



COMMENT

GÉODÉSIE MONDIALE DES NATIONS UNIES CENTRE D'EXCELLENCE

MODERNISATION DU SYSTEME DE REFERENCE
GÉOSPATIALE
ATELIER SUR LE DÉVELOPPEMENT DES CAPACITÉS

**EXEMPLE : Création de paramètres de
transformation**

Nicholas Brown
Directeur du bureau, UN-GGCE

3e jour, 1ère Séance [3_1_2]

Remerciements: John Dawson (AUS) ; Guorong Hu (AUS).

Calcul des paramètres de transformation

Le référentiel des Fidji est le WGS72.

La Commission du Pacifique Sud pour les géosciences appliquées (Pacific Islands Applied Geoscience Commission ou SOPAC) a demandé à Geoscience Australia de calculer les coordonnées du Cadre de référence terrestre international (ITRF) pour 18 sites d'étude situés sur des îles de l'archipel nord des Fidji, à partir de mesures géodésiques continues effectuées par GPS entre le 8 juillet et le 5 août 2008 inclus.

Ces coordonnées constituent le cadre de référence à utiliser pour définir la revendication des Fidji sur le plateau continental étendu en vertu des dispositions de l'article 76 de la convention des Nations unies sur le droit de la mer.



Calcul des paramètres de transformation

Référentiel statique



ITRF2005@2008



Transformation de 7
paramètres

Référentiel statique



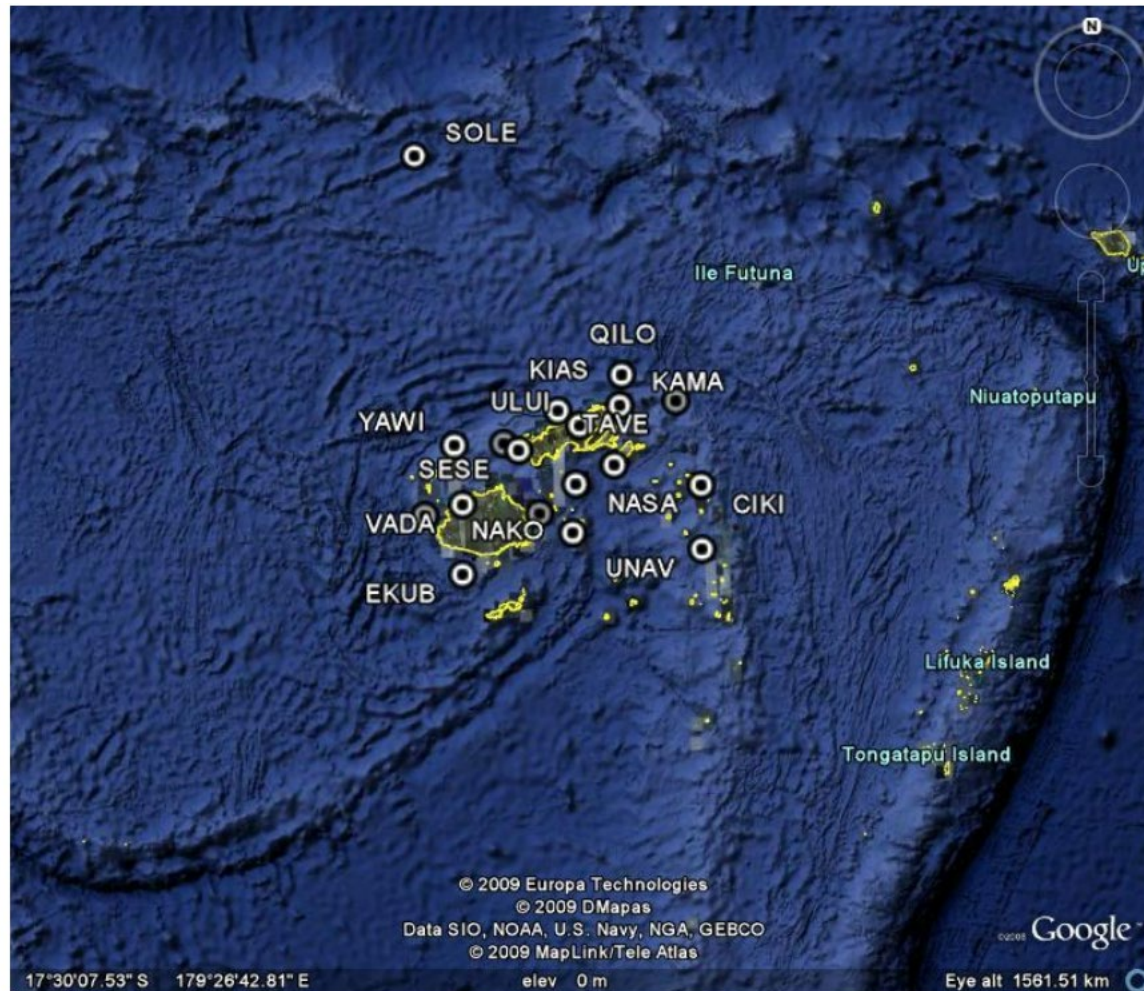
WGS72



PLUS
FORTS.
ENSEMBLE

Calcul des paramètres de transformation

1. Observer le GNSS sur les repères pour lesquels les coordonnées WGS72 sont disponibles.



- 18 stations
- Observations à double fréquence
- 28 jours en continu

Figure 1: The distribution of the stations of the 2008 Northern Fiji Islands GPS campaign.



Dawson et Hu (AUS)

**PLUS
FORTS.
ENSEMBLE**

Calcul des paramètres de transformation

2. Traiter les données GNSS pour calculer les coordonnées ITRF2005@2008

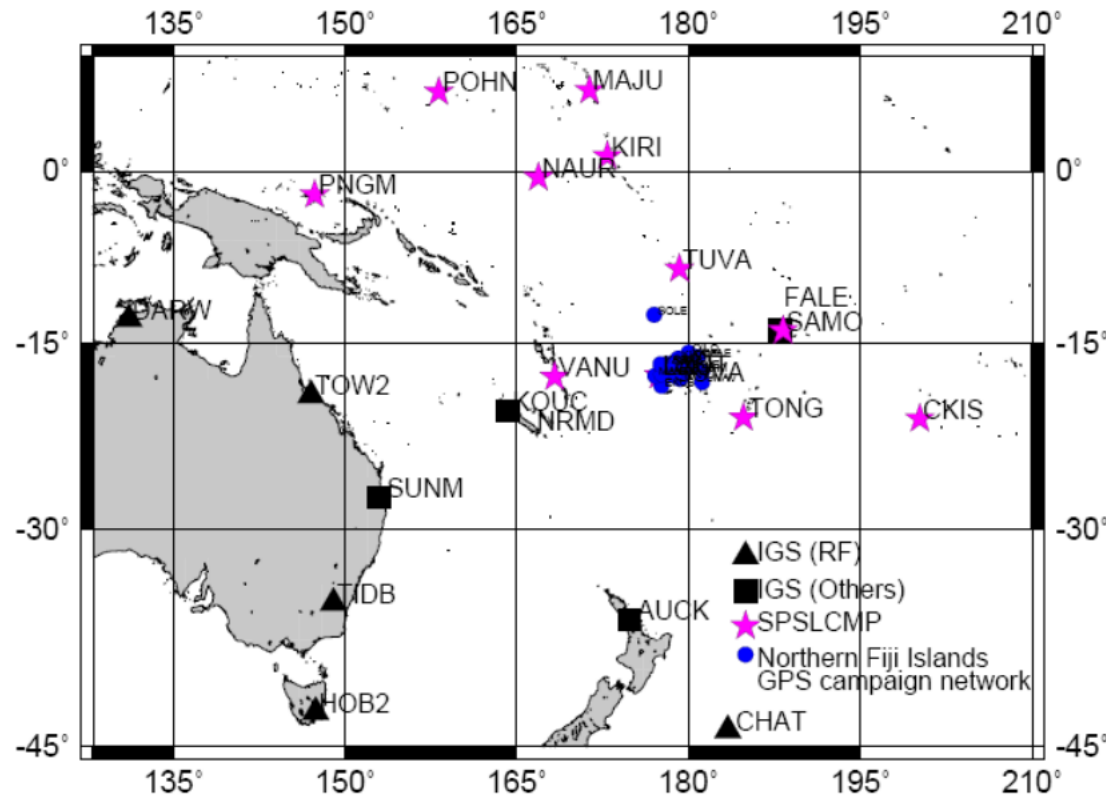


Figure 2: The SPSLCMP/IGS stations included in the GPS data processing.

