

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

DETERMINATION D'UN RESEAU GEODESIQUE AU BIPM
LIAISON AVEC LE SYSTEME DE REFERENCE ITRF

G. Petit

Juin 1994

Pavillon de Breteuil, F-92312 SEVRES Cedex

ABSTRACT

The BIPM has a geodetic network with an internal precision of a few millimeters, which is tied to a terrestrial reference system with an accuracy of a few centimeters. This makes it possible to determine the coordinates of the phase centres of GPS antennas installed at the BIPM with the same accuracy. This report details the methods and formulas to be used to obtain this result.

RESUME

Le BIPM dispose d'un réseau géodésique dont la précision interne est de quelques millimètres, et qui est raccordé à un système de référence terrestre avec une exactitude de quelques centimètres. Ainsi les coordonnées des centres de phase des antennes GPS installées au BIPM peuvent être connues avec cette même exactitude. Le rapport précise les méthodes et formules à employer pour ce faire.

INTRODUCTION

L'Institut Géographique National a réalisé le 1^{er} Mars 1994 l'implantation et l'observation d'un réseau géodésique au BIPM. Les travaux et résultats sont l'objet d'un rapport fourni par l'IGN en trois exemplaires le 18 Avril 1994. Ce rapport est disponible auprès de l'administration du BIPM et à la section du temps. Le présent document permet l'utilisation ultérieure de ces points géodésiques en précisant les systèmes de référence utilisés et les formules de transformation à employer.

DESCRIPTION DU RESEAU

Le réseau géodésique se compose de points dont les coordonnées sont connues dans un système de référence terrestre. L'utilisation principale du réseau est de déterminer les coordonnées de diverses antennes GPS placées sur la plateforme installée au niveau du toit du nouvel observatoire. Cette fonction est assurée par la connaissance des coordonnées des quatre coins de la plateforme (points 11 à 14 du rapport IGN), matérialisés par le centre d'une croix gravée, par rapport auxquels il est aisé de positionner un point proche de la plateforme. Par ailleurs est connue la position actuelle d'un point sur l'antenne du TTR4P (point 10), et celle des centres de phase de cette antenne (points 101 et 102), identifiés d'après les indications du fabricant AOA.

Tous les points précités étant sujets à déplacements possibles, volontaires ou involontaires, la pérennité du réseau est assurée par quatre points dans la cour (points 1 à 4), chacun de ces points étant matérialisé par un repère en bronze scellé dans le sol ou la maçonnerie. Pour tous détails sur la localisation de ces points, consulter le rapport IGN.

LES SYSTEMES DE REFERENCE TERRESTRES

Les coordonnées du point 10 ont été déterminées par la technique du GPS différentiel par rapport à un point de référence (EUREF54) situé à l'IGN à Saint-Mandé. Ce point est connu dans le système de référence ETRF89, correspondant à une campagne GPS européenne (campagne EUREF) effectuée en 1989. Par conséquent tous les points du réseau se trouvent primitivement connus dans le système ETRF89, et on peut les transformer dans l'une des réalisations du système ITRF (IERS Terrestrial Reference Frame) en utilisant la transformation appropriée. On trouvera la liste des coordonnées

ETRF89 des points du réseau dans la table située en fin de ce document, table extraite du rapport IGN.

Le système ITRF fait l'objet d'une réalisation annuelle depuis 1988, dénommée ITRFxx où xx représente les deux derniers chiffres de l'année. Chaque réalisation se compose d'une liste de points, des coordonnées de ces points à la date 1988.0 et du champ de vitesse qui permet de calculer les coordonnées des points à toute date. Ce champ de vitesse correspond généralement à un modèle de mouvement des plaques tectoniques. Chaque réalisation est publiée dans le Rapport Annuel de l'IERS, et généralement détaillée dans une Note Technique de l'IERS. Chaque nouvelle réalisation est accompagnée de formules de transformation qui permettent de calculer les coordonnées des points dans les anciennes réalisations.

Dans cet esprit, le système ETRF89 a été construit pour que les coordonnées ETRF89 des points correspondent aux coordonnées ITRF89 à la date 1989.0. On peut donc passer des coordonnées ETRF89 aux coordonnées dans une réalisation ITRFxx à la date t en suivant la procédure suivante:

a) Assimiler les coordonnées ETRF89 à ITRF89 (date 1989.0), par hypothèse de l'identité des deux systèmes;

b) Transformer les coordonnées de ITRF89 (date 1989.0) en ITRF89 (date 1988.0) avec le champ de vitesse de ITRF89 (Rapport de l'IERS pour 1989). Ce champ est celui du modèle AM0-2 (Minster & Jordan, 1978, J. Geophys. Res. 83, 5331);

c) Transformer les coordonnées de ITRF89 (date 1988.0) en ITRFxx (date 1988.0) avec la formule de transformation adéquate, qu'on trouve dans le rapport de l'IERS pour 19xx si xx > 89, et dans le rapport de 1989 pour passer de ITRF89 à ITRF88;

d) Transformer les coordonnées de ITRFxx (date 1988.0) en ITRFxx (date t) avec le champ de vitesse de ITRFxx (Rapport de l'IERS pour 19xx).

