

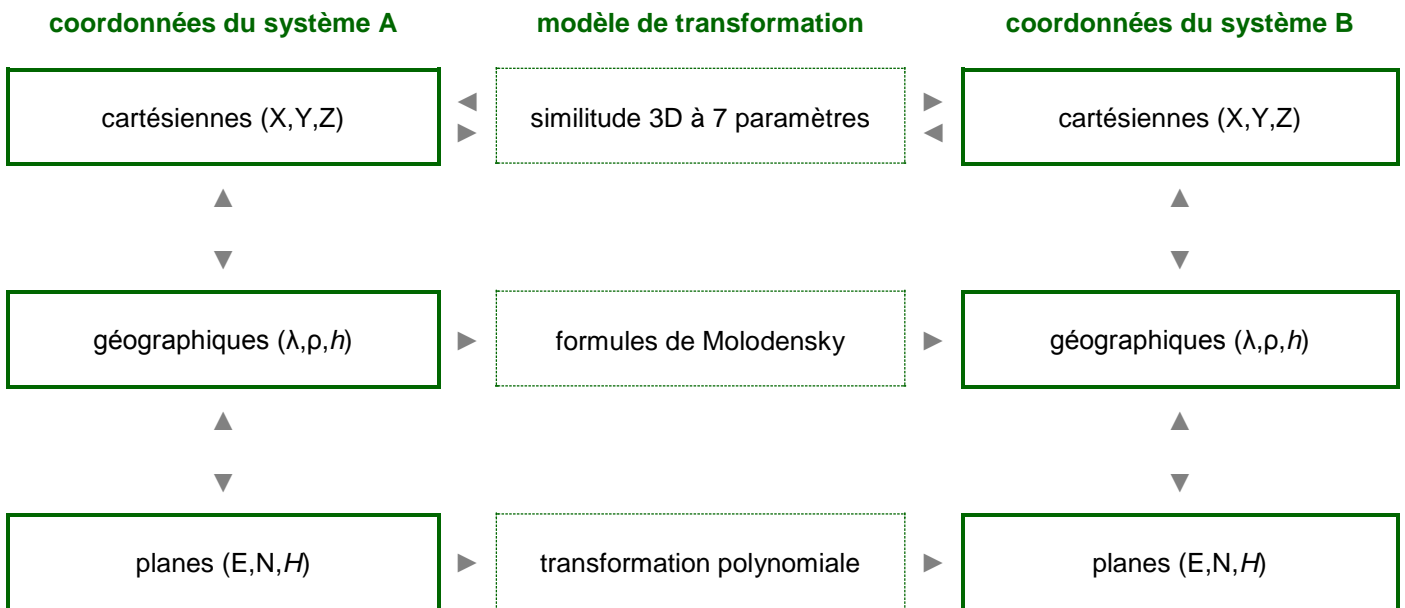
Transformations géodésiques en France

1	Processus de changement de système	2
1.1	Définitions	2
1.2	Similitude 3D à 7 paramètres	2
1.3	Modèle « à 7 paramètres »	3
1.4	Coordonnées géographiques (λ, φ, h) ► Coordonnées cartésiennes (X,Y,Z)	3
1.4.1	Clarke 1880 IGN (Ellipsoïde associé au système NTF)	3
1.4.2	IAG GRS 80 (Ellipsoïde associé au système RGF93)	4
1.4.3	WGS84	4
1.4.4	International HAYFORD 1909 (Ellipsoïde associé au système ED50)	4
1.5	Géométrie de l'ellipsoïde	4
1.6	Coordonnées cartésiennes (X,Y,Z) ► Coordonnées géographiques (λ, φ, h)	4
1.6.1	Formules de conversion	4
1.6.2	Remarques sur la fonction ATAN2	5
2	Transformation de coordonnées géographiques	6
2.1	Transformations standard sur la France métropolitaine	6
2.1.1	NTF ◄► WGS84	6
2.1.2	NTF ◄► ED50	6
2.1.3	ED50 ◄► WGS84	6
2.2	Transformations standard sur les Antilles et la Guyane	7
2.2.1	Martinique : Fort-Desaix ► RRAF (WGS84)	7
2.2.2	Guadeloupe : IGN 1948 (Sainte-Anne) ► RRAF (WGS84)	7
2.2.3	Guadeloupe : IGN 1949 (Fort-Marigot) ► RRAF (WGS84)	7
2.2.4	Guyane : Transformation CSG 1967 ► RGFG95	7
2.3	Ile de la Réunion	7
2.4	Transformations par grille de paramètres	8
2.4.1	NTF ◄► RGF93	8
3	Algorithmes	10
3.1	Constantes Lambert France	10
3.2	Lambert zone ► Lambert zone	10
3.3	Lambert ► coordonnées géographiques	10
3.4	Coordonnées géographiques ► Lambert	11
3.5	Latitude à partir de la latitude isométrique	11
3.6	Coordonnées géographiques RGF93 vers CC 9 Zones	14
3.7	CC 9 Zones vers coordonnées géographiques RGF93	14
4	Logiciel de transformation de coordonnées : Circé France	15

1 Processus de changement de système

1.1 Définitions

On entend par *changement de système géodésique* la transformation qui permet d'exprimer les coordonnées cartésiennes, géographique ou planes d'un point dans un autre système géodésique. Il peut être détaillé selon un modèle général.



