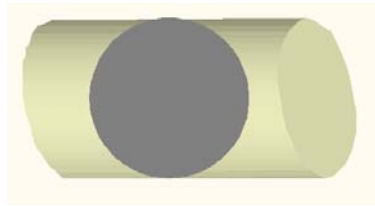


## 2. Les projections cylindriques

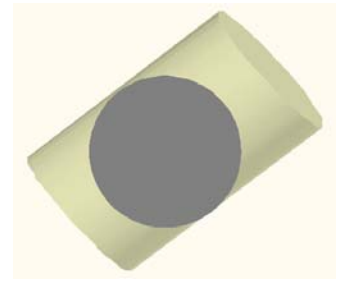
Plusieurs projections cylindriques sont possibles.



Projection cylindrique directe

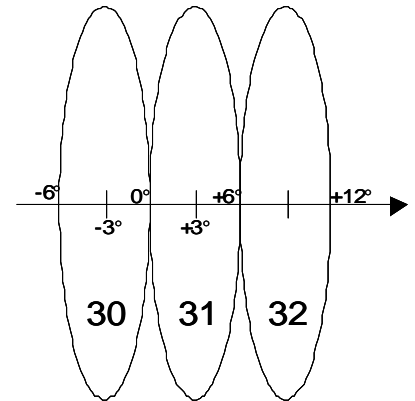
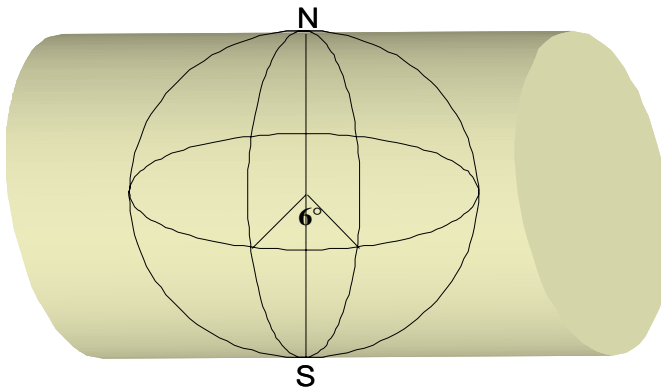


Projection cylindrique transverse



Projection cylindrique oblique

Pour la France métropolitaine et les DOM, les projections cylindriques utilisées sont des projections transverses, et notamment des représentations « Universal Transverse Mercator » (UTM).



Pour l'UTM, la terre est découpée en 60 fuseaux de 6 degrés de longitude. Pour chaque fuseau, la transformée du méridien central est une droite où les longueurs sont conservées (isomètre central). L'équateur est une droite perpendiculaire au méridien central. La représentation étant conforme, les méridiens et les parallèles sont des courbes perpendiculaires.

La projection UTM est la plus utilisée dans le monde, c'est la projection retenue pour les DOM-TOM, et en métropole, elle est essentiellement utilisée par l'armée, associée au système ED50. On peut employer les projections UTM avec d'autres référentiels géodésiques comme le WGS84, donc avec d'autres ellipsoïdes comme l'ellipsoïde international IAG GRS 1980 du RGF93.

La métropole est contenue dans trois fuseaux :

- Le fuseau N° 30 : méridien origine  $\lambda_0 = 3^\circ$  ouest de Greenwich
- Le fuseau N° 31 : méridien origine  $\lambda_0 = 3^\circ$  est de Greenwich
- Le fuseau N° 32 : méridien origine  $\lambda_0 = 9^\circ$  est de Greenwich





## ► Transformation de coordonnées

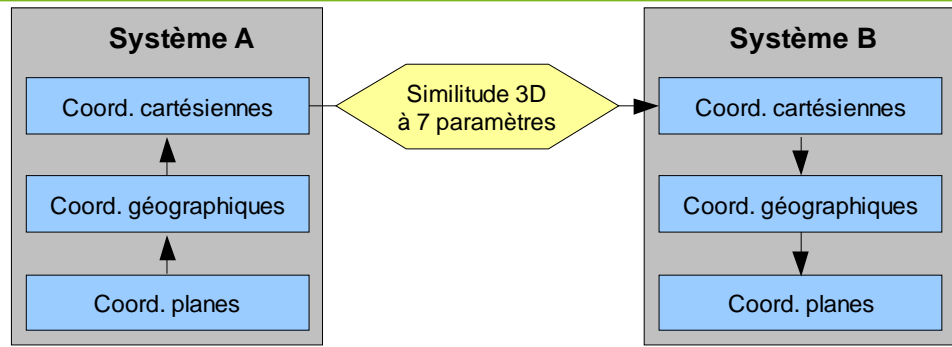
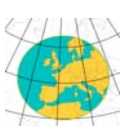
Les coordonnées d'un point donné à la surface de la terre seront différentes selon le système de référence géodésique et le système de coordonnées utilisés (coordonnées planes ou géographiques). Par exemple, les coordonnées de la tour Eiffel sont en Lambert I Nord :

X = 596 910 m et Y = 128 660 m.

Le tableau ci-dessous montre ses différentes coordonnées arrondies dans de nombreux systèmes. Les calculs de transformation ont été réalisés avec le logiciel CIRCE de l'IGN.

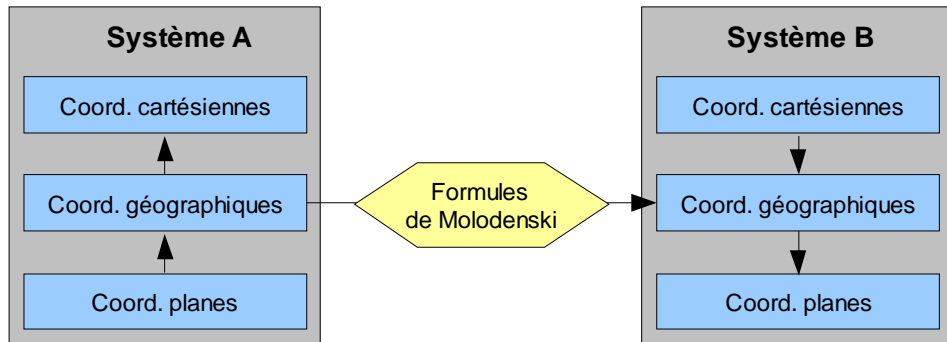
Coordonnées	Système	Longitude $\lambda$ ou E	Latitude $\phi$ ou N
Lambert	NTF, Lambert I Nord	596 910 m	128 660 m
	NTF, Lambert II étendu	596 908 m	2 428 896 m
Géographiques	RGF93, Lambert 93	648 231 m	6 862 271 m
	RGF93, conique conforme CC48	1 648 224 m	7 295 684 m
	RGF93, conique conforme CC49	1 648 230 m	8 184 494 m
Géographiques	NTF, méridien de Paris	0,04678966 gr	54,28717496 gr
	ED50, méridien de Greenwich	2° 17' 44,405"	48° 51' 33,479"
	WGS84, méridien de Greenwich	2° 17' 39,815"	48° 51' 30,196"
	RGF93, méridien de Greenwich	2° 17' 39,881"	48° 51' 30,208"
Mercator	ED50, UTM31	448 336 m	5 412 161 m
	WGS84, UTM31	448 244 m	5 411 954 m
	RGF93, UTM31	448 245 m	5 411 954 m

Dans le tableau ci-dessus, seules les coordonnées planes et géographiques sont indiquées car les coordonnées cartésiennes ne sont utilisées que par les géodésiens, voire dans les procédures de calcul. En effet, pour transformer les coordonnées d'une entité d'un système dans un autre, il est préférable de le faire à partir des coordonnées cartésiennes. Ainsi, pour passer d'un système A vers un système B, on convertira les coordonnées planes en géographiques puis en cartésiennes dans le système de départ A. Une similitude 3D à 7 paramètres (cf chapitre 2.4 : 3 paramètres de translation, 3 paramètre de rotation et un facteur d'échelle) est alors appliquée pour transformer les coordonnées dans le système B qui seront alors transformées en coordonnées géographiques puis en coordonnées planes dans le système B.

