

**INSTITUT GEOGRAPHIQUE NATIONAL**

**GRILLE DE PARAMETRES DE TRANSFORMATION  
DE COORDONNEES**

**GR3DF97A**

**NOTICE D'UTILISATION**

**Service de Géodésie  
et Nivellement**

**Version 1.0  
avril 1997**

# **GRILLE DE PARAMETRES DE TRANSFORMATION DE COORDONNEES**

**GR3DF97A**

## **NOTICE D'UTILISATION**

Dans le contexte de l'introduction d'un nouveau système géodésique de référence pour la France métropolitaine, le RGF93, l'Institut Géographique National met à la disposition des utilisateurs un ensemble de processus de transformation de coordonnées de manière à faciliter le passage de l'ancien système, la Nouvelle Triangulation de la France (NTF), au nouveau.

Le principe du processus de transformation est l'interpolation, dans un semis de points régulièrement répartis, ou "grille", de paramètres tridimensionnels de translation entre systèmes. Les valeurs de ces paramètres sont tabulées dans un fichier dont l'utilisation est présentée ci-après.

Sont examinés successivement la structure du fichier, l'algorithme d'interpolation bilinéaire 3D, les transformations à mettre en oeuvre et, enfin, une application numérique en exemple.

## GRILLE DE PARAMETRES DE TRANSFORMATION DE COORDONNEES

La grille de paramètres de transformation de coordonnées NTF ↔ RGF93 est fournie sous forme d'un fichier texte (ASCII) selon la configuration suivante :

```

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
      .....
-4.900000000 47.600000000 -170.859 -58.180 322.743 99 -0321
-4.900000000 47.700000000 -170.815 -58.186 322.693 03 L0320
-4.900000000 47.800000000 -170.773 -58.204 322.644 03 L0320
-4.900000000 47.900000000 -170.732 -58.233 322.596 02 0319
-4.900000000 48.000000000 -170.691 -58.275 322.546 02 0319
-4.900000000 48.100000000 -170.647 -58.331 322.494 02 L0318
      .....
 2.400000000 48.700000000 -168.225 -58.701 320.149 01 2315
 2.400000000 48.800000000 -168.252 -58.630 320.170 01 2314
 2.400000000 48.900000000 -168.275 -58.606 320.189 01 2314
      .....
10.000000000 52.000000000 -159.541 -64.778 314.139 99 -4397
    
```

ENTETE : 4 enregistrements :

GR3D : codes IGN : 002024 (002:NTF [vers] 024:RGF93); 024 (RGF93); 20370201 (2:coordonnées géographiques, 037:ellipsoïde GRS80, 02:degrés décimaux, 01:méridien international (Greenwich)).

GR3D1 : longitude min.; longitude max.; latitude min.; latitude max.; pas en longitude; pas en latitude (ici les deux pas de grilles sont égaux : 0.1°).

GR3D2 : mode d'interpolation : INTERPOLATION BILINEAIRE

GR3D3 : codes de précision de la transformation

CORPS : 1 enregistrement par noeud de grille:

longitude, latitude,  $T_X$ ,  $T_Y$ ,  $T_Z$ , code précision, caractère f50, n de feuille 1:50000

Les paramètres  $T_X$ ,  $T_Y$ ,  $T_Z$  sont les trois paramètres de transformation de coordonnées cartésiennes (translation) de NTF vers RGF93.

[nota : caractère f50 : " " : feuille à 1:50000 existante.  
 " L " : feuille fictive en limite de zone d'application de la grille  
 " - " : feuille fictive hors zone d'application de la grille]

L'organisation des enregistrements est séquentielle par colonnes Sud-Nord successives d'Ouest en Est, soit sous forme symbolique :

$$\{_{i=1,m} \lambda_i \{_{j=1,n} \Phi_j T_{Xij}, T_{Yij}, T_{Zij} \} \}$$

avec ici  $m = 156$ ,  $n = 111$  soit 17316 enregistrements (hors entête).