Le plus utilisé est la similitude 3D car elle présente l'avantage de pouvoir être utilisée dans les deux sens : les mêmes paramètres servent à transformer des coordonnées du système A vers le système B et réciproquement, moyennant une simple inversion de signe.

Les **formules de Molodensky** sont des développements limités dont, par nature, l'ordre influe sur la précision finale. Le passage inverse nécessite l'application de formules différentes.

La **transformation polynomiale** ne peut s'appliquer que sur des zones restreintes afin de conserver une précision comparable à celle obtenue par une similitude 3D.

1.2 Similitude 3D à 7 paramètres

Compte tenu des faibles rotations utilisées en géodésie, les formules pour passer du système A au système B sont :

$$\begin{pmatrix} X_B \\ Y_B \\ Z_B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} T_X \\ T_Y \\ T_Z \end{pmatrix} + \Delta \cdot \begin{pmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & \varepsilon_Z & -\varepsilon_Y \\ -\varepsilon_Z & 0 & \varepsilon_X \\ \varepsilon_Y & -\varepsilon_X & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{pmatrix}$$

1.3 Modèle « à 7 paramètres »

Les 7 paramètres sont 3 translations (T_x, T_y, T_z), 3 rotations ($\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$) et un facteur d'échelle (Δ)

Concernant le signe des rotations et dans toutes ses publications, l'IGN utilise la convention de l'IERS¹ qui consiste à amener les axes du système d'arrivée en parallèle à ceux du système de départ. Cette convention est notamment utilisée dans les programmes Circé. Par contre, dans la plupart des systèmes GPS autonomes ou les systèmes d'information géographique (SIG), les signes des rotations doivent être inversés.

L'IGN utilise les symboles R_1, R_2 et R_3 pour les rotations exprimées selon la convention IERS, afin de les différencier des notations $\varepsilon_x, \varepsilon_y$, et ε_z qui sont plus couramment utilisées. La formule de transformation de coordonnées cartésiennes peut alors s'écrire (T étant le vecteur translation et Δ le facteur d'échelle) :

$$X' = T + (1 + \Delta) \cdot X + R \cdot X \quad \text{avec} \quad R = \begin{pmatrix} 0 & -R_3 & R_2 \\ R_3 & 0 & -R_1 \\ -R_2 & R_1 & 0 \end{pmatrix} \quad \text{et on obtient} \quad \begin{aligned} \varepsilon_x &= -R_1 \\ \varepsilon_y &= -R_2 \\ \varepsilon_z &= -R_3 \end{aligned}$$

1.4 Coordonnées géographiques (λ, ϕ, h) ► Coordonnées cartésiennes (X,Y,Z)

$$X = (N+h) \cos \phi \cos \lambda$$

$$Y = (N+h) \cos \phi \sin \lambda$$

$$Z = (N(1-e^2) + h) \sin \phi$$

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$$

$$W = \sqrt{1 - e^2 \sin^2 \phi}$$

$$N = \frac{a}{W}$$

$$\rho = \frac{a(1 - e^2)}{W^3}$$

$$r = N \cos \phi$$

Les paramètres de l'ellipsoïde associé aux coordonnées sont indispensables à ces calculs.

1.4.1 Clarke 1880 IGN (Ellipsoïde associé au système NTF)

demi grand axe (a)	6 378 249,2 m
demi petit axe (b)	6 356 515,0 m

¹ International Earth Rotation and Reference Systems Service (<http://www.iers.org/>)

1.4.2 IAG GRS 80 (Ellipsoïde associé au système RGF93)

demi grand axe (a)	6 378 137,0 m
aplatissement (f)	1 / 298,257 222 101

1.4.3 WGS84

demi grand axe (a)	6 378 137,0 m
aplatissement (f)	1 / 298,257 223 563

Les ellipsoïdes WGS84 et IAG GRS80 ont été définis de la même manière, plus mathématiquement, par le demi grand axe a et l'harmonique zonal du second degré J_2 (pour GRS80) et C_{20} arrêté au 8ème chiffre significatif (pour WGS84). Cette différence explique l'écart de 0.0001 m constaté sur b .