- Inclusion de 5 stations IGS de la zone environnante dans le traitement (pour aligner / contraindre à l'ITRF)
- Des sites de référence régionaux des îles du Pacifique ont également été inclus pour « faciliter la résolution des ambiguïtés et réduire la longueur des lignes de base entre les stations IGS susmentionnées et les stations de la campagne des Fidji ».

Dawson et Hu (AUS)



PLUS
FORTS.
ENSEMBLE

Calcul des paramètres de transformation

WGS72

SITE	X (m)	Y (m)	Z (m)
CIKI	-6090790.884	-128354.367	-1882866.878
EKUB	-6045005.524	248397.533	-2012568.398
KADV	-6025612.829	211678.930	-2075994.466
KAMA	-6128128.427	-876.912	-1763105.787
KIAS	-6125126.204	96614.615	-1770429.211
MATU	-6026782.025	26320.369	-2081724.597
NAKO	-6069393.337	74317.387	-1952868.080
ODRI	-6023321.140	-167612.926	-2084345.816
ONOI	-5969814.367	-131365.080	-2234500.378
SAIL	-6108964.587	182329.478	-1818369.130
SESE	-6106871.289	158749.826	-1828962.411
SOLE	-6219742.471	324299.487	-1371185.634
TAVE	-6101703.123	8543.670	-1852334.121
UNAV	-6060199.677	-129057.382	-1978129.289
VADA	-6078939.965	247719.845	-1908646.928
VATO	-5999583.742	-183087.633	-2149906.544

ITRF2005@2008

SITE	X (m)	Y (m)	Z (m)
CEVA	-5901432.3013	554458.5449	-2347334.7909
CIKI	-6090792.0436	-128369.4471	-1882863.3918
EKUB	-6045006.4702	248381.1969	-2012567.0641
KADV	-6025613.9456	211663.5349	-2075992.0838
KAMA	-6128129.1449	-891.7874	-1763104.8897
KIAS	-6125127.8089	96598.2963	-1770426.0192
LAUT	-6075194.5732	270923.9137	-1917189.4371
MAJU	-6257572.3044	950332.6831	785215.2375
MANF	-6071340.2395	307355.4745	-1923860.4408
MATU	-6026782.9119	26305.2446	-2081722.4555
NAKO	-6069393.3645	74300.7507	-1952865.8078
NASA	-6092446.1776	69059.2460	-1880371.3209
NAUR	-6212555.1027	1442786.8956	-61006.6725
ODRI	-6023324.3914	-167626.9300	-2084343.2937
ONOI	-5969817.8125	-131380.5993	-2234496.5488
OVAL	-6078392.5714	126360.6143	-1923939.7659
QELE	-6129224.7546	-89303.1288	-1756463.9017
QILO	-6141289.6922	-4172.9920	-1717003.0966
SAIL	-6106871.9025	158732.3759	-1828960.5555
SESE	-6108966.7088	182311.7462	-1818366.9382
SOLE	-6219743.2094	324285.6012	-1371182.6871
SUVA	-6060677.2218	166617.2074	-1973761.3461
TAVE	-6101703.0397	8527.7474	-1852331.7513
TUCO	-5955264.9601	-129584.0062	-2272571.3656
TURA	-5954650.3967	-119772.0561	-2274702.3597
ULUI	-6119100.7845	62728.2252	-1792699.4820
UNAV	-6060202.2155	-129071.4774	-1978127.1784
VADA	-6078942.2205	247703.3363	-1908644.9425
VATO	-5999585.5068	-183103.6074	-2149904.6272
YAWI	-6105774.5980	260113.9199	-1819818.9082



Calcul des paramètres de transformation

$$\begin{bmatrix} X_{ITRF05} \\ Y_{ITRF05} \\ Z_{ITRF05} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_X \\ T_Y \\ T_Z \end{bmatrix} + (1 + S) \times \begin{bmatrix} 1 & R_Z & -R_Y \\ -R_Z & 1 & R_X \\ R_Y & -R_X & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{WGS72} \\ Y_{WGS72} \\ Z_{WGS72} \end{bmatrix}$$

$(X_{ITRF05}, Y_{ITRF05}, Z_{ITRF05})$

are the transformed Cartesian coordinates (m) consistent with the ITRF05@2008.0 coordinates listed in this report.