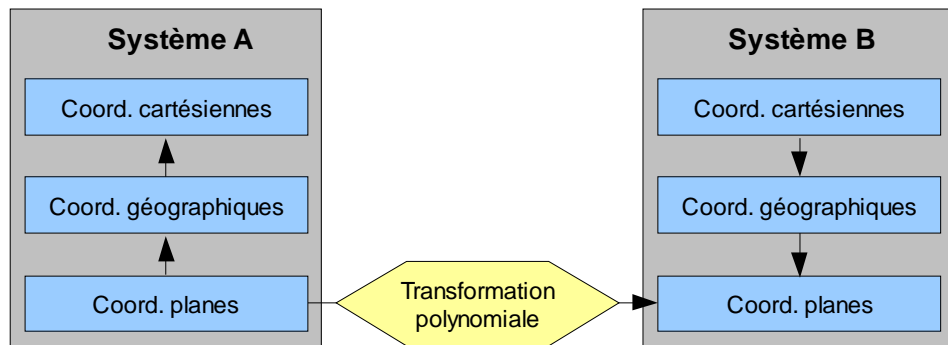


Cette méthode de transformation est recommandée par les spécialistes géodésiens car elle présente l'avantage de pouvoir être réciproque et peut donc être utilisée « dans les deux sens ». Elle devrait être appliquée systématiquement dans tous les logiciels.

D'autres transformations sont possibles : on peut passer du système A vers le système B à partir des coordonnées géographiques à l'aide des formules dites de Molodenski. Ces formules s'appuient sur des développements limités dont la précision finale est alors fonction de l'ordre de ces développements et le passage inverse nécessite des formules différentes.



La transformation directe des coordonnées planes est également possible à l'aide d'une transformation polynomiale, qui n'est toutefois applicable que dans une zone restreinte si l'on veut conserver une précision équivalente à celle obtenue par la similitude. Cette contrainte devient vite rédhibitoire.



### Certu

Centre d'Études  
sur les réseaux  
des transports  
l'urbanisme  
et les constructions  
publiques  
9, rue Juliette  
Récamier  
69456 Lyon Cedex 06  
téléphone :  
04 72 74 58 00  
télécopie :  
04 72 74 59 00  
www.certu.fr

Cette fiche a été produite par le Pôle géomatique du ministère, pour plus d'informations et/ou accéder aux autres fiches merci de vous référer au lien suivant :

[http://www.certu.fr/spip.php?page=thematique&id\\_rubrique=795&lang=fr](http://www.certu.fr/spip.php?page=thematique&id_rubrique=795&lang=fr)

© 2008 Certu, la reproduction totale du document est libre de droits. En cas de reproduction partielle, l'accord préalable du Certu devra être demandé.

L'ensemble des droits des illustrations, sauf mention contraire, sont détenus par le Certu.

Bandeau illustratif : extrait des triangles fondamentaux de la carte topographique de la France - 1864.



## RGF93 et Lambert 93

### ► Historique

Les réseaux géodésiques terrestres obtenus par triangulation (cf fiche T1) présentent des défauts essentiellement dûs à la faiblesse des moyens de calcul utilisés. Cette situation avait bien évidemment évolué avec l'apparition des ordinateurs depuis la fin des années 1960, mais n'avait pas pu complètement s'améliorer, car les coordonnées publiées étaient utilisées depuis des décennies par les professionnels qui ne souhaitaient pas que le système officiel soit modifié.

L'apparition du GPS en géodésie va faire évoluer les modèles d'erreurs. Alors que pour l'ancien système français NTF (Nouvelle triangulation de la France) la précision était de  $10^{-5}$ , soit un centimètre par kilomètre, le GPS permet de parler de précision absolue, c'est à dire une précision qui reste la même pour tout point calculé à partir des observations de n'importe quel observatoire géodésique mondial. La précision absolue que l'on peut atteindre est d'un à deux centimètres. Cela représente une amélioration considérable.

A partir du moment où il est devenu plus économique d'effectuer des canevas par GPS que par triangulation terrestre, la rénovation du réseau géodésique national devenait une priorité. Cette problématique, instruite par le CNIG vers 1990, a permis d'aboutir à un nouveau système de référence géodésique pour la France métropolitaine : le RGF93 (Réseau Géodésique Français calculé pour l'époque 1993,0 c'est à dire au 1er janvier 1993 à 0 heure).

### ► Réalisation et accès au RGF93

La réalisation d'un système de référence géodésique est sa matérialisation au sol par des bornes ou des repères. Pour un réseau GPS, c'est également à partir de stations permanentes que l'on peut accéder à la référence nationale.

#### 1. Réseau de Référence Français (RRF)

Ce réseau est constitué d'une vingtaine de points dont 8 points du réseau européen EUREF. Il a été observé à l'aide de techniques spatiales et laser entre 1989 et 1993.

#### 2. Réseau de Base Français (RBF)

Un ensemble d'un millier de points ont été observés par GPS sur toute la France entre 1994 et 1996. Ces points sont matérialisés par des bornes faciles d'accès et régulièrement entretenues.

Les coordonnées ont une cohérence de l'ordre de 2 cm sur tout le pays. Ce réseau de 1 009 points a été baptisé Réseau de Base Français (RBF).

#### 3. Réseau de détail Français (RDF)

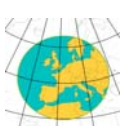
Ce réseau regroupe essentiellement les anciens points de la NTF, recalculés dans le nouveau système. La précision de ces points est de l'ordre du décimètre.

#### 4. Réseau de stations GPS permanentes (RGP)

Parallèlement, en 1998, un réseau de stations GPS permanentes a été mis en place. Il offre aux utilisateurs de ce type d'outils, un accès encore plus performant à la référence nationale. Ce réseau porte aujourd'hui le nom de RGP (Réseau Géodésique Permanent). Il est actuellement composé de 158 stations gérées par l'IGN et ses partenaires. Il est accessible sur le site suivant : <http://rgp.ign.fr/>.

2008/37





## ► Cohérence internationale

### 1. RGF93, ETRS89, ITRS

Le RGF93 est la partie française densifiée du système européen ETRS89 (European Terrestrial Reference System pour l'époque 1989,0) qui est lui-même la partie européenne du système de référence mondial ITRS89 (International Terrestrial Reference System).

On retiendra que ces trois systèmes sont totalement cohérents et offrent une précision sur les coordonnées de l'ordre de 2 cm.

Ainsi, dans les logiciels SIG, ces trois systèmes peuvent être utilisés sans que cela pose le moindre problème quant à la qualité du géoréférencement. En revanche, il peut y avoir confusion au niveau de la désignation entre le système, sa réalisation voire l'organisme qui gère le système de référence. Un logiciel très répandu désigne le système ETRS par son gestionnaire EUREF. Le tableau ci-dessous où « yy » désigne l'année, résume les différents sigles utilisés pour décrire les systèmes, leurs réalisations et les services gestionnaires.

Systeme	Réalisation	Gestionnaire du système
RGF93	RRF, RBF, RGP	IGN
ETRS <sub>yy</sub>	ETRF <sub>yy</sub>	EUREF
ITRS <sub>yy</sub>	ITRF <sub>yy</sub>	IERS

### 2. WGS84

Le système américain WGS84 est le système de référence du GPS. Il a été calculé à partir de mesures Doppler de précision métrique.

Il est totalement cohérent avec les trois systèmes RGF93, ETRS et ITRS, mais avec une précision métrique. C'est la raison pour laquelle, lors de la transformation de données de l'ancien système français NTF vers le RGF93 ou le WGS84, les coordonnées peuvent différer de quelques décimales.

## ► Définition du RGF93

- Système tridimensionnel
- Ellipsoïde : IAG GRS 1980 ( $a = 6\,378\,137,0$  m et  $f = 1/298,257\,222\,101$ )
- Méridien d'origine : Greenwich
- Unité angulaire : degré sexagésimal
- RGF93 vers WGS84 :  $T_x = T_y = T_z = 0$



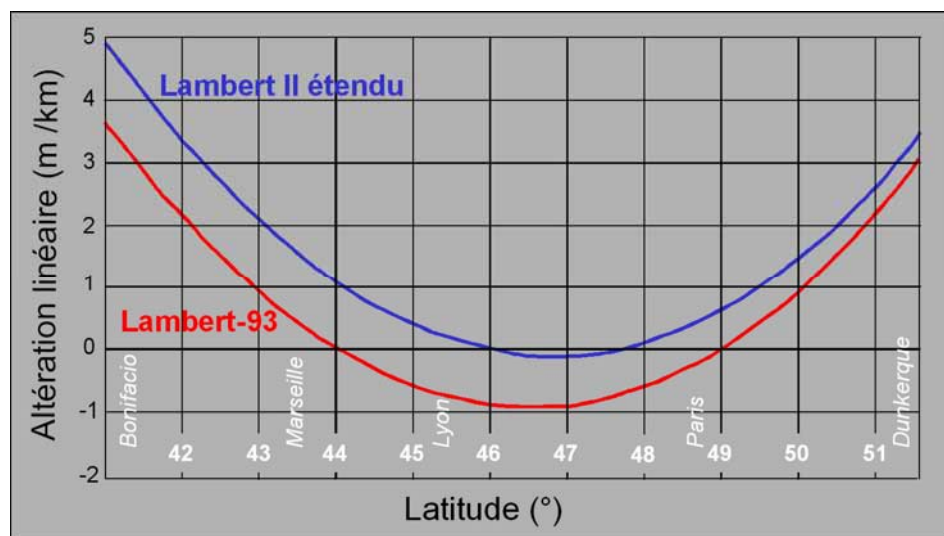
## ► Le Lambert 93

Comme le système officiel de projection est basé sur le référentiel géodésique, le passage au RGF93 comme système légal de référence a obligé de redéfinir de nouvelles projections. Le système précédent (Lambert avec 4 zones et une projection unique sur le France, le Lambert II étendu) a été remplacé par une projection unique, le Lambert 93, et 9 projections appelées coniques conformes 9 zones qui sont détaillées dans la fiche T3.