1.4.4 International HAYFORD 1909 (Ellipsoïde associé au système ED50)

demi grand axe (a)	6 378 388,0 m
aplatissement (f)	1 / 297

1.5 Géométrie de l'ellipsoïde

À partir de a et f ci-dessus, il est possible de calculer le demi-petit axe b et l'excentricité e de l'ellipsoïde.

$$b = a(1 - f) \qquad e = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}}$$

1.6 Coordonnées cartésiennes (X,Y,Z) ► Coordonnées géographiques (λ, φ, h)

1.6.1 Formules de conversion

$$f = 1 - \sqrt{1 - e^2}$$

$$R = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$$

$$\lambda = \text{ATAN2}(Y, X)$$

$$\mu = \arctg \left[\frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}} \cdot \left((1 - f) + \left(\frac{e^2 a}{R} \right) \right) \right]$$

$$\varphi = \arctg \left[\frac{Z(1 - f) + e^2 a \sin^3 \mu}{(1 - f) \left[\sqrt{X^2 + Y^2} - e^2 a \cos^3 \mu \right]} \right]$$

$$h = \left[\sqrt{X^2 + Y^2} \cdot \cos \varphi \right] + \left[Z \sin \varphi \right] - \left[a \sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi} \right]$$

Source : Bowring, 1985, The accuracy of geodetic latitude and height equations, *Survey Review*, 28, pp202-206 (modifié pour l'expression de λ)

1.6.2 Remarques sur la fonction ATAN2

En trigonométrie, la fonction atan2 à deux arguments est une variation de la fonction arctangente (*arctan*, aussi notée *arctg* dans ce document). Pour tout arguments réels x et y non nuls, $\text{atan2}(y,x)$ est l'angle (en radians) entre la partie positive de l'axe des x d'un plan et le point de ce plan aux coordonnées (x,y) . Cet angle est positif pour les angles dans le sens trigonométrique (moitié haute du plan, $y > 0$) et négatif dans le sens horaire (moitié basse du plan, $y < 0$).

L'expression d' atan2
en fonction de arctan est :

$$\text{atan2}(y, x) = \begin{cases} \arctan\left(\frac{y}{x}\right) & x > 0 \\ \arctan\left(\frac{y}{x}\right) + \pi & y \geq 0, x < 0 \\ \arctan\left(\frac{y}{x}\right) - \pi & y < 0, x < 0 \\ +\frac{\pi}{2} & y > 0, x = 0 \\ -\frac{\pi}{2} & y < 0, x = 0 \\ \text{undefined} & y = 0, x = 0 \end{cases}$$

Attention : traditionnellement, $\text{atan2}(0,0)$ est non défini.

2 Transformation de coordonnées géographiques

Ces transformations dépendent de formules spécifiques à chaque projection. Elles ne sont pas détaillées ici mais les algorithmes des projections utilisées en France sont disponibles sur le [site de la géodésie de l'IGN](#).

2.1 Transformations standard sur la France métropolitaine

2.1.1 NTF ◀▶ WGS84

A partir des éléments de géodésie spatiale Doppler des années 1970 et 1980, un modèle réduit à 3 paramètres (translation) a été établi entre la NTF et le système WGS84. Aucune rotation ou défaut d'échelle globaux n'ont pu être mis en évidence.

$$\begin{pmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -168 \\ -60 \\ +320 \end{pmatrix}$$

Ces paramètres, valables sur la France, sont officiellement définies par l'IGN dans le document « [RT/G n°14 : Nouveaux systèmes géodésiques utilisables en France \(WGS84, ED87\)](#) ».

La précision de ce modèle à l'époque de sa détermination était estimée à environ 2 m. Les déterminations effectuées lors l'établissement du RBF (environ 1000 points dans les systèmes RGF93 et NTF) confirment les valeurs de translation (à 20 cm près) et la précision annoncée avec des valeurs extrêmes inférieures à 5 m.

Cette transformation, dite « standard » et notée « T0 », a été adoptée dans la quasi-totalité des traitements jusqu'à la mise à disposition de la transformation « par grille de paramètres ».

2.1.2 NTF ◀▶ ED50

$$\begin{pmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -84 \\ +37 \\ +437 \end{pmatrix}$$

La précision de ce modèle à l'époque de sa détermination était estimée à environ 2 m. Il existe plusieurs jeux de paramètres de transformation entre NTF et ED50. Celui-ci donne les valeurs officielles définies par l'IGN *pour la France* dans le document « [RT/G n°7 : Définition des systèmes géodésiques utilisés en France \(NTF, ED50, WGS72\)](#) ».

2.1.3 ED50 ◀▶ WGS84

$$\begin{pmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -84 \\ -97 \\ -117 \end{pmatrix}$$

La précision de ce modèle à l'époque de sa détermination a été estimée à environ 2 m. Cette transformation est issue de la composition des transformations ED50▶WGS72 et WGS72▶WGS84. Ces paramètres de transformation sont officiellement définis par l'IGN dans les documents [RT/G n°14](#) et [RT/G n°7](#).

2.2 Transformations standard sur les Antilles et la Guyane

2.2.1 Martinique : Fort-Desaix ► RRAF (WGS84)

$T_X = 126,926 \text{ m}$	$T_Y = 547,939 \text{ m}$	$T_Z = 130,409 \text{ m}$
$R_X = -2,78670''$	$R_Y = 5,16124''$	$R_Z = -0,85844''$
Facteur d'échelle : $13,82265 \times 10^{-6}$		

2.2.2 Guadeloupe : IGN 1948 (Sainte-Anne) ► RRAF (WGS84)

À partir des éléments de géodésie spatiale des années 1990/1991 (GPS), il a pu être établi pour la Guadeloupe un modèle entre IGN 1948 et le système RRAF (WGS84). C'est un modèle à 7 paramètres qui a été retenu (et surtout largement utilisé).