Ainsi, pour le  $i$ ème méridien et le  $j$ ème parallèle, on obtiendra le  $k$ ème enregistrement correspondant avec:

$$k = n(i - 1) + j$$

## Précision

Les codes de précision fournis représentent une évaluation qualitative de l'exactitude de la transformation. Ils sont ici relatifs à des valeurs d'écart-type volontairement arrondies :

01	5 cm
02	10 cm
03	20 cm
04	50 cm
99	> 1 m

Il est recommandé de tenir compte de ces valeurs, en particulier dans les zones limitrophes (frontières, littoral), pour lesquelles l'utilisation de la grille de transformation amène à une forme d'extrapolation. En effet, il n'existe pas de réalisation de la référence NTF en mer ou à l'étranger. A cette fin, le code 99 a été associé à tous les noeuds de grille situés hors de la zone d'application retenue par l'IGN.

L'indication numérique de précision correspond à un écart-type. Par exemple, le rayon du cercle de tolérance à 95% doit être pris 2,45 fois supérieur.

L'établissement de la grille de transformation ayant été effectué à partir d'un échantillonnage limité de points en colocation (1200 environ), l'évaluation de l'exactitude de la transformation peut être grandement améliorée par un retour d'information de la part des utilisateurs.

## INTERPOLATION BILINEAIRE 3D

Soit une maille élémentaire constituée des quatre noeuds notés 1,2,3,4 délimitée par :

- les longitudes  $\lambda_1 (= \lambda_2)$  et  $\lambda_3 (= \lambda_4)$
- les latitudes  $\varphi_1 (= \varphi_3)$  et  $\varphi_2 (= \varphi_4)$

Pour un point M appartenant à cette maille et de longitude  $\lambda_M$  et de latitude  $\varphi_M$ , on obtient le vecteur  $\mathbf{T}_M$  en fonction des vecteurs aux noeuds ( $\mathbf{T}_1, \mathbf{T}_2, \mathbf{T}_3, \mathbf{T}_4$ ) par interpolation bilinéaire :

2				4
		1-y		
		y		
1		x		3

Interpolation bilinéaire

$$\mathbf{T}_M = (1-x)(1-y) \mathbf{T}_1 + (1-x)y \mathbf{T}_2 + x(1-y) \mathbf{T}_3 + xy \mathbf{T}_4$$

$$\text{avec } \mathbf{T}_i = (T_{Xi} \ T_{Yi} \ T_{Zi})^T \quad (i = 1,4)$$

$$\text{avec } x = \frac{\lambda_M - \lambda_1}{\lambda_3 - \lambda_1} \quad y = \frac{\varphi_M - \varphi_1}{\varphi_2 - \varphi_1}$$

Le vecteur des paramètres interpolés  $\mathbf{T}_M$  correspond à la différence des coordonnées cartésiennes du point M relatives à chacun des systèmes (RGF93, NTF):

$$\mathbf{T}_M = \begin{pmatrix} X_{MR} - X_{MN} \\ Y_{MR} - Y_{MN} \\ Z_{MR} - Z_{MN} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (1-x)(1-y) & (1-x)y & x(1-y) & xy \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{T}_1 \\ \mathbf{T}_2 \\ \mathbf{T}_3 \\ \mathbf{T}_4 \end{pmatrix}$$

Les indices R et N représentent respectivement les références RGF93 et NTF.

### Nota important

La grille de paramètres est fournie en longitude, latitude **dans le système géodésique RGF93**, (ellipsoïde GRS80, méridien international, degrés décimaux) et valeurs des 3 paramètres de transformation (en mètres) **dans le sens NTF → RGF93** [les 3 paramètres correspondent aux coordonnées, exprimées dans le système RGF93, de l'origine du système NTF]

En conséquence, le processus de transformation de coordonnées est dépendant du sens de la transformation. L'interpolation est directe à partir des coordonnées géographiques dans le sens RGF93→NTF. Elle nécessite un premier calcul approché dans le sens NTF → RGF93.