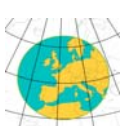
Le Lambert 93 est la projection conique, conforme de type Lambert associée au RGF93 qui est applicable sur la France entière.

### Constantes de la projection :

- Mode de définition : sécante
- Zone d'application :  $41^{\circ}$  -  $51^{\circ}$
- Parallèles automécoïques :  $44^{\circ}$  et  $49^{\circ}$
- Origine
  - Méridien central :  $\lambda_0 = 3^{\circ}$  Est de Greenwich
  - Latitude origine :  $\varphi_0 = 46^{\circ} 30' N$
- Coordonnées de l'origine
  - Fausse coordonnée Est ( $E_0$ ) : 700 000 m
  - Fausse coordonnée Nord ( $N_0$ ) : 6 600 000 m
- Altération linéaire : de -1 m/km à +3 m/km



Comparaison de l'altération linéaire des projections Lambert II étendu et Lambert 93

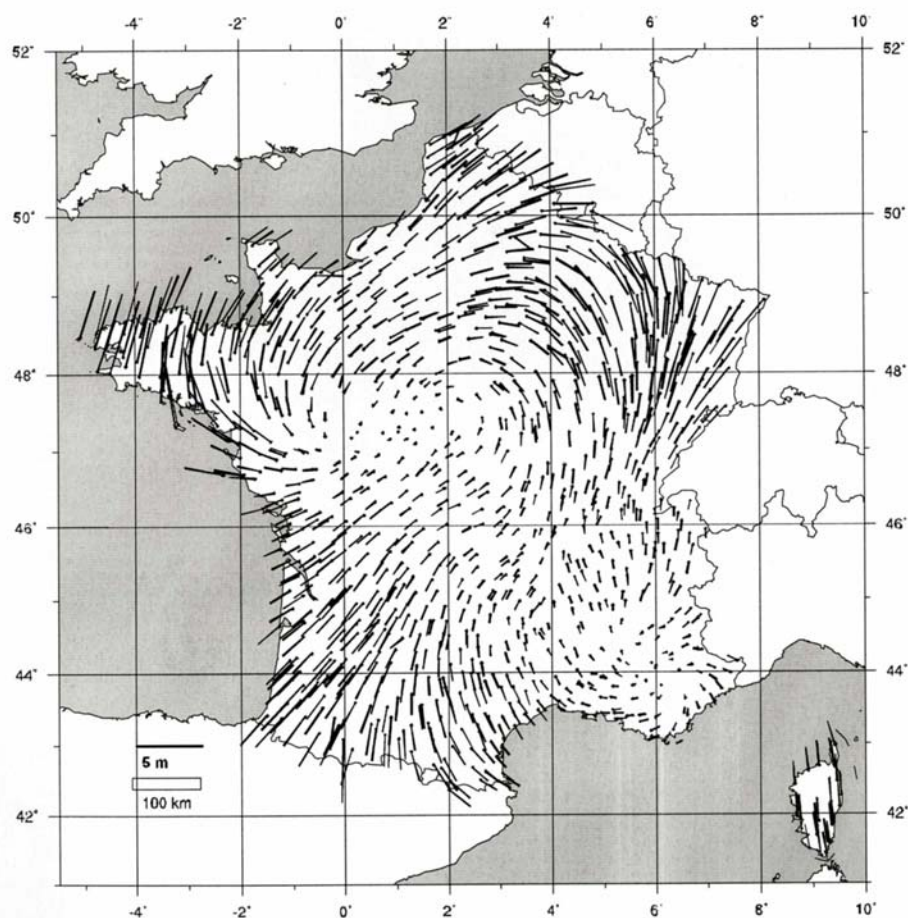


### ► Transformation par grille de paramètres

La fiche T1 présente le principe de transformation d'un système vers un autre, par une similitude 3D à 7 paramètres, au niveau des coordonnées cartésiennes.

Nous rappelons que l'ancien système français NTF possède une précision relative de  $10^{-5}$  (soit 1cm par km), alors que le RGF93 offre une précision absolue de l'ordre de 2 cm. Une simple transformation par la méthode standard de notre ancien système NTF vers le nouveau RGF93 aurait pour conséquence de conserver les erreurs de l'ancien système.

Pour compenser ces erreurs, l'IGN a calculé une grille des déformations de la NTF dans le RGF93, pour les points géodésiques de premier ordre. La carte ci-dessous représente ces déformations sous forme de vecteurs. Elles peuvent atteindre 5 mètres par endroit.



*Carte des déformations de la NTF dans le RGF93, sous forme de vecteurs.*

La grille calculée par l'IGN, qui porte le nom de GR3DF97A, se présente sous la forme d'un semis de points au pas régulier de 0,1 degré en longitude et en latitude. Elle offre, pour chaque point, les trois paramètres  $T_x$ ,  $T_y$ ,  $T_z$  de transformation des coordonnées cartésiennes (translation) de la NTF vers le RGF93. Les transformations sont calculées par interpolation bilinéaire.

Cette grille avec sa notice d'utilisation est téléchargeable sur le site de l'IGN au lien suivant :

<https://professionnels.ign.fr/ficheProduitCMS.do?idDoc=5352513>

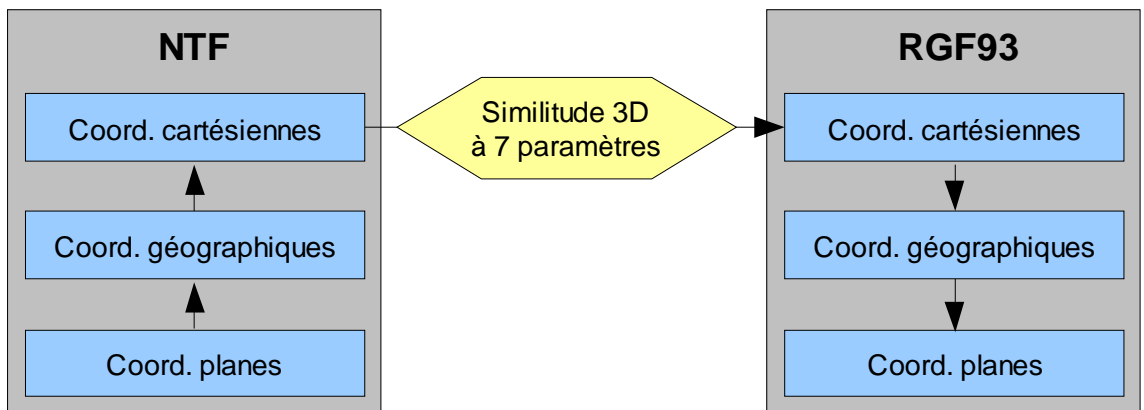


## ► De la NTF vers le RGF93 : deux méthodes possibles

Deux méthodes sont possibles pour transformer les anciennes données de la NTF vers le RGF93 qui assurent soit une précision métrique, soit une précision centimétrique.