$(X_{WGS72}, Y_{WGS72}, Z_{WGS72})$

are the Cartesian Fiji WGS72 geodetic datum coordinates (m).

(T_X, T_Y, T_Z)

are the coordinate origin translation parameters (m).

(R_X, R_Y, R_Z)

are the coordinate axis rotations (radians).

S

is the scale change between both coordinate systems.



Calcul des paramètres de transformation

- Il faut au moins 3 points communs, mais plus il y en a, mieux c'est.
- Les paramètres de transformation sont calculés à l'aide d'un processus d'ajustement par les moindres carrés
- **Paramètres de translation (T_x, T_y, T_z) :**
 - Calculer la différence moyenne entre les coordonnées correspondantes du référentiel 1 et du référentiel 2 pour obtenir les valeurs de translation initiales.
- **Facteur d'échelle (s) :**
 - Estimer le changement d'échelle comme le rapport des distances entre les points du référentiel 2 et du référentiel 1.
- **Paramètres de rotation (R_x, R_y, R_z) :**
 - Calculer les angles de rotation qui alignent le mieux le référentiel 1 sur le référentiel 2. Cela implique de résoudre la matrice de rotation R à l'aide d'une forme linéarisée des équations de transformation.



Calcul des paramètres de transformation

Résoudre le système linéarisé

- Établir un système d'équations :
- $\Delta = A \cdot P$
 - Δ : Les différences entre les coordonnées observées et transformées.
 - A : La matrice de conception (basée sur les dérivées partielles des équations de transformation).
 - P : Les paramètres inconnus ($Tx, Ty, Tz, Rx, Ry, Rz, s$).

Affiner les paramètres de manière itérative

- Résoudre P à l'aide d'opérations matricielles (par exemple, $P = (A^T A)^{-1} A^T \Delta$).
- Appliquer les paramètres estimés aux données d'entrée.
- Affiner les estimations jusqu'à ce que les résidus soient minimisés.

Vérifier la transformation

- Utiliser les paramètres calculés pour transformer les coordonnées originales.
- Comparer les coordonnées transformées avec le référentiel cible pour s'assurer de leur exactitude.
- Cela peut être fait dans un logiciel de combinaison GNSS (par exemple CATREF), un logiciel propriétaire ... ou avec l'aide de l'IA.



Calcul des paramètres de transformation

WGS72			ITRF2005@2008		
X	Y	Z	X	Y	Z
-6090790.9	-128354.37	-1882866.9	-6090792	-128369.45	-1882863.4
-6045005.5	248397.533	-2012568.4	-6045006.5	248381.197	-2012567.1
-6025612.8	211678.93	-2075994.5	-6025613.9	211663.535	-2075992.1
-6128128.4	-876.912	-1763105.8	-6128129.1	-891.7874	-1763104.9
-6125126.2	96614.615	-1770429.2	-6125127.8	96598.2963	-1770426
-6026782	26320.369	-2081724.6	-6026782.9	26305.2446	-2081722.5
-6069393.3	74317.387	-1952868.1	-6069393.4	74300.7507	-1952865.8
-6023321.1	-167612.93	-2084345.8	-6023324.4	-167626.93	-2084343.3
-5969814.4	-131365.08	-2234500.4	-5969817.8	-131380.6	-2234496.5
-6108964.6	182329.478	-1818369.1	-6108966.7	182311.746	-1818366.9
-6106871.3	158749.826	-1828962.4	-6106871.9	158732.376	-1828960.6
-6219742.5	324299.487	-1371185.6	-6219743.2	324285.601	-1371182.7
-6101703.1	8543.67	-1852334.1	-6101703	8527.7474	-1852331.8
-6060199.7	-129057.38	-1978129.3	-6060202.2	-129071.48	-1978127.2
-6078940	247719.845	-1908646.9	-6078942.2	247703.336	-1908644.9
-5999583.7	-183087.63	-2149906.5	-5999585.5	-183103.61	-2149904.6