$T_X = -472,29 \text{ m}$	$T_Y = -5,63 \text{ m}$	$T_Z = -304,12 \text{ m}$
$R_X = 0,4362''$	$R_Y = -0,8374''$	$R_Z = 0,2563''$
Facteur d'échelle : $1,8984 \times 10^{-6}$		

Les valeurs de ces paramètres correspondent à la valeur officielle définie par l'IGN pour la Guadeloupe.

La précision de ce modèle à l'époque de sa détermination est estimée à environ 10 cm.

2.2.3 Guadeloupe : IGN 1949 (Fort-Marigot) ► RRAF (WGS84)

$T_X = 136,596 \text{ m}$	$T_Y = 248,148 \text{ m}$	$T_Z = -429,789 \text{ m}$
---------------------------	---------------------------	----------------------------

N.B : De l'ensemble des points exprimés en système local, pour les îles de Saint-Martin et Saint-Barthélemy, un seul a été retrouvé lors de la campagne du RRAF. Par conséquent, uniquement 3 translations ont pu être déterminées par simple différence des déterminations colocalisées.

2.2.4 Guyane : Transformation CSG 1967 ► RGFG95

À partir des éléments de géodésie spatiale de l'année 1995 (GPS), il a pu être établi pour la Guyane un modèle entre CSG 1967 et le système RGFG95 (WGS84). C'est un modèle réduit à 7 paramètres qui a été retenu.

$T_X = -193,066 \text{ m}$	$T_Y = 236,993 \text{ m}$	$T_Z = 105,447 \text{ m}$
$R_X = 0,4814''$	$R_Y = -0,8074''$	$R_Z = 0,1276''$
Facteur d'échelle : $1,5649 \times 10^{-6}$		

2.3 Ile de la Réunion

L'île de la Réunion présente un cas particulier, dû à la grande différence de positionnement entre les référentiels géodésiques anciens et nouveaux (respectivement [Piton des Neiges](#) et [RGR92](#)). En effet, l'importance d'une des rotations rend difficile l'utilisation classique d'un modèle à 7 paramètres qui suppose que l'on néglige les termes de second ordre. Le problème réside dans le fait que cette transformation n'est pas réversible si on l'utilise un seul et même algorithme dans les deux sens en changeant simplement le signe de chaque paramètre.

2.4 Transformations par grille de paramètres

2.4.1 NTF ◀▶ RGF93

Dans le contexte de l'établissement d'un nouveau système géodésique de référence pour la France métropolitaine (le RGF93), l'IGN a développé un nouveau processus de transformation de coordonnées de manière à faciliter le passage de la NTF au RGF93. Le principe du processus de transformation est l'interpolation dans un semis de points régulièrement répartis, une *grille de paramètres tridimensionnels de translation entre systèmes*.

La grille de paramètres de transformation de coordonnées NTF ◀▶ RGF93 est la grille GR3DF97A au pas régulier de 0.1° en longitude et latitude. Elle est fournie sous forme d'un fichier texte (ASCII).

```
GR3D 002024 024 20370201
GR3D1 -5.5000 10.0000 41.0000 52.0000 .1000 .1000
GR3D2 INTERPOLATION BILINEAIRE
GR3D3 PREC CM 01:5 02:10 03:20 04:50 99>100
-5.500000000 41.000000000 -165.027 -67.100 315.813 99 -0158
-5.500000000 41.100000000 -165.169 -66.948 316.007 99 -0157
-5.500000000 41.200000000 -165.312 -66.796 316.200 99 -0157
```

Entête du fichier

GR3D	002024 : 002(NTF) [vers] 024(RGF93)
(codes IGN)	024 : RGF93
	20370201 : 2 (coordonnées géographiques) – 037 (ellipsoïde IAG GRS 80) – 02 (degrés décimaux) – 01 (méridien international de Greenwich)
GR3D1	longitude minimale – longitude maximale – latitude minimale – latitude maximale – pas en longitude et en latitude en degrés décimaux (<i>ici les deux pas de grilles sont égaux : 0.1°</i>).
GR3D2	mode d'interpolation (<i>ici, bilinéaire</i>)
GR3D3	codes de précision de la transformation