## PROCESSUS DE TRANSFORMATION DE COORDONNEES NTF ↔ RGF93

Le processus de transformation de coordonnées utilisant la grille de paramètres correspond au schéma suivant :

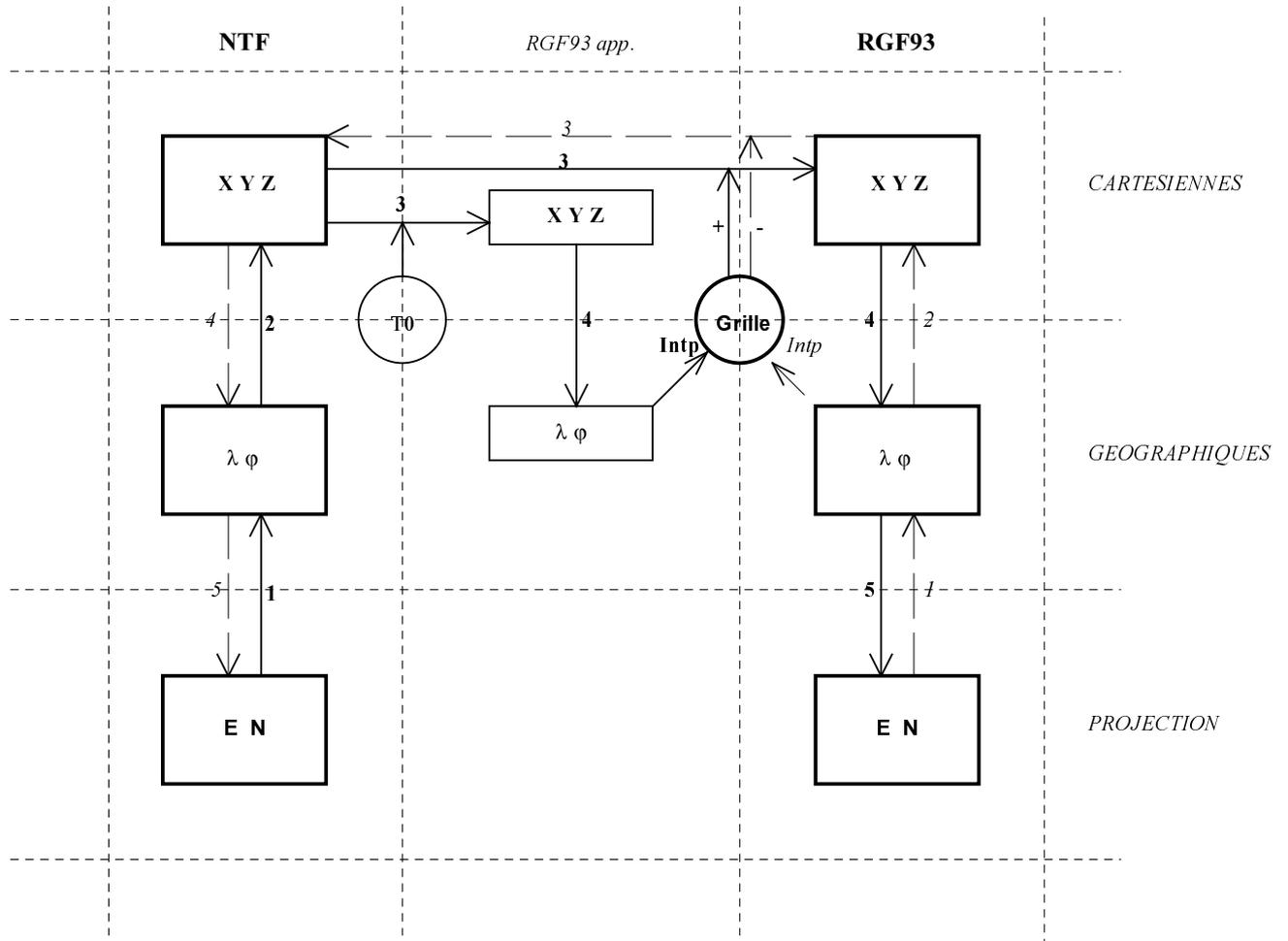


Schéma du processus de transformation de coordonnées NTF ↔ RGF93

Les algorithmes à utiliser sont les suivants [SGN 1995]:

- 1 : ALG0004 : TRANSFORMATION LAMBERT → GEOGRAPHIQUES.
- 2 : ALG0009 : TRANSFORMATION GEOGRAPHIQUES → CARTESIENNES.
- 3 : ALG0013 : CHANGEMENT DE SYSTEME GEODESIQUE.  
("T0" représente les paramètres de la transformation standard)  
("Grille" représente les paramètres issus de l'interpolation)
- 4 : ALG0012 : TRANSFORMATION CARTESIENNES → GEOGRAPHIQUES.
- 5 : ALG0003 : TRANSFORMATION GEOGRAPHIQUES → LAMBERT.
- Intp : INTERPOLATION BILINEAIRE 3D

Nota : le traitement altitude ↔ hauteur ellipsoïdale n'est pas pris en compte

Le processus général de transformation de coordonnées présenté ci-dessus a été établi pour des applications millimétriques (cohérence numérique des allers-retours).

Si dans le sens RGF93 → NTF le cheminement proposé est direct, il apparaît que dans le sens inverse (NTF → RGF93) le traitement soit plus lourd du fait d'un premier calcul en "RGF93 approché" destiné à obtenir les arguments d'interpolation dans la grille.

Le principe théorique serait d'ailleurs de procéder itérativement jusqu'à convergence des longitudes-latitudes "argument" avec les longitudes-latitudes RGF93 effectives du point. Sachant cependant que les écarts relatifs des valeurs des paramètres aux noeuds de grille sont inférieurs à quelques  $10^{-5}$  D, on peut déduire la précision de la localisation pour interpolation :

En prenant  $10^{-4}$  D comme majorant pour les écarts relatifs des transformations aux différents noeuds d'une maille, une précision de 1 mm sur les valeurs interpolées nécessite une connaissance de la position de  $1 \text{ mm} * 10^4$  soit 10 m. L'utilisation de la transformation standard (T0) assure une position RGF93 dont l'écart maximal est de 5 m (cf carte en annexe). La spécification millimétrique est ainsi respectée.

On peut voir de même que, pour un seuil de précision de 1 cm, la position RGF93 doit être connue à mieux que 100m. Or, les écarts de longitudes et latitudes NTF (Clarke 1880 - Greenwich) avec les longitudes et latitudes RGF93 (GRS80 - Greenwich) ont un maximum de 3,5" (en longitude pour 0,3" en latitude) soit environ 70m. Il est donc possible d'utiliser directement les longitudes et latitudes NTF (Greenwich) comme entrée dans l'interpolation de grille, lorsqu'une précision centimétrique est suffisante.

## APPLICATION NUMERIQUE

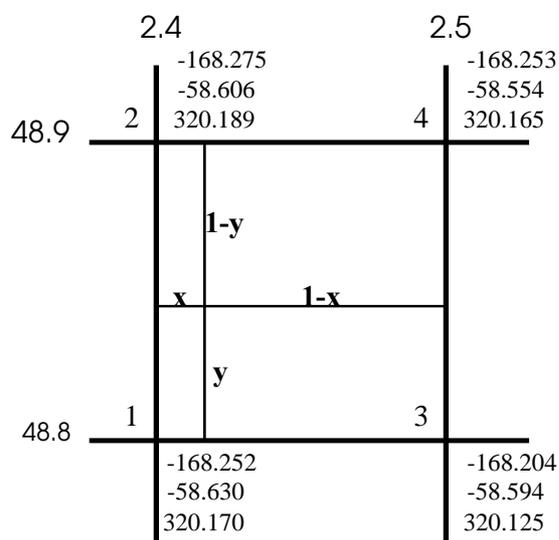
**RGF 93**     $\lambda = 2^\circ 25' 29.89599''$  E     $\varphi = 48^\circ 50' 40.00502''$  N