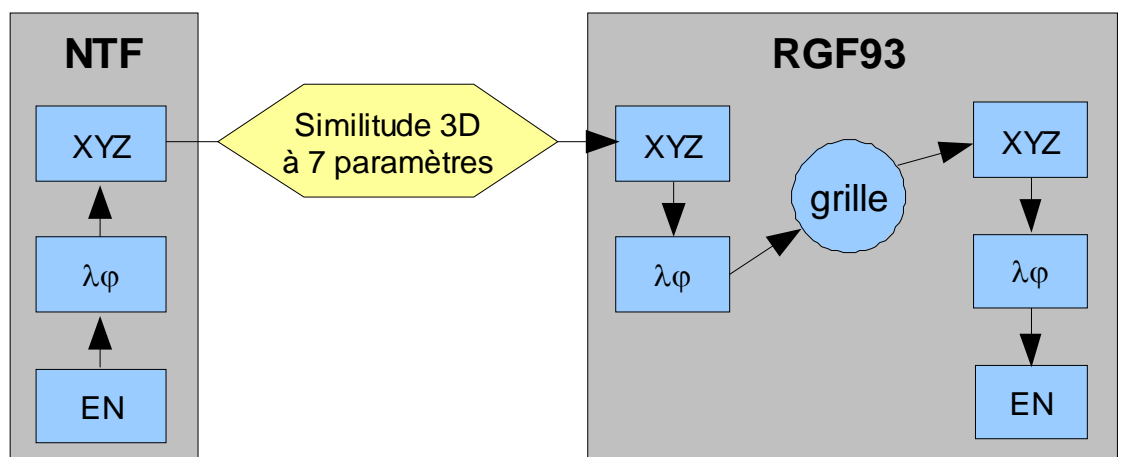
### 1. Précision métrique

On utilise la méthode classique, c'est à dire la similitude 3D à 7 paramètres au niveau des coordonnées cartésiennes. Dans ce cas la précision des données transformées sera la même que les données initiales en NTF et n'offrira qu'une précision métrique.



### 2. Précision centimétrique

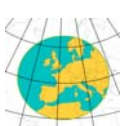
On ajoute l'interpolation à l'aide de la grille IGN à la méthode classique. Dans ce cas, les données obtenues dans le nouveau système seront corrigées des erreurs de la NTF et auront la précision centimétrique du RGF93.



### 3. Métadonnées

On constate que selon la méthode utilisée, la qualité résultante des données transformées de l'ancien vers le nouveau système n'est pas la même. Il importe donc de connaître les outils que l'on utilise pour assurer cette transformation et de consigner, dans les métadonnées, l'outil qui a permis la transformation.

Par exemple, le logiciel MapInfo offre la possibilité de transformer les données en Lambert 93 depuis la version 6. Jusqu'à la version 7.5, la qualité est restée métrique. C'est seulement à partir de la version 7.8 que la grille IGN a été intégrée dans les algorithmes de calcul pour offrir la précision centimétrique.



### 4. Remarque à propos de la précision

Dans les chapitres qui précèdent, quand on parle de précision métrique et centimétrique, il s'agit bien évidemment de la précision de la transformation. Si des données initiales ont une précision métrique, le fait de les transformer en RGF93 à l'aide de la grille IGN ne leur donnera pas une précision centimétrique. En revanche, la qualité du géoréférencement sera meilleure car elle aura été corrigée des erreurs propres à l'ancien système. La précision des données ainsi transformées restera métrique, mais l'ensemble présentera une meilleure cohérence.

L'exemple ci-dessous illustre ce phénomène pour des données du RGE (BD ORTHO et BD TOPO), de précision métrique.

Dans l'illustration 1, la BD ORTHO est issue d'une transformation métrique (sans la grille) en Lambert 93 alors que dans l'illustration 2, elle a fait l'objet d'une transformation de précision centimétrique (avec la grille).

Quand on superpose ces orthophotographies avec des données de la BD TOPO (routes et bâtiments) transformées en Lambert 93 avec la grille IGN, on constate certains décalages non négligeables, comme les axes de route qui ne sont plus au milieu de la route ou des bâtiments qui débordent sur la chaussée.



Illustration 1



Illustration 2

#### Certu

Centre d'Études  
sur les réseaux  
les transports  
l'urbanisme  
et les constructions  
publiques  
9, rue Juliette  
Récamier  
69456 Lyon Cedex 06  
téléphone :  
04 72 74 58 00  
télécopie :  
04 72 74 59 00  
www.certu.fr

Cette fiche a été produite par le Pôle géomatique du ministère, pour plus d'informations et/ou accéder aux autres fiches merci de vous référer au lien suivant :

[http://www.certu.fr/spip.php?page=thematique&id\\_rubrique=795&lang=fr](http://www.certu.fr/spip.php?page=thematique&id_rubrique=795&lang=fr)

© 2008 Certu, la reproduction totale du document est libre de droits. En cas de reproduction partielle, l'accord préalable du Certu devra être demandé.

L'ensemble des droits des illustrations, sauf mention contraire, sont détenus par le Certu.

Bandeau illustratif : extrait des triangles fondamentaux de la carte topographique de la France - 1864.





**Les systèmes de coordonnées  
utilisés en France métropolitaine et dans les DOM**

► **Systèmes de coordonnées  
utilisés en France  
métropolitaine**

**1. La nouvelle triangulation de la France (NTF)**

Ce système terrestre a été le système légal français entre l'arrêté du 20 mai 1948 et le décret du 26 décembre 2000. Il s'appuie sur une première triangulation dite de premier ordre qui comprend quelques 800 points espacés de 30 km environ. Ce réseau a ensuite été densifié par un réseau de deuxième ordre constitué de 5 000 points distants de 10 km. Enfin, des réseaux de troisième et quatrième ordre composés de 60 000 points distants de 3 km viennent compléter l'ensemble, auquel il convient d'ajouter 20 000 points de précisions diverses et constituant le réseau dit de cinquième ordre.

**Caractéristiques de la NTF :**

- Système bidimensionnel
- Point fondamental : la croix du Panthéon
- Ellipsoïde associé : Clarke 1880 IGN
- Méridien origine : Paris
- Unité angulaire : grade
- Représentations planes associées : Lambert zones I, II III et IV, Lambert cartographiques et Lambert II étendu
- Précision :  $10^{-5}$  (1 cm par km)

**2. Le système European Datum 1950 (ED50)**

Le système ED50 est un système terrestre mis en place à la suite de la seconde guerre mondiale. Il fût établi sur l'Europe entière à partir des observations de premier ordre de chaque pays.

**Caractéristiques de l'ED50 :**

- Système bidimensionnel
- Point fondamental : Potsdam
- Ellipsoïde associé : Hayford 1909
- Méridien origine : Greenwich
- Unité angulaire : degré sexagésimal
- Représentation plane associée : Universal Transverse Mercator (UTM)

**3. Le réseau géodésique français 1993 (RGF93)**

Système géodésique français légal depuis le décret N° 2000-1276 du 26 décembre 2000. Il a été créé par densification des points européens du réseau ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) associé au réseau mondial ITRS (International Terrestrial Reference System) qui est le système mondial reconnu par l'ensemble des scientifiques. Les techniques d'observation sont liées aux GPS et assurent une cohérence de niveau centimétrique à toutes les coordonnées publiées.

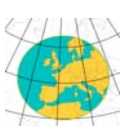
**Caractéristiques du RGF93 :**

- Système tridimensionnel
- Ellipsoïde associé : IAG GRS 1980
- Méridien origine : Greenwich
- Unité angulaire : degré sexagésimal
- Représentations planes associées : Lambert 93, coniques conformes 9 zones, UTM



2008/38





### 4. Le World Geodetic system 1984 (WGS84)

Le WGS84 a été développé par le département de la défense américain. Il a été obtenu à partir d'observations Doppler sur satellites. C'est une version améliorée d'un système plus ancien le WGS72. Ce système est accessible au travers des éphémérides radiodiffusées par les satellites GPS.

Ainsi, tout utilisateur de GPS obtient directement et de manière implicite des coordonnées référencées dans le système WGS84. Il faut cependant savoir que ce système est issu de mesures Doppler et que sa cohérence interne n'est que métrique.

#### Caractéristiques du WGS84 :

- Système tridimensionnel
- Ellipsoïde associé : WGS84 équivalent à IAG GRS 1980
- Méridien origine : Greenwich
- Unité angulaire : degré sexagésimal
- Représentation courante associée : UTM
- Exactitude de l'ordre du mètre

### 5. International Terrestrial Reference System (ITRS)

L'ITRS est une réalisation de l'IERS (International Earth Rotation Service) qui compte un réseau mondial de près de 300 points. Avec une exactitude de niveau centimétrique, il est le système de référence géodésique mondial le plus précis. Depuis 1988, l'IERS produit, chaque année, une réalisation appelée ITRFyy (International Terrestrial Reference Frame de l'année yy). Ces réalisations sont obtenues par combinaison de différentes coordonnées issues de plusieurs techniques de géodésie spatiale.

#### Caractéristiques de l'ITRS :

- Système tridimensionnel
- Ellipsoïde associé : IAG GRS 1980
- Méridien origine : Greenwich
- Unité angulaire : degré sexagésimal
- Représentation courante associée : UTM
- Exactitude de l'ordre du centimètre



## 6. European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89)

Le système ETRS89 est défini à partir de l'ITRS et coïncide, pour la partie européenne avec l'ITRS89.