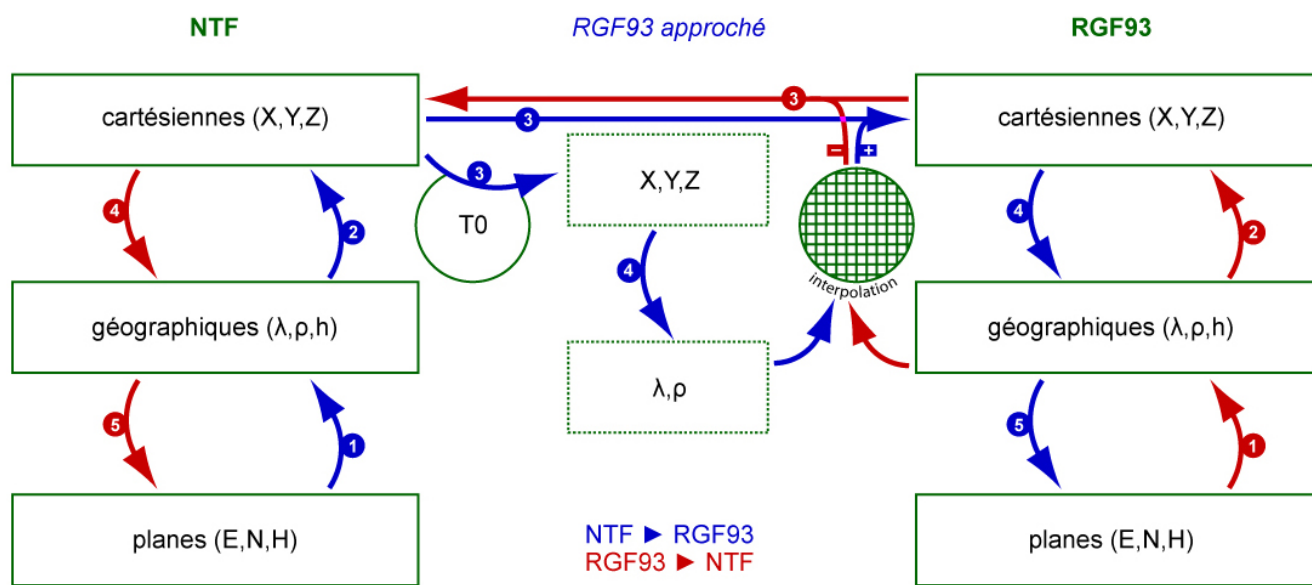
Corps du fichier (1 enregistrement par nœud de la grille)

longitude, latitude	en degrés décimaux
T _x , T _y , T _z	paramètres de transformation de coordonnées cartésiennes (translation) de NTF vers RGF93
code de précision	xx
feuille au 50000e	-xxxx : feuille à l'échelle du 1 / 50000 existante L : feuille fictive en limite de zone d'application de la grille - : feuille fictive hors zone d'application de la grille

La grille de paramètres est exprimée en longitude et latitude dans le système géodésique RGF93 (ellipsoïde IAG GRS80, méridien international, degrés décimaux) et les 3 paramètres de transformation sont donnés en mètres dans le sens NTF ▶ RGF93. Ils correspondent aux coordonnées de l'origine de la NTF exprimées en RGF93.

Le processus de transformation de coordonnées dépend donc du sens de la transformation. L'interpolation est directe à partir des coordonnées géographiques dans le sens RGF93 ► NTF. Dans le sens inverse, elle nécessite un premier calcul approché utilisant les paramètres de la transformation standard (T0).

Schéma du processus de transformation de coordonnées utilisant la grille de paramètres GR3DF97A



3 Algorithmes

3.1 Constantes Lambert France

	Lambert I	Lambert II	Lambert III	Lambert IV	Lambert 93
n	0,7604059656	0,7289686274	0,6959127966	0,6712679322	0,7256077650
C	11603796,98	11745793,39	11947992,52	12136281,99	11754255,426
X_S	600000,000	600000,000	600000,000	234,358	700000,000
Y_S	5657616,674	(*) 6199695,768	6791905,085	7239161,542	12655612,050

(*) Lambert II étendu : Lambert II avec Y_S = 8199695,768 m

λ₀ = 0 grades Paris (soit 2° 20' 14,025" E Greenwich)

e = 0,08248325676

3.2 Lambert zone ► Lambert zone

Attention : cet algorithme ne peut pas être utilisé avec le Lambert 93

... en entrée	... en sortie
n, C, X _S , Y _S : constantes de la projection (avec indices I et F pour « initial » et « final »)	X _F , Y _F : coordonnées Lambert finales
X _I , Y _I : coordonnées Lambert initiales	
$\gamma_F = \frac{n_F}{n_I} \arctan \frac{X_{SI} - X_I}{Y_I - Y_{SI}}$	$\varepsilon = \frac{1}{n_I} \ln \frac{C_I}{\sqrt{(X_I - X_{SI})^2 + (Y_I - Y_{SI})^2}}$
R _F = C _F exp(- n _F ε)	
X_F = X_{SF} + R_F sin γ_F	Y_F = Y_{SF} - R_F cos γ_F

Application numérique : Lambert I ► Lambert 2 étendu

X_I = 750000,00 m

X_{IIétendu} = 750283,12 m

Y_I = 300000,00 m

Y_{IIétendu} = 2600360,77 m

3.3 Lambert ► coordonnées géographiques

... en entrée	... en sortie
n, C, X _S , Y _S : constantes de la projection	λ, φ : longitude, latitude
λ ₀ : longitude du méridien central	
e : excentricité de l'ellipsoïde	
X, Y : coordonnées Lambert	

$$|R| = \sqrt{(X - X_S)^2 + (Y - Y_S)^2}$$

$$\gamma = \arctan \frac{X - X_S}{Y_S - Y}$$

$$\lambda = \lambda_0 + \frac{\gamma}{n}$$

$$\xi = -\frac{1}{n} \ln \left| \frac{R}{C} \right|$$

$$\varphi = \xi^{-1}(\xi, e)$$

NB : $\xi^{-1}(\xi, e)$ représente la latitude isométrique inverse, obtenue à l'aide de l'algorithme [latitude à partir de la latitude isométrique](#).