Extrait de grille (feuille n° 2314)

LONGITUDE	LATITUDE	TX	TY	TZ	KP	NF50
2.200000000	48.800000000	-168.322	-58.768	320.240	01	2314
2.200000000	48.900000000	-168.367	-58.719	320.277	01	2314
.....						
2.300000000	48.800000000	-168.303	-58.694	320.219	01	2314
2.300000000	48.900000000	-168.329	-58.658	320.240	01	2314
.....						

2.400000000	48.800000000	-168.252	-58.630	320.170	01	2314
2.400000000	48.900000000	-168.275	-58.606	320.189	01	2314

2.500000000	48.800000000	-168.204	-58.594	320.125	01	2314
2.500000000	48.900000000	-168.253	-58.554	320.165	01	2314



$$\lambda_{\text{RGF93}} = 2^\circ 25' 29.89599'' = 2.424971108^\circ$$

$$\varphi_{\text{RGF93}} = 48^\circ 50' 40.00502'' = 48.844445839^\circ$$

$$x = 0.24971108$$

$$y = 0.44445839$$

$$\mathbf{T} = (1-x)(1-y) \mathbf{T}_1 + (1-x)y \mathbf{T}_2 + x(1-y) \mathbf{T}_3 + xy \mathbf{T}_4 = \begin{pmatrix} -168.253 \\ -58.609 \\ 320.170 \end{pmatrix}$$

Après transformation à trois paramètres (changés de signe dans le sens RGF93 → NTF), on obtient :

### NTF

$$\lambda_{\text{NTF}} = 2^\circ 25' 32.4187'' \text{ E Greenwich } (= 2.42567186^\circ) = 0.098269665 \text{ gr E Paris}$$

$$\varphi_{\text{NTF}} = 48^\circ 50' 40.2441'' \text{ N } (= 48.84451225^\circ) = 54.271680282 \text{ gr}$$

$$X_{\text{NTF-LBT1}} = 606491.571 \text{ m}$$

$$Y_{\text{NTF-LBT1}} = 127112.233 \text{ m}$$



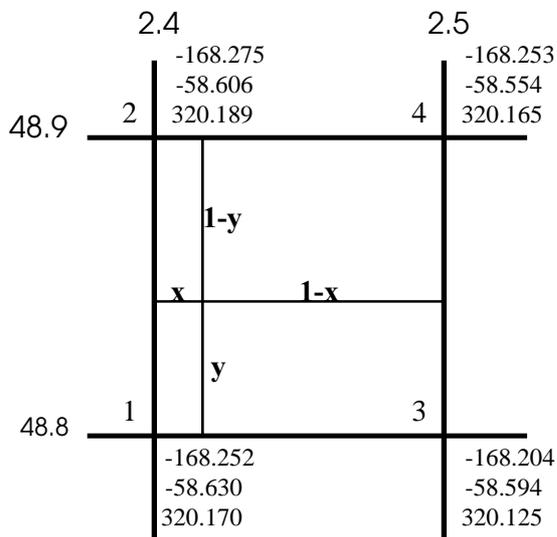
**RETOUR : NTF → RGF93**

<b>NTF</b>	
$X_{\text{NTF-LBT1}} = 606491.571 \text{ m}$	
$Y_{\text{NTF-LBT1}} = 127112.233 \text{ m}$	
$\lambda_{\text{NTF}} = 2^\circ 25' 32.4187'' \text{ E Greenwich } (= 2.42567186^\circ) = 0.098269665 \text{ gr E Paris}$	
$\varphi_{\text{NTF}} = 48^\circ 50' 40.2441'' \text{ N } (= 48.84451225^\circ) = 54.271680282 \text{ gr}$	