En résumé, le RGF93 est la partie française de l'ETRF89 qui est la partie européenne de l'ITRS. Ces trois systèmes sont totalement cohérents et offrent une exactitude centimétrique.

### Caractéristiques de l'ETRS89 :

- Système tridimensionnel
- Ellipsoïde associé : IAG GRS 1980
- Méridien origine : Greenwich
- Unité angulaire : degré sexagésimal
- Représentation courante associée : UTM
- Exactitude de l'ordre du centimètre

## ► Systèmes de coordonnées utilisés dans les DOM

### 1. Martinique : Fort Desaix 1952

Fort Desaix est un système terrestre réalisé en 1952 par l'IGN à partir de mesures angulaires.

#### Caractéristiques de Fort Desaix 1952 :

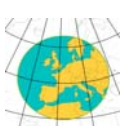
- Système bidimensionnel
- Point fondamental : borne du Fort Desaix à Fort-de-France
- Ellipsoïde associé : Hayford 1909
- Méridien origine : Greenwich
- Unité angulaire : degré sexagésimal
- Représentation courante associée : UTM 20

### 2. Guadeloupe : Sainte-Anne 1948

Système terrestre mis en place en 1948-49 par l'IGN, il couvre l'ensemble de la Guadeloupe et ses dépendances proches : Grande-Terre, Basse-Terre, Marie-Galante, la Désirade et les Saintes.

#### Caractéristiques de Sainte-Anne 1948 :

- Système bidimensionnel
- Point fondamental : pilier de Sainte-Anne
- Ellipsoïde associé : Hayford 1909
- Méridien origine : Greenwich
- Unité angulaire : degré sexagésimal



### 3. Guadeloupe : Fort Marigot

Système terrestre spécifique conçu en 1949 pour les deux dépendances lointaines de la Guadeloupe : Saint-Martin et Saint-Barthélemy.

#### Caractéristiques de Fort Marigot :

- Système bidimensionnel
- Point fondamental : pilier de Fort Marigot
- Ellipsoïde associé : Hayford 1909
- Méridien origine : Greenwich
- Unité angulaire : degré sexagésimal
- Représentation courante associée : UTM 20

### 4. Réseau de Référence des Antilles Françaises (RRAF)

Nouveau système spatial pour les Antilles françaises réalisé par observation GPS entre 1988 et 1993. Il est basé sur le système ITRS89 en fixant le phare de la Caravelle comme point GPS de référence. Il est équivalent à une réalisation du WGS84.

#### Caractéristiques du RRAF :

- Système tridimensionnel
- Point fondamental : phare de la Caravelle
- Ellipsoïde associé : IAG GRS 1980
- Méridien origine : Greenwich
- Unité angulaire : degré sexagésimal
- Représentation courante associée : UTM 20
- Exactitude de l'ordre du mètre

### 5. Guyane : Centre Spatial Guyanais 1967 (CSG 1967)

Le CSG 1967 est un système terrestre qui a été réalisé en 1967 par l'IGN.

#### Caractéristiques de CSG 1967 :

- Système bidimensionnel
- Point fondamental : borne « Diane » à Kourou
- Ellipsoïde associé : Hayford 1909
- Méridien origine : Greenwich
- Unité angulaire : degré sexagésimal
- Représentations courantes associées : UTM 21 et 22



## 6. Guyane : Réseau Géodésique Français de Guyane 1995 (RGFG95)

Nouveau système spatial légal pour la Guyane réalisé par observation GPS en 1995 sur 26 points qui est correspond à une réalisation précise du WGS84.

### Caractéristiques du RGFG95 :

- Système tridimensionnel
- Ellipsoïde associé : IAG GRS 1980
- Méridien origine : Greenwich
- Unité angulaire : degré sexagésimal
- Représentation courante associée : UTM 22
- Exactitude de l'ordre du mètre

## 7. Réunion : Piton des Neiges

Système terrestre réalisé en 1948 par mesures angulaires.

### Caractéristiques de Piton des Neiges :

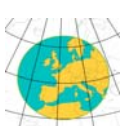
- Système bidimensionnel
- Point fondamental : borne Piton des Neiges
- Ellipsoïde associé : Hayford 1909
- Méridien origine : Greenwich
- Unité angulaire : degré sexagésimal
- Représentation courante associée : Gauss-Laborde Réunion

## 8. Réunion : Réseau Géodésique de la Réunion (RGR92)

Système spatial réalisé en 1992 par détermination d'un canevas GPS dense qui correspond à une réalisation précise du WGS84.

### Caractéristiques du RGR92 :

- Système tridimensionnel
- Ellipsoïde associé : IAG GRS 1980
- Méridien origine : Greenwich
- Unité angulaire : degré sexagésimal
- Représentation courante associée : UTM 40
- Exactitude de l'ordre du mètre



### 9. Mayotte : Combani 1950

Le système terrestre Combani 1950 est basé sur un réseau IGN réalisé par géodésie classique (triangulation basée sur un point fondamental déterminé par mesures astronomiques).

#### Caractéristiques de Combani 1950 :

- Système bidimensionnel
- Point fondamental : terme sud de la base Combani I
- Ellipsoïde associé : Hayford 1909
- Méridien origine : Greenwich
- Unité angulaire : degré sexagésimal
- Représentation courante associée : UTM 38

### 10. Mayotte : Cadastre 1997

Le système Cadastre 1997 a été réalisé par les géomètres du Cadastre par observation GPS.

Ils ont fait en sorte que ce système tridimensionnel soit très proche du système COMBANI en procédant ainsi :

- un point a été fixé avec ses coordonnées COMBANI,
- le réseau a été ré-observé par GPS, puis une transformation à 3 paramètres a été calculée entre le système COMBANI et le système GPS,
- on détermine un nouveau réseau GPS et on transforme les coordonnées WGS84 en coordonnées CADASTRE 1997, en appliquant la transformation précédente inverse.

Cette réalisation diffère donc de Combani 1950 et n'est pas compatible avec le WGS84.

#### Caractéristiques de Cadastre 1997 :

- Système tridimensionnel
- Point fondamental : ?
- Ellipsoïde associé : Hayford 1909
- Méridien origine : Greenwich
- Unité angulaire : degré sexagésimal
- Représentation associée : UTM 38



## 11. Mayotte : Réseau Géodésique de Mayotte (RGM04)

Système spatial légal mis en place par l'IGN en 2004. Le réseau comprend 47 stations GPS. Il correspond à la réalisation locale du système mondial ITRF2000, lui-même compatible avec le système mondial WGS84 au niveau métrique.

### Caractéristiques de RGM04 :

- Système tridimensionnel
- Ellipsoïde associé : IAG GRS 1980
- Méridien origine : Greenwich
- Unité angulaire : degré sexagésimal
- Représentation associée : UTM 38
- Exactitude de l'ordre du mètre

## 12. Saint-Pierre et Miquelon : Saint-Pierre et Miquelon 1950 (SPM 1950)

Triangulation réalisée en 1950 à partir d'un point fondamental non matérialisé et déterminé par mesures astronomiques.

### Caractéristiques de SPM 1950 :

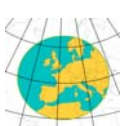
- Système bidimensionnel
- Point fondamental : (Long :  $56^{\circ} 11' 06,830''$  ouest de G, Latitude :  $46^{\circ} 47' 54,376''$  nord)
- Ellipsoïde associé : Clarke 1866
- Méridien origine : Greenwich
- Unité angulaire : degré sexagésimal
- Représentation associée : UTM 21

## 13. Saint-Pierre et Miquelon : Réseau Géodésique de Saint-Pierre et Miquelon (RGSPM06)

Système spatial réalisé en 2006 qui comprend 39 stations déterminées par GPS. Il correspond à la réalisation locale du système mondial ITRF2000, lui-même compatible avec le système mondial WGS84 au niveau métrique.

### Caractéristiques de RGSPM06 :

- Système tridimensionnel
- Ellipsoïde associé : IAG GRS 1980
- Méridien origine : Greenwich
- Unité angulaire : degré sexagésimal
- Représentation associée : UTM 21



## ► Synthèse des systèmes

Le tableau présente les différents systèmes utilisés en métropole et dans les DOM. Les systèmes en gras sont les systèmes légaux..