Application numérique : Lambert I ► Coordonnées NTF

X = 1 029 705,083 m

λ (rad) = 0,145512099 E

Y = 272 723,849 m

φ (rad) = 0,872664626 N

3.4 Coordonnées géographiques ► Lambert

... en entrée

... en sortie

n, C, X_S , Y_S : constantes de la projection

X, Y : coordonnées Lambert

λ_0 : longitude du méridien central

e : excentricité de l'ellipsoïde

λ , φ : longitude, latitude

$$\xi = \frac{1}{2} \ln \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} - \frac{e}{2} \ln \frac{1 + e \sin \varphi}{1 - e \sin \varphi}$$

$$R = C \exp(-n \xi)$$

$$\gamma = n (\lambda - \lambda_0)$$

$$X = X_S + R \sin \gamma$$

$$Y = Y_S - R \cos \gamma$$

Application numérique : Coordonnées NTF ► Lambert 2

λ = 0,4721669 gr E Paris

X = 632 542,058 m

φ = 51,8072313 gr N

Y = 180 804,145 m

3.5 Latitude à partir de la latitude isométrique

... en entrée

... en sortie

ξ : latitude isométrique

φ : latitude

e : excentricité de l'ellipsoïde

$$\varphi_0 = 2 \arctan \left(\exp(\lambda) \right) - \frac{\pi}{2}$$

φ est obtenu par itérations successives

$$\varphi_i = 2 \arctan \left(\left(\frac{1 + e \sin \varphi_{i-1}}{1 - e \sin \varphi_{i-1}} \right)^{(e/2)} \exp(\lambda) \right) - \frac{\pi}{2}$$

Application numérique

$\lambda = 1,005\ 526\ 536\ 48$

φ (rad) = 0,872 664 626 00

$e = 0,081\ 991\ 889\ 98$

Paramètres des projections coniques conformes de Lambert

	Lambert I	Lambert II	Lambert III
Zone d'application (latitude)	de 57,0 gr à 53,5 gr	de 53,5 gr à 50,5 gr	de 50,5 gr à 47,0 gr
Latitude origine	55 gr (49°30')	52 gr (46°48')	49 gr (44°06')
Longitude origine	(*) 0 gr Paris	(*) 0 gr Paris	(*) 0 gr Paris
Parallèles automécoïques	48°35'54,682" 50°23'45,282"	45°53'56,108" 47°41'45,652"	43°11'57,449" 44°59'45,938"
E_0	600 000 m	600 000 m	600 000 m
N_0	200 000 m	200 000 m	200 000 m
Facteur d'échelle	0,999 877 34	0,999 877 42	0,999 877 50
	Lambert IV	Lambert II étendu	Lambert 93
Zone d'application (latitude)	de 47,8 gr à 45,9 gr	de 57,0 gr à 45,9 gr	de 41° à 51°
Latitude origine	46,85 gr (42°09'54")	52 gr (46°48')	46°30'
Longitude origine	(*) 0 gr Paris	(*) 0 gr Paris	3° 00' est Greenwich
Parallèles automécoïques	41°33'37,396" 42°46'03,588"	45°53'56,108" 47°41'45,652"	44° 49°
E_0	234,358 m	600 000 m	700 000 m
N_0	185 861,369 m	2 200 000 m	6 600 000 m
Facteur d'échelle	0,999 944 71	0,999 877 42	0,999 051 03