Calcul des paramètres de transformation

Résultats de l'IA

Translations (mètres) :

$$T_x = -6,9344$$

$$T_y = -21,2037$$

$$T_z = -10,4443$$

Facteur d'échelle (sans unité) :

$$S = -1,42 \text{ ppm}$$

Rotations (secondes d'arc) :

$$R_x = -0,1225$$

$$R_y = 0,3425$$

$$R_z = -0,2289$$

Résidus RMSE de ChatGPT

$$X : 0,887 \text{ m}$$

$$Y : 1,038 \text{ m}$$

$$Z : 0,745 \text{ m}$$

Résultats de Dawson et

Hu

Translations (mètres) :

$$T_x = -7,0295$$

$$T_y = -22,1185$$

$$T_z = -10,1505$$

Facteur d'échelle (sans unité) :

$$s = -1,4227 \text{ ppm}$$

Rotations (secondes d'arc) :

$$R_x = -0,1139$$

$$R_y = +0,3325$$

$$R_z = -0,2573$$

Résidus RMSE de Dawson et Hu

$$X : 0,983 \text{ m}$$

$$Y : 0,863 \text{ m}$$

$$Z : 0,808 \text{ m}$$



Code Python

```
importer numpy en tant que np

def compute_transformation_params(datum1, datum2):
    """
    Calculer les paramètres de transformation à 7 paramètres à l'aide de la méthode des moindres carrés.

    Paramètres :
    - datum1 : tableau numpy de forme (n, 3), coordonnées dans le premier référentiel
    - datum2 : tableau numpy de forme (n, 3), coordonnées dans le deuxième référentiel

    Retours :
    - paramètres : dict contenant les facteurs de translation, de rotation et d'échelle
    """
    # S'assurer que les données sont au format tableau numpy
    datum1 = np.array(datum1)
    datum2 = np.array(datum2)

    # Calculer les centroïdes
    centroid1 = np.mean(datum1, axis=0)
    centroid2 = np.mean(datum2, axis=0)

    # Centrer les coordonnées
    centered1 = datum1 - centroid1
    centered2 = datum2 - centroid2

    # Facteur d'échelle (s)
    échelle = np.sqrt(np.sum(centered2**2) / np.sum(centered1**2))

    # Calculer la matrice de rotation à l'aide de la décomposition en valeurs singulières (DVS)
    H = np.dot(centered2.T, centered1)
    U, _, Vt = np.linalg.svd(H)
    rotation_matrix = np.dot(U, Vt)

    # Vecteur de translation (Tx, Ty, Tz)
    translation = centroid2 - échelle * np.dot(rotation_matrix, centroid1)

    # Extraire les angles de rotation (en radians)
    rotation_angles = {
        'Rx': np.arctan2(rotation_matrix[2, 1], rotation_matrix[2, 2]),
        'Ry': np.arctan2(-rotation_matrix[2, 0], np.sqrt(rotation_matrix[2, 1]**2 + rotation_matrix[2, 2]**2)),
        'Rz': np.arctan2(rotation_matrix[1, 0], rotation_matrix[0, 0])
    }
```

```
# Paramètres de retour
return {
    'Translation': translation,
    'Rotation (radians)': rotation_angles,
    'Facteur d'échelle': échelle
}

# Exemple d'utilisation :
# Remplacez `datum1_coords` et `datum2_coords` par vos données réelles
datum1_coords = [
    [-6090790.884, -128354.367, -1882866.878],
    [-6045005.524, 248397.533, -2012568.398],
    # Ajouter d'autres points si nécessaire
]

datum2_coords = [
    [-6090792.0436, -128369.4471, -1882863.3918],
    [-6045006.4702, 248381.1969, -2012567.0641],
    # Ajouter d'autres points si nécessaire
]

# Calcul des paramètres de transformation
params = compute_transformation_params(datum1_coords, datum2_coords)

# Affichage des résultats
imprimer("Paramètres de translation (Tx, Ty, Tz) :", params['Translation'])
imprimer("Angles de rotation (Rx, Ry, Rz) en radians :", params['Rotation (radians)'])
imprimer("Facteur d'échelle :", params['Facteur d'échelle'])
```

- Remplacez les données de remplacement (datum1_coords et datum2_coords) par vos coordonnées réelles à partir des deux référentiels.
- La fonction calcule la translation, la rotation (en radians) et le facteur d'échelle.



Discussion

Que faut-il prendre en compte avant d'utiliser l'IA ?
Comment pouvez-vous valider la méthode ?
À qui pouvez-vous demander de l'aide ?