Territoire	Système géodésique	Ellipsoïde	Projection	Code EPSG
France métropole	NTF	Clarke 1880 IGN	Lambert I Nord	27561
			Lambert II Centre	27562
			Lambert III sud	27563
			Lambert IV Corse	27564
			Lambert I carto	27571
			Lambert II carto	27572
			Lambert III carto	27573
	ED50	Hayford 1909	UTM 30	23030
			UTM 31	23031
			UTM 32	23032
	WGS84	IAG GRS 1980	UTM 30	32630
			UTM 31	32631
			UTM 32	32632
<b>RGF93</b>	<b>IAG GRS 1980</b>	<b>Lambert 93 CC 9 zones (CC 42 à CC 50)</b>	<b>2154 3942 à 3950</b>	
Guadeloupe	Sainte-Anne	Hayford 1909	UTM 20	2970
	Fort Marigot	Hayford 1909	UTM 20	2969
	<b>RRAF 91 (WGS84)</b>	<b>IAG GRS 1980</b>	<b>UTM 20</b>	<b>2989</b>
Martinique	Fort Desaix	Hayford 1909	UTM 20	2973
	<b>RRAF 91 (WGS84)</b>	<b>IAG GRS 1980</b>	<b>UTM 20</b>	<b>2989</b>
Guyane	CSG 1967	Hayford 1909	UTM 21 UTM 22	3312 2971
	<b>RGFG95</b>	<b>IAG GRS 1980</b>	UTM 20 <b>UTM 22</b>	3313 <b>2972</b>
Réunion	Piton des Neiges	Hayford 1909	UTM 40	3727
	<b>RGR92</b>	<b>IAG GRS 1980</b>	<b>UTM 40</b>	<b>2975</b>
Mayotte	Combani 1950	Hayford 1909	UTM 38	2980
	Cadastre 1997	Hayford 1909	UTM 38	????
	<b>RGM04</b>	<b>IAG GRS 1980</b>	<b>UTM 38</b>	<b>32738</b>
St-Pierre et Miquelon	SPM 1950	Clarke 1866	UTM 21	2987
	<b>RGSPM06</b>	<b>IAG GRS 1980</b>	<b>UTM 21</b>	<b>32621</b>

Cette fiche a été produite par le Pôle géomatique du ministère, pour plus d'informations et/ou accéder aux autres fiches merci de vous référer au lien suivant :

[http://www.certu.fr/spip.php?page=thematique&id\\_rubrique=795&lang=fr](http://www.certu.fr/spip.php?page=thematique&id_rubrique=795&lang=fr)

© 2008 Certu, la reproduction totale du document est libre de droits. En cas de reproduction partielle, l'accord préalable du Certu devra être demandé. L'ensemble des droits des illustrations, sauf mention contraire, sont détenus par le Certu. Bandeau illustratif : extrait des triangles fondamentaux de la carte topographique de la France - 1864.

**Certu**

Centre d'Études  
sur les réseaux  
des transports  
l'urbanisme  
et les constructions  
publiques  
9, rue Juliette  
Récamier  
69456 Lyon Cedex 06

téléphone :

04 72 74 58 00

télécopie :

04 72 74 59 00

www.certu.fr





## Les enjeux du nouveau système

### ► Pourquoi cette fiche ?

L'objectif de cette fiche est de montrer l'intérêt du nécessaire passage au nouveau système légal de référence des données géographiques français, le RGF93 (Réseau Géodésique Français calculé pour l'année 1993) pour la France métropolitaine et les systèmes spécifiques à chaque DOM : beaucoup d'avantages pour peu d'inconvénients.

### ► Données géoréférencées et systèmes de coordonnées : une multitude de systèmes qui complexifient les usages

Les plans topographiques, les cartes géographiques et les données des systèmes d'information géographique (SIG) sont **géoréférencés**, c'est-à-dire que chaque objet ou chaque point est positionné dans l'espace au travers de coordonnées. Elles sont définies dans des systèmes complexes de représentation et de modélisation de notre planète qui n'ont pas cessé d'évoluer depuis plusieurs siècles en s'appuyant sur des techniques géodésiques, astronomiques et spatiales.

À une telle représentation, appelée **système de référence géodésique**, est associé un ou plusieurs systèmes de coordonnées, géographiques ou planes, selon que l'on travaille sur la surface de la terre ou sur une représentation plane de celle-ci appelée couramment « projection cartographique ».

Au cours de l'histoire, chaque pays a défini son système propre, voire plusieurs. Ainsi, plus de vingt systèmes de coordonnées cohabitent pour la France métropolitaine. Une telle profusion a pour inconvénient de complexifier les échanges de données entre acteurs utilisant des systèmes différents.

Aujourd'hui, les techniques spatiales ont permis de mieux connaître les dimensions de notre planète et de définir ainsi un système de coordonnées qui offre une précision remarquable à l'échelle mondiale.

Le RGF93 en est la représentation française. Chaque point de notre pays peut ainsi être localisé avec une précision planimétrique d'un ou deux centimètres et altimétrique de deux à cinq centimètres.

### ► La loi de 1999 oblige les services publics à rattacher leurs données à un unique système national de référence

L'article 89 de la loi d'orientation pour l'aménagement et de développement durable du territoire (Loi n° 99-533 du 25 juin 1999) précise :

*« Les informations localisées issues des travaux topographiques ou cartographiques réalisés par l'État, les collectivités locales, les entreprises chargées de l'exécution d'une mission de service public, ou pour leur compte, **doivent être rattachées au système national de référence** de coordonnées géographiques, planimétriques et altimétriques, défini par décret et utilisable par tous les acteurs participant à l'aménagement du territoire. »*

Un premier décret d'application du 26 décembre 2000 (n° 2000-1276) précise les différents systèmes à utiliser pour la France métropolitaine et pour les départements d'Outre-Mer.

Un second décret du 3 mars 2006 (n°2006-272) impose aux services de l'État, des collectivités locales et aux entreprises chargées de l'exécution d'une mission de service public de diffuser les données géographiques dans le système national de coordonnées défini dans le décret de 2000, à partir du 10 mars 2009.

2008/39



► **Un seul système géodésique, mais plusieurs projections planes pour la métropole**

Le système de référence géodésique RGF93 pour la métropole permet de modéliser notre planète, de définir le méridien de référence et de fixer les origines des coordonnées géographiques que sont la longitude et la latitude.

Au système de référence géodésique RGF93 sont associées plusieurs projections planes :

- une projection couvrant la France entière : le Lambert-93 ;
- un ensemble de neuf projections coniques conformes avec un recouvrement de 50 % entre deux projections adjacentes, permettant ainsi à tous les départements français d'être dans une seule et unique projection.

Pour les DOM, c'est le système WGS84, propre au système GPS, qui a été choisi assorti de projections UTM.

► **Changer pour un système unique**

L'obligation, pour les services de l'État, les collectivités locales et les entreprises chargées d'une mission de service public, de rattacher leurs données au nouveau système, même si elle s'avère conséquente, présente de nombreux avantages :

- suppression des transformations entre systèmes qui sont réalisées à l'aide d'outils souvent peu ergonomiques, qui s'avèrent être longues, complexes, et donc coûteuses et qui nécessitent des compétences rares ;
- facilitation des échanges de données, des partenariats ;
- simplification des procédures d'affichage et d'utilisation des données pour des utilisateurs peu expérimentés ;
- amélioration de la cohérence des données issues de sources différentes ;
- simplification des systèmes de gestion des données (outils logiciels, administration de données localisées...) ;
- réduction des coûts de production et d'intégration des données dans les systèmes d'information.



## ► Changer pour un système plus précis

Un système plus précis a pour avantage de :

- rester en cohérence totale avec les systèmes spatiaux (GPS qui s'appuie sur le système américain WGS84 et bientôt Galiléo) et faciliter l'intégration des données saisies par de tels procédés dans les systèmes d'information ;
- favoriser le développement des bases de données dans les projets européens ;
- offrir une exactitude absolue homogène de quelques centimètres sur la totalité du territoire.

## ► Des inconvénients limités

Les logiciels usuels utilisés dans les SIG sont d'ores et déjà capables de lire ou de transformer toutes données géoréférencées dans le nouveau système de projection associé au RGF93 avec un excellent niveau de précision.

La principale difficulté à prendre en compte pour réussir le passage au RGF93 sera de déterminer la date optimum de basculement de l'ancien vers le nouveau système et de le faire savoir à l'ensemble des utilisateurs de l'information géographique dans votre service. Bien sûr, cela suppose de conduire une petite étude préalable afin de :

- s'assurer de la capacité des logiciels et des applications à prendre en compte ces nouveaux systèmes ;
- mesurer le volume de fichier à convertir vers le nouveau système en distinguant les données vecteurs des données rasters ;
- d'identifier dans les contrats de fournitures d'information géographique les spécifications en matière de système de projection pour adapter ensuite les achats.