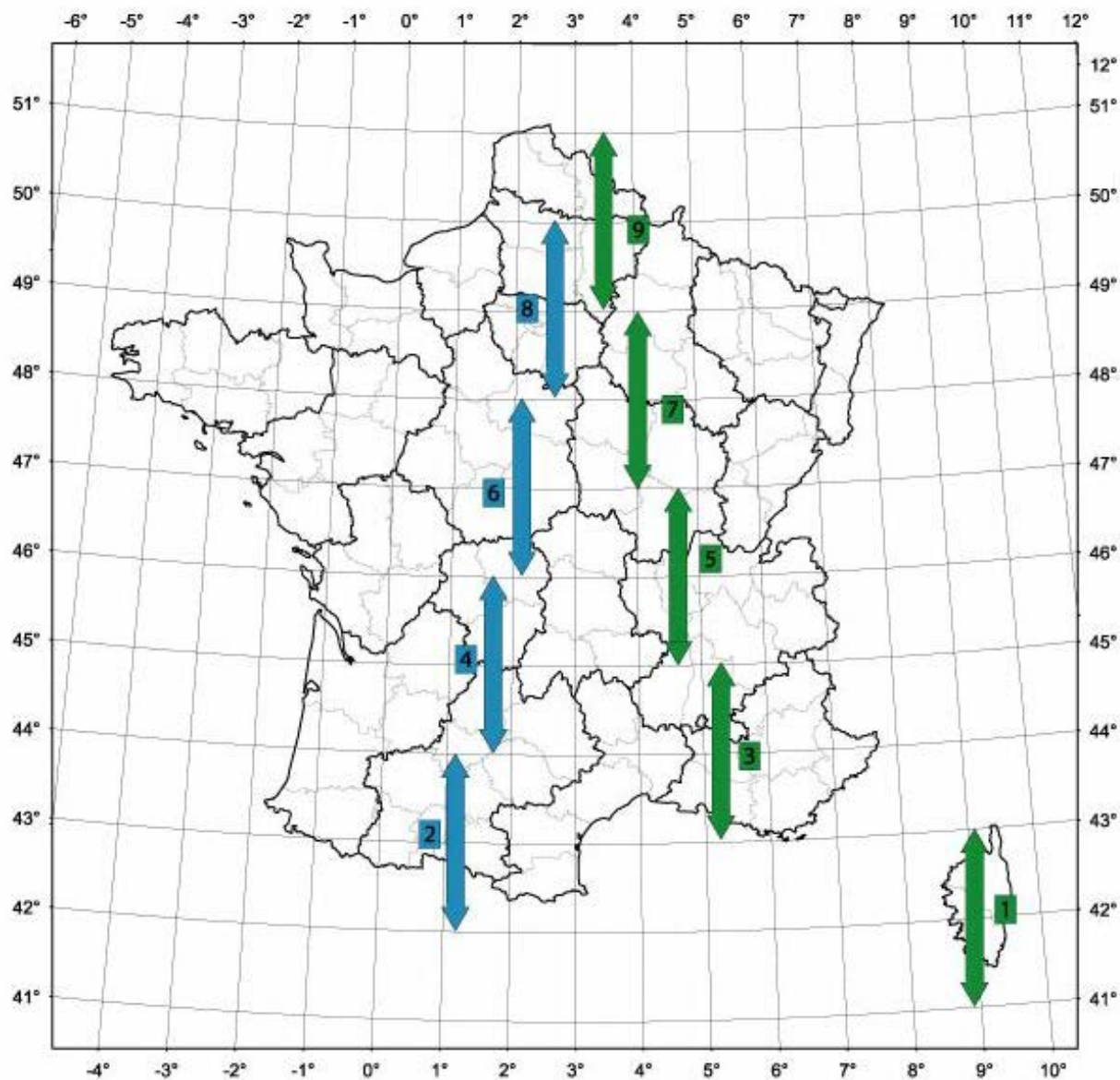
(*) 0 grade Paris = 2° 20' 14,025" Est Greenwich

	Lambert I, II, III, IV, II étendu	Lambert 93
Référentiel géodésique	NTF	RGF93
Ellipsoïde	Clarke 1880 IGN	IAG GRS 80
Demi grand axe (a)	6 378 249,2 m	6 378 137,00 m
Aplatissement (f)	1 / 293,466 021	1/298,257 222 101
Première excentricité (e)	0,082 483 256 76	0,081 819 191 12

Paramètres des projections Coniques Conformes 9 Zones (CC 9 Zones)

Latitude origine : φ_0	(*) $41 + NZ^\circ$
Zone d'application	$\varphi_0 \pm 111 \text{ km}$
Parallèle automécoïque φ_1	$\varphi_0 - 0.75^\circ$
Parallèle automécoïque φ_2	$\varphi_0 + 0.75^\circ$
Longitude origine ou méridien central de la projection : λ_0	3 ° Est Greenwich
E_0	1 700 000 m
N_0	(*) $(NZ * 1\,000\,000) + 200\,000 \text{ m}$

(*) NZ : numéro de la zone (de 1 à 9)



3.6 Coordonnées géographiques RGF93 vers CC 9 Zones

... en entrée	... en sortie
$\varphi_0, \varphi_1, \varphi_2, E_0, N_0$: paramètres de la projection λ_0 : longitude du méridien central a : demi grand axe de l'ellipsoïde e : excentricité de l'ellipsoïde λ, φ : longitude, latitude RGF93	X, Y : coordonnées CC 9 Zones
$L(\varphi, e) = \frac{1}{2} \ln \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} - \frac{e}{2} \ln \frac{1 + e \sin \varphi}{1 - e \sin \varphi}$ $n = \frac{\ln \left(\frac{\frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi_2}} \cdot \cos(\varphi_2)}{\frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi_1}} \cdot \cos(\varphi_1)} \right)}{L(\varphi_1, e) - L(\varphi_2, e)}$ $X_S = E_0$ $R = C \exp(-n L_{\varphi, e})$ $X = X_S + R \sin \gamma$	$C = \frac{\frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi_1}} \cdot \cos(\varphi_1)}{n} \cdot \exp(n \cdot L(\varphi_1, e))$ $Y_S = N_0 + c \cdot \exp(-n \cdot L(\varphi_0, e))$ $\gamma = n (\lambda - \lambda_0)$ $Y = Y_S - R \cos \gamma$