Après transformation "standard" ( $T_0 = \begin{pmatrix} -168 \\ -60 \\ 320 \end{pmatrix}$ ), on obtient :

$$\lambda_{\text{RGF93app}} = 2^\circ 25' 29.8273'' = 2.42495203^\circ$$

$$\varphi_{\text{RGF93app}} = 48^\circ 50' 39.9967'' = 48.84444352^\circ$$



$$x = 0.2495203$$

$$y = 0.4444352$$

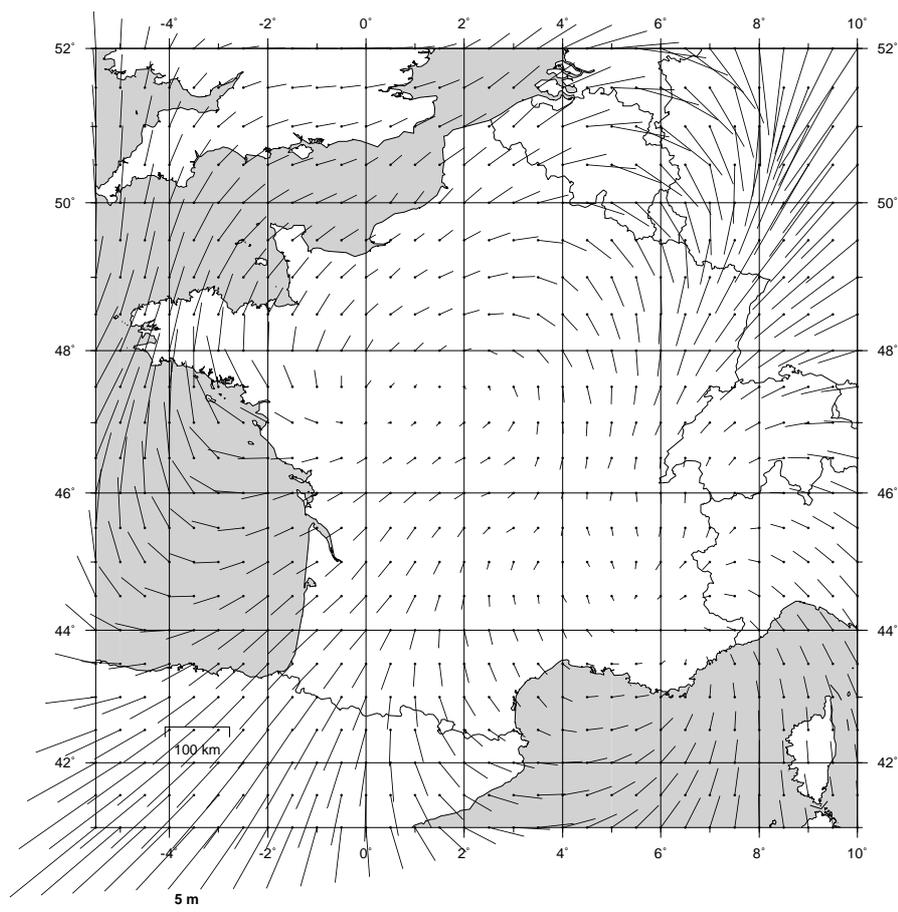
$$T = (1-x)(1-y) T_1 + (1-x)y T_2 + x(1-y) T_3 + xy T_4 = \begin{pmatrix} -168.253 \\ -58.609 \\ 320.170 \end{pmatrix}$$

Après transformation à trois paramètres (de même signe dans le sens NTF → RGF93), on obtient :

<b>RGF 93</b>	$\lambda = 2^\circ 25' 29.8960'' \text{ E}$	$\varphi = 48^\circ 50' 40.0050'' \text{ N}$
---------------	---	--

## Grille GR3DF97A

### NTF --> RGF93 ECARTS A LA TRANSFORMATION STANDARD (GRILLE DE PARAMETRES)



Pour des raisons de clarté, les écarts à la transformation standard de la grille de paramètres ( $0.1^\circ * 0.1^\circ$ ) sont indiqués tous les  $0,5^\circ$ .