### Certu

Centre d'Études  
sur les réseaux  
les transports  
l'urbanisme  
et les constructions  
publiques  
9, rue Juliette  
Récamier  
69456 Lyon Cedex 06  
téléphone :  
04 72 74 58 00  
télécopie :  
04 72 74 59 00  
www.certu.fr

Cette fiche a été produite par le Pôle géomatique du ministère, pour plus d'informations et/ou accéder aux autres fiches merci de vous référer au lien suivant :

[http://www.certu.fr/spip.php?page=thematique&id\\_rubrique=795&lang=fr](http://www.certu.fr/spip.php?page=thematique&id_rubrique=795&lang=fr)

© 2008 Certu, la reproduction totale du document est libre de droits. En cas de reproduction partielle, l'accord préalable du Certu devra être demandé.

L'ensemble des droits des illustrations, sauf mention contraire, sont détenus par le Certu.

Bandeau illustratif : extrait des triangles fondamentaux de la carte topographique de la France - 1864.



## Les aspects réglementaires

### ► Historique

Jusqu'en 2000, l'arrêté du 20 mai 1948 et la circulaire du 15 décembre 1948 fixent le système de référence géodésique et les systèmes de projection légaux pour la France métropolitaine. En effet, l'arrêté précise que les travaux entrepris dans la métropole par les services publics, collectivités publiques, établissements publics ou entreprises concédées doivent être conduits de façon à être ultérieurement exploitables par d'autres services que celui qui prescrit le travail. Tous ces travaux doivent être obligatoirement basés sur la nouvelle triangulation de la France alors en cours d'exécution par l'institut géographique national, et sont exécutés dans les systèmes Lambert en usage à l'institut géographique national.

Ainsi depuis le **20 mai 1948**, le système légal de coordonnées pour les travaux entrepris par les services publics sur la métropole, sont la NTF (nouvelle triangulation de la France) pour le système de référence géodésique et les Lambert en usage à l'IGN pour les projections planes associées, c'est à dire 4 projections Lambert zones (I : Nord, II : Centre, III : Sud et IV : Corse) et une projection unique pour la France entière appelée : Lambert II étendu ou Lambert II cartographique.

### ► La loi d'orientation pour l'aménagement et le développement durable du territoire

C'est lors de la rédaction de la loi n°99-533 du 25 juin 1999 d'orientation pour l'aménagement et le développement durable du territoire et portant modification de la loi n° 95-115 du 4 février 1995 d'orientation pour l'aménagement et le développement du territoire que Dominique Caillot, député de Vendée et maire d'une petite commune de ce département, actuel président de l'association AFIGEO (Association Française de l'Information GEOgraphique) dépose un amendement, conçu par le CNIG (Conseil National de l'Information Géographique), afin que soit pris en compte le rattachement des données géographiques à un unique système de coordonnées compatible avec le système mondial, plus précis et totalement cohérent avec les systèmes spatiaux.

Cet amendement se traduit par l'article n° 53 de la loi 1999 qui ajoute l'article 89 à la loi de 1995 :

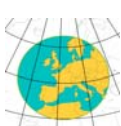
*« Les informations localisées issues des travaux topographiques ou cartographiques réalisés par l'État, les collectivités locales, les entreprises chargées de l'exécution d'une mission de service public, ou pour leur compte, **doivent être rattachées au système national de référence de coordonnées géographiques, planimétriques et altimétriques, défini par décret et utilisable par tous les acteurs participant à l'aménagement du territoire** ».*

### ► Un premier décret d'application du 26 décembre 2000

Le premier décret d'application de la loi est le décret n° 2000-1276 du 26 décembre 2000 et publié au journal officiel du 28 décembre 2000.

2008/40





## 1. Définition des systèmes planimétriques et altimétriques légaux

L'article premier définit les systèmes de référence planimétriques et altimétriques légaux pour la métropole et les 4 départements d'outre-mer.

### A. - Systèmes de référence géographiques et planimétriques

ZONE	SYSTÈME GEODESIQUE	ELLIPSOIDE ASSOCIE	PROJECTION
France métropolitaine	RGF 93	IAG GRS 1980	Lambert 93
Guadeloupe, Martinique	WGS 84	IAG GRS 1980	UTM Nord fuseau 20
Guyane	RGFG 95	IAG GRS 1980	UTM Nord fuseau 22
Réunion	RGR 92	IAG GRS 1980	UTM Sud fuseau 40

### B. - Systèmes de référence altimétriques

ZONE	SYSTÈME ALTIMETRIQUE
France métropolitaine, à l'exclusion de la Corse	IGN 1969
Corse	IGN 1978
Guadeloupe	IGN 1988
Martinique	IGN 1987
Guyane	NGG 1977
Réunion	IGN 1989

## 2. Missions de l'IGN et du SHOM

L'article 2 précise que l'institut géographique national en zone terrestre et le service hydrographique et océanographique de la marine en zone maritime, entretiennent et diffusent à tout demandeur public ou privé l'information relative à ces systèmes et à leurs caractéristiques ainsi que les éléments nécessaires à la transformation des systèmes les plus couramment utilisés sur le territoire national dans le système national de référence défini à l'article 1.

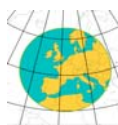
## 3. Méthode de rattachement au système légal

L'article 3 décrit les méthodes de rattachement des informations localisées au système national de référence selon 3 modalités suivantes :

- en fournissant les informations dans les systèmes légaux de coordonnées ;
- en fournissant les informations dans tout autre système accompagnées des éléments nécessaires à leur transformation dans le système national de référence de coordonnées avec le même niveau de précision que celui des informations d'origine ;
- en reportant les informations sur un fond de plan graphique ou numérique lui-même rattaché selon l'une des deux modalités précédentes avec le même niveau de précision que celui du fond de plan utilisé.

## 4. Définition des niveaux de précision

L'article 4 prévoit qu'un arrêté du ministre chargé de l'équipement définit les niveaux de précision requis par catégories pour les travaux topographiques.



## 5. Conditions particulières dans le cadre d'une délégation de service public

L'article 5 se rapporte aux conditions particulières de rattachement des travaux topographiques ou cartographiques réalisés dans le cadre d'une délégation de service public.

## 6. Conditions d'application

L'article 6 décrit les conditions d'application du présent décret, à savoir :

- date d'application du présent décret : 1er février 2001 ;
- pour les travaux couvrant une superficie supérieure à 10 000 mètres carrés ;
- pour les travaux linéaires dont la longueur est supérieure à 500 mètres

## ► Un second décret d'application du 3 mars 2006

Plusieurs années s'écoulent sans que le nouveau système légal soit réellement utilisé par les services publics, car ceux-ci ont la faculté, donnée par l'article 3 du décret 2000-1276, de continuer à utiliser l'ancien système. En revanche, l'utilisation d'un unique système, plus précis, cohérent sur l'Europe entière avec les services de localisation par satellites présents ou à venir, est reconnue comme une nécessité incontournable par l'ensemble des experts de la sphère géomatique. Le conseil national de l'information géographique (CNIG) propose, après les travaux du groupe technique « obligation de rattachement » de la commission des référentiels, les termes d'un nouveau décret obligeant les services publics à utiliser réellement le nouveau système légal.

Le décret n° 2006-272 du 3 mars 2006 est publié au journal officiel du 10 mars 2006.

### 1. Ajouts de Mayotte et des projections coniques conformes 9 zones

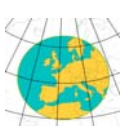
L'article premier décrit, comme le décret précédent, les systèmes de référence planimétriques et altimétriques légaux.

Aux systèmes de référence planimétriques, sont rajoutés, pour la métropole : 9 projections coniques conformes.

La collectivité territoriale de Mayotte est également prise compte.

ZONE	SYSTÈME GEODESIQUE	ELLIPSOIDE ASSOCIE	PROJECTION
Mayotte	RGM 04	IAG GRS 1980	UTM Sud fuseau 38

ZONE	SYSTÈME ALTIMETRIQUE
Mayotte	SHOM 1953



## 2. Obligation de rattachement au RGF93 à partir du 10 mars 2009

L'article précise les méthodes de rattachement des informations localisées au système national de référence en modifiant l'article 3 du décret du 26 décembre 2000.

Les informations localisées doivent être fournies dans le système national de référence de coordonnées décrit à l'article 1 ou à **titre transitoire pendant une période de trois ans à compter de la date de publication du présent décret**, selon l'une des deux modalités suivantes :

- par fourniture dans tout autre système, accompagnées des éléments nécessaires à leur transformation dans le système national de référence de coordonnées avec le même niveau de précision que celui des informations d'origine ;
- par report sur un fond de plan graphique ou numérique lui-même rattaché avec le même niveau de précision que celui du fond de plan utilisé.