Comme la formule de transformation du c) est valable pour des coordonnées à la date 1988.0, les étapes b) et d) sont indispensables pour transformer les coordonnées à des dates différentes.

Pour les applications temps, on utilise généralement les coordonnées ITRF88 (date 1988.0). On pourrait appliquer la transformation ci-dessus aux coordonnées ETRF89 de nos antennes GPS afin de les transformer en ITRF88 (date 1988.0), toutefois cela ne donne lieu qu'à des changements de coordonnées de l'ordre de 3 cm, qu'il est inutile de prendre en compte dans l'état actuel des choses (autres stations en ITRF88, précision visée de l'ordre de 1 ns). Toutefois, pour une application très précise (utilisation d'éphémérides IGS, précision visée inférieure à 1 ns) à la date t, il faudrait utiliser pour toutes les stations concernées des coordonnées dans la réalisation la plus récente de ITRF, calculées à la date t.

La précision interne du réseau BIPM est de quelques millimètres, et celle du lien avec le point EUREF54 est de 1 cm (voir rapport IGN, page 4). Toutefois l'exactitude des

coordonnées de notre réseau est conditionnée par celle du point de référence EUREF54. Celle-ci n'est pas spécifiée mais elle est estimée être inférieure à 10 cm (communication personnelle du responsable IGN). L'IGN a précisé dans son rapport que le BIPM sera tenu informé de l'évolution des coordonnées du point de référence, pour tenir compte d'une nouvelle détermination de celui-ci dans une future réalisation de ITRF.

De plus l'altitude de tous les points a été déterminée dans le système d'altitudes normales du Réseau Français de Nivellement de Précision (IGN69), par rattachement au repère de nivellement situé sur le Pavillon de Breteuil. L'altitude du socle en béton support de gravimètre en salle 1 a également été déterminée.

CALCUL DES COORDONNEES DE NOUVEAUX POINTS

On peut déterminer par des techniques topométriques simples les différences de coordonnées dans un système topocentrique (e,n,h) entre un point connu et un point nouveau. Les symboles e et n représentent les coordonnées planes vers l'Est et le Nord respectivement, et h l'altitude. Au voisinage immédiat de la plateforme, des mesures soignées avec un mètre à ruban suffisent.

Les formules suivantes permettent d'obtenir les différences de coordonnées géographiques (longitude $d\lambda$, latitude $d\phi$) en secondes de degré, pour l'ellipsoïde GRS80 ou un ellipsoïde proche comme WGS84, et les différences de coordonnées cartésiennes (dx,dy,dz) en mètres, dans un système de référence géocentrique comme ITRFxx, ETRF89 ou WGS84, à partir des différences de coordonnées topocentriques (de,dn,dh) mesurées en mètres. Les formules sont valables à l'intérieur du BIPM avec une précision relative meilleure que 10^{-5} , soit 1 mm pour des distances de l'ordre de 100 m.

$$d\lambda = de/20,3952$$

$$d\phi = dn/30,8913$$

$$dx \equiv -0,7899*d\lambda - 23,2362*d\phi + 0,657807*dh$$

$$dy \equiv 20,3799*d\lambda - 0,9006*d\phi + 0,025497*dh$$

$$dz = 20,3358*d\phi + 0,752755*dh$$

$$dx = -0,038730*de - 0,752192*dn + 0,657807*dh$$

$$dy = 0,999250*de - 0,029154*dn + 0,025497*dh$$

$$dz = 0,658302*dn + 0,752755*dh$$

SEVRES B.I.P.M.

COORDONNEES GEOGRAPHIQUES ET CARTESIENNES

(EUREF (ITRF89 EPOCH 1989.0) ; ELLIPSOIDE GRS80)

POINT PRINCIPAL (ANTENNE ROGUE)				
10	2°13'10"83469 4203642.674	48°49'46"47530 162933.411	120,163 4778194.005	(PLAN REFLECTEUR : AXE ET SOMMET)
101	2°13'10"83479 4203642.685	48°49'46"47530 162933.414	120,180 4778194.017	(CENTRE DE PHASE L1)
102	2°13'10"83479 4203642.702	48°49'46"47530 162933.414	120,206 4778194.037	(CENTRE DE PHASE L2)

POINTS DE CONSERVATION				
1	2°13'12"47673 4203671.113	48°49'44"88292 162968.029	109.120 4778153.310	
2	2°13'11"72438 4203612.154	48°49'47"43633 162950.387	108.782 4778204.981	
3	2°13'12"00919 4203595.668	48°49'48"12095 162955.561	108.245 4778218.498	
4	2°13'10"88366 4203576.862	48°49'48"96339 162931.860	108.062 4778235.492	

PLATE - FORME				
11	2°13'10"88210 4203646.698	48°49'46"29475 162934.535	119.960 4778190.180	
12	2°13'10"96395 4203646.434	48°49'46"30416 162936.195	119.988 4778190.393	
13	2°13'10"88654 4203639.991	48°49'46"58416 162934.366	119.992 4778196.090	
14	2°13'10"80481 4203640.259	48°49'46"57453 162932.708	119.961 4778195.870	