3.7 CC 9 Zones vers coordonnées géographiques RGF93

... en entrée	... en sortie
$\varphi_0, \varphi_1, \varphi_2, E_0, N_0$: paramètres de la projection λ_0 : longitude du méridien central e : excentricité de l'ellipsoïde X, Y : coordonnées CC 9 Zones	λ, φ : longitude, latitude RGF93
$n = \frac{\ln \left(\frac{\frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi_2}} \cdot \cos(\varphi_2)}{\frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi_1}} \cdot \cos(\varphi_1)} \right)}{L(\varphi_1, e) - L(\varphi_2, e)}$ $X_S = X_0$ $ R = \sqrt{(X - X_S)^2 + (Y - Y_S)^2}$ $\xi = -\frac{1}{n} \ln \left \frac{R}{C} \right $ $\lambda = \lambda_0 + \frac{\gamma}{n}$	$C = \frac{\frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi_1}} \cdot \cos(\varphi_1)}{n} \cdot \exp(n \cdot L(\varphi_1, e))$ $Y_S = Y_0 + c \cdot \exp(-n \cdot L(\varphi_0, e))$ $\gamma = \arctan \frac{X - X_S}{Y_S - Y}$ $\varphi = \xi^{-1}(\xi, e)$

NB : $\xi^{-1}(\xi, e)$ représente la latitude isométrique inverse, obtenue à l'aide de l'algorithme [latitude à partir de la latitude isométrique](#).

4 Logiciel de transformation de coordonnées : Circé France

Circé France convertit des coordonnées géographiques ou cartographiques d'un système de coordonnées dans un autre depuis l'émergence du Réseau Géodésique Français, en permettant l'accès au système RGF93 et aux références d'altitudes IGN69 (et IGN78 pour la Corse).

Un système de coordonnées sert à décrire et identifier les coordonnées des différentes publications géodésiques ou cartographiques (fiches signalétiques, cartes topographiques...). Il comprend le référentiel (ou *système géodésique de référence*), le type de coordonnées (cartésiennes X, Y, Z ; géographiques λ, φ, h_e ; planes E, N), les unités et le méridien origine² et la projection cartographique³.

Des transformations multiples

Circé France propose des paramètres standards de transformation (notamment entre WGS84 et NTF) ainsi que des conversions par grille de transformation de coordonnées fournissant les paramètres de translation (T_x, T_y, T_z) entre RGF93 et NTF. La précision des paramètres standards est métrique et celle de la grille est centimétrique.

Circé France réalise la majeure partie des transformations de coordonnées sur la France. Il traite les coordonnées planes telles que Lambert (I, II, III, IV), Lambert-93, Coniques Conformes 9 zones, UTM fuseaux 30, 31 et 32, les coordonnées géographiques et les transformations entre les systèmes ED50, WGS84, NTF et RGF93.

Des altitudes précises

La composante verticale prise en compte peut être une altitude ou une hauteur au-dessus de l'ellipsoïde de référence lié à l'un des systèmes géodésiques concernés par la transformation. L'altitude d'un point de la France métropolitaine est calculée avec les surfaces de conversion issues du modèle de géoïde le plus récent : la Référence des Altitudes Françaises 2009 (RAF09) et la Référence des Altitudes de la Corse 2009 (RAC09).

Précision

La précision obtenue sur les coordonnées transformées peut varier entre le mètre et le millimètre. Une estimation en est fournie par le logiciel, mais l'exactitude est liée à plusieurs facteurs :

- la précision des coordonnées des points dans le système géodésique initial,
- la définition intrinsèque du système,
- la définition relative du système par rapport aux autres, c'est-à-dire le choix des points communs et des processus utilisés lors de l'élaboration des paramètres de transformation.

² pour des coordonnées géographiques

³ pour les coordonnées planes

Selon le type de coordonnées choisi, **Circé France** offre la possibilité de choisir unités métriques, degrés sexagésimaux, degrés et minutes décimales, grades ou encore radians.

Une installation et une utilisation simples

L'installation de **Circé France** nécessite un PC avec 16 Mo de RAM disponibles et 10 Mo de ROM. Il fonctionne avec les systèmes Windows courants.

Circé France fonctionne en mode *manuel* pour des conversions ponctuelles ou en mode *fichier* pour des traitements par lots de points. L'utilisateur spécifie les caractéristiques des coordonnées en entrée (moitié haute de la fenêtre) et en sortie (moitié basse de la fenêtre). Il est en outre possible d'éditer un rapport de l'opération, structuré pour l'impression.

Des versions en mode *commande* et pour Linux sont également disponibles.

Circé France est téléchargeable gratuitement sur geodesie.ign.fr

IGN • Service de Géodésie et Nivellement

Information Géodésique

(+33) 1 43 98 83 17

sgn@ign.fr

[Contact commercial](#)