Ainsi, les services publics doivent dorénavant rattacher au système légal de coordonnées les données qu'ils fournissent. Une période transitoire est cependant accordée, mais à partir du 10 mars 2009, toute donnée géographique publique destinée à être partagée, diffusée ou échangée devra être rattachée au système de coordonnées légal, le RGF93.

### ► Conclusion

Ce décret du 3 mars 2006 apporte trois modifications importantes.

Il fixe, après une durée transitoire de 3 ans, une date à partir de laquelle les données échangées devront obligatoirement être rattachées au nouveau système légal.

La collectivité territoriale de Mayotte est prise en compte.

Enfin, pour la métropole, les projections coniques conformes 9 zones ont été ajoutées, à la demande des géomètres experts, du bureau du cadastre et de l'association des ingénieurs territoriaux de France. Ces projections permettent de réduire l'altération linéaire.

#### Certu

Centre d'Études  
sur les réseaux  
les transports  
l'urbanisme  
et les constructions  
publiques  
9, rue Juliette  
Récamier  
69456 Lyon Cedex 06  
téléphone :  
04 72 74 58 00  
télécopie :  
04 72 74 59 00  
www.certu.fr

Cette fiche a été produite par le Pôle géomatique du ministère, pour plus d'informations et/ou accéder aux autres fiches merci de vous référer au lien suivant :

[http://www.certu.fr/spip.php?page=thematique&id\\_rubrique=795&lang=fr](http://www.certu.fr/spip.php?page=thematique&id_rubrique=795&lang=fr)

© 2008 Certu, la reproduction totale du document est libre de droits. En cas de reproduction partielle, l'accord préalable du Certu devra être demandé.

L'ensemble des droits des illustrations, sauf mention contraire, sont détenus par le Certu.

Bandeau illustratif : extrait des triangles fondamentaux de la carte topographique de la France - 1864.



## Les codes EPSG et le registre IGNF

### ► Les codes EPSG

#### 1. Historique

L'association internationale des producteurs de pétrole et de gaz (**OGP**) englobe la plupart des leaders mondiaux, publics et privés, qui produisent plus de la moitié du pétrole extrait dans le monde et environ un tiers de son gaz.

La qualité du positionnement de toutes les activités liées au pétrole et au gaz reste cruciale pour de nombreuses raisons (sécurité des opérations, protection de l'environnement, validité des détections, activités frontalières...). Ainsi, les opérations géodésiques et topographiques sont très importantes et affectent toutes les phases qui vont de l'exploration à la production.

Ainsi, en 1986, l'**EPSG** (European Petroleum Survey Group) a été créé pour répondre à tous ces besoins de positionnement de haute qualité. L'une de ses activités a été la mise en place d'une base de données regroupant les paramètres des différents systèmes de coordonnées utilisés dans le monde et des transformations entre différents systèmes. Cette base de données a été rendue publique en 1993.

En 2005, l'EPSG est devenu le comité de topographie et de positionnement de l'OGP (Surveying and Positioning Committee). Même si aujourd'hui l'EPSG n'existe plus en tant qu'entité propre, la désignation des codes utilisés pour désigner les différents paramètres persiste toujours en tant que « code EPSG ».

Site de l'OGP : <http://www.ogp.org.uk/>

#### 2. Base de données et codes EPSG

La base de données mise en place par l'EPSG n'est, certes par exhaustive, mais présente l'intérêt de regrouper la majeure

partie des principaux systèmes utilisés dans le monde. Cette base recense tous les éléments nécessaires aux calculs géodésiques et aux problèmes de géoréférencement (systèmes de référence géodésiques, projections cartographiques, ellipsoïdes, méridiens d'origine, transformation de coordonnées...). Chaque entité y est repéré par un code numérique. Par exemple, le Lambert 93 porte le code 2154, l'ellipsoïde IAG GRS 1980 porte le code 7019...

C'est la raison pour laquelle ses codes sont utilisés aujourd'hui par de nombreux éditeurs de logiciels et notamment par le monde des logiciels libres pour référencer les différents systèmes, paramètres et transformations. Le format GeoTIFF (cf. fiche O2) qui est un format raster géoréférencé utilise les codes EPSG pour désigner le système de coordonnées dans lequel est référencé l'image.

La version actuelle de la base de données (version 6.17) a été mise à jour en juillet 2008. On peut la télécharger à partir du site suivant : <http://info.ogp.org.uk/geodesy/Geodetic.html>.

Si l'on ne désire pas télécharger la base qui est dans un format Microsoft Access, on peut l'interroger sur le site Internet suivant : <http://www.epsg-registry.org/>.

### ► Le registre IGNF

Ce fichier contient les paramètres de différents systèmes de coordonnées décrits par l'IGN, et peut jouer le même rôle que le fichier EPSG pour les systèmes français (métropole, DOM et TOM) lorsqu'il est utilisé avec la bibliothèque Open-Source PROJ.4, pour réaliser simplement des transformations de coordonnées, sans avoir à décrire explicitement les paramètres de chaque système.

Il est téléchargeable sur le site dédié au Lambert 93 de l'IGN :

<http://lambert93.ign.fr/>

2008/41







## ► Synthèse des codes EPSG par zone géographique

Le tableau présente les différents codes EPSG associés aux systèmes utilisés en métropole et dans les DOM. Ceux en gras sont les systèmes légaux.

Territoire	Système géodésique	Ellipsoïde	Projection	Code EPSG
France métropole	NTF	Clarke 1880 IGN	Lambert I Nord	27561
			Lambert II Centre	27562
			Lambert III sud	27563
			Lambert IV Corse	27564
			Lambert I carto	27571
			Lambert II carto	27572
			Lambert III carto	27573
			Lambert IV carto	27574
	ED50	Hayford 1909	UTM 30	23030
			UTM 31	23031
			UTM 32	23032
	WGS84	IAG GRS 1980	UTM 30	32630
			UTM 31	32631
UTM 32			32632	
<b>RGF93</b>	<b>IAG GRS 1980</b>	<b>Lambert 93 CC 9 zones (CC 42 à CC 50)</b>	<b>2154 3942 à 3950</b>	
Guadeloupe	Sainte-Anne	Hayford 1909	UTM 20	2970
	Fort Marigot	Hayford 1909	UTM 20	2969
	<b>RRAF 91 (WGS84)</b>	<b>IAG GRS 1980</b>	<b>UTM 20</b>	<b>2989</b>
Martinique	Fort Desaix	Hayford 1909	UTM 20	2973
	<b>RRAF 91 (WGS84)</b>	<b>IAG GRS 1980</b>	<b>UTM 20</b>	<b>2989</b>
Guyane	CSG 1967	Hayford 1909	UTM 21 UTM 22	3312 2971
	<b>RGFG95</b>	<b>IAG GRS 1980</b>	UTM 21 UTM 22	3313 2972
Réunion	Piton des Neiges	Hayford 1909	UTM 40	3727
	<b>RGR92</b>	<b>IAG GRS 1980</b>	<b>UTM 40</b>	<b>2975</b>
Mayotte	Combani 1950	Hayford 1909	UTM 38	2980
	Cadastre 1997	Hayford 1909	UTM 38	????
	<b>RGM04</b>	<b>IAG GRS 1980</b>	<b>UTM 38</b>	<b>32738</b>
St-Pierre et Miquelon	SPM 1950	Clarke 1866	UTM 21	2987
	<b>RGSPM06</b>	<b>IAG GRS 1980</b>	<b>UTM 21</b>	<b>32621</b>

Cette fiche a été produite par le Pôle géomatique du ministère, pour plus d'informations et/ou accéder aux autres fiches merci de vous référer au lien suivant :

[http://www.certu.fr/spip.php?page=thematique&id\\_rubrique=795&lang=fr](http://www.certu.fr/spip.php?page=thematique&id_rubrique=795&lang=fr)

© 2008 Certu, la reproduction totale du document est libre de droits. En cas de reproduction partielle, l'accord préalable du Certu devra être demandé. L'ensemble des droits des illustrations, sauf mention contraire, sont détenus par le Certu. Bandeau illustratif : extrait des triangles fondamentaux de la carte topographique de la France - 1864.

**Certu**

Centre d'Études  
sur les réseaux  
l'urbanisme  
et les constructions  
publiques  
9, rue Juliette  
Récamier  
69456 Lyon Cedex 06  
téléphone :  
04 72 74 58 00  
télécopie :  
04 72 74 59 00  
www.certu.fr