



Paris, le 31 décembre 2017

A la demande du comité directeur du Groupe de Recherche de Géodésie Spatiale (GRGS), créé en 1971 pour fédérer les organismes français impliqués dans ce domaine, le Bureau des longitudes, un de ses membres fondateurs, a rédigé la présente note de cadrage destinée à accompagner deux projets proposés par le GRGS, en l'occurrence la création d'un nouvel observatoire géodésique à Tahiti et le développement d'une station automatique de télémétrie laser sur satellite.

En premier lieu, le Bureau souhaite rappeler son intérêt marqué dès son origine dans le domaine de la géodésie, illustrant ce fait par quelques exemples :

- Création au sein du Bureau d'une commission de haute-géodésie dès 1863 ;
- Participation au consortium français sélectionné pour assurer le bureau central du Service international de rotation terrestre (IERS) créé en 1988 ;
- Publication d'un livre blanc sur la géodésie en 2001 ;
- Publication en 2003, en coopération avec l'Académie de l'air et de l'espace, et l'Académie de marine d'un ouvrage sur les enjeux stratégiques, scientifiques et techniques du programme européen Galileo ;
- Publication en 2009, de l'ouvrage « Les observatoires. Observer la Terre » qui traite en particulier de la géodésie spatiale ;
- Publication récente (2016) d'un ouvrage sur les références de temps et d'espace, décrivant les aspects historiques et modernes de la contribution fondamentale de la géodésie dans ces sujets.

Dans ces circonstances, le Bureau a été amené à exprimer un certain nombre de recommandations, dont plusieurs figurent déjà dans les publications mentionnées, portant sur les infrastructures géodésiques qui contribuent au positionnement précis, désormais essentiellement composées de techniques spatiales, ce qui se segmente en deux composantes principales :

- La réalisation d'un système de référence terrestre global via un repère de référence aussi précis et aussi exact que possible. Ce problème fondamentalement métrologique est réalisé par un repère primaire (ITRF) produit depuis sa création (1988) par une équipe française de l'IGN dans le cadre de l'IERS (déjà mentionné). Actuellement ce repère est de qualité millimétrique, obtenu par combinaison de quatre techniques spatiales :
 - a. La télémétrie laser sur satellite (SLR) ;
 - b. La radio-interférométrie à très longue base (VLBI) ;

- c. Les systèmes de navigation par satellites (GNSS), tels que le système américain GPS, le système russe GLONASS, le système chinois Beidou et le système européen Galileo (déjà mentionné) ;
- d. Le système français DORIS développé par le CNES avec le concours de l'IGN.
- Les méthodes de positionnement précis désormais essentiellement appuyées sur l'utilisation des systèmes GNSS tels que GPS ou Galileo.

Ces activités restent méconnues en dehors de la communauté des spécialistes alors qu'elles ont un impact majeur pour de multiples usages. Afin de mieux apprécier leur importance scientifique, technologique et sociétale, nous souhaitons mentionner quelques exemples :

- La surveillance du niveau des mers au niveau global, régional ou local, indicateur clé de la climatologie ;
- La surveillance de divers types de risques naturels (séismes, volcans, tsunamis...) ;
- La géolocalisation et ses usages en information géographique ;
- La navigation terrestre, maritime ou aérienne.

Cette note se concentre sur les infrastructures nécessaires pour la réalisation du repère primaire, elles-mêmes se répartissant entre les composantes suivantes :

- Réseaux de stations de mesure au sol ;
- Missions satellitaires ;
- Centres de données ;
- Centres d'analyse.

Une analyse critique de la situation actuelle met en évidence un certain nombre de points qui font l'objet des recommandations suivantes :

1. La réalisation de ces infrastructures est assurée par les contributions volontaires de laboratoires de recherche et d'organismes de divers pays, et appartenant de fait à trois grandes communautés : scientifique (géosciences et astronomie), spatiale et information géographique. Il existe de multiples organisations internationales qui assurent des cadres coopératifs partiels (UGGI, UAI, CEOS, COSPAR, GGIM...). Il reste en revanche à établir une gouvernance unique qui coordonnerait (ou remplacerait dans certains cas) l'ensemble de ces initiatives, et devrait être de type intergouvernemental afin de donner une garantie durable aux ressources, de favoriser les synergies, d'éviter les duplications et d'identifier des faiblesses et de les corriger.
2. L'origine du repère international est actuellement quasi-exclusivement déterminée par la technique SLR, dans laquelle la France s'est impliquée dès son apparition. Il est donc crucial d'en assurer la meilleure qualité. Or le réseau de stations actuel présente un déséquilibre par manque de stations dans l'hémisphère sud. La disponibilité de stations automatiques serait décisive pour améliorer cette situation. En parallèle, toute amélioration des contributions des techniques DORIS, voire GNSS serait bienvenue, notamment sur l'estimation de l'exactitude de l'origine du repère.
3. Les techniques GNSS jouent un rôle crucial par leur précision et pour l'accès au géo-positionnement. La participation française à Galileo est sur ce point à saluer, tout

comme le projet REGINA du CNES en coopération avec l'IGN. Enfin, si actuellement GNSS via GPS ne contribue pas à l'échelle du repère terrestre par manque d'exactitude, l'utilisation de Galileo, mieux étalonné, pourrait changer cette situation. Dans ce cas l'utilisation de tirs SLR sur les satellites Galileo serait appréciable.

4. Par ailleurs, il faut souligner l'importance prise par DORIS et à cette occasion remercier le CNES pour cette contribution originale, et souhaiter sa pérennité, ainsi que tout effort pour l'amélioration des performances, en vue notamment de la contribution à la détermination de l'origine et l'échelle du repère terrestre.
5. En revanche, il s'avère que, pour de multiples raisons, la France ne dispose pas en propre de la technologie VLBI à usage astro-géodésique, alors qu'elle l'a développé dans le domaine millimétrique. Le partenariat en discussion entre le CNES et la NASA est alors crucial dans ces circonstances.
6. De plus, il faut rappeler l'atout stratégique et politique que constitue l'ensemble des territoires français dans le monde. C'est désormais bien affirmé sur le plan de leur empreinte océanique, et c'est l'occasion ici de le faire sur le plan géographique et géodésique. A ce sujet, le déploiement du réseau DORIS l'a déjà bien illustré.
7. Par ailleurs, la combinaison de ces techniques pour réaliser l'ITRF nécessite un ensemble bien réparti de stations dites de colocation qui rassemblent en un même lieu tout ou partie des instruments SLR, VLBI, GNSS ou DORIS. Les liens géométriques entre eux doivent être mesurés régulièrement par métrologie géodésique, technique bien maîtrisée par l'IGN.
8. Enfin, les contributions d'équipes françaises dans le domaine de l'analyse des données et les recherches associées, déjà significatives, doivent être soutenues et coordonnées.

En conclusion, le Bureau des longitudes est à la disposition de la communauté nationale pour toute suite à donner l'impliquant. Il émet en particulier les avis suivants :

1. La proposition GRGS de station automatique SLR répond très exactement à deux des recommandations émises, à savoir la possibilité d'établissement de nouvelles stations, notamment dans l'hémisphère sud, et la calibration de Galileo. Elle soulève à ce stade les questions suivantes :
 - a. Une stratégie industrielle dans ce domaine, possibilités d'exportation ou de partenariat en Europe ;
 - b. Utilisation stratégique des territoires d'outremer.
2. La proposition d'Observatoire géodésique à Tahiti répond également parfaitement aux besoins de développement des sites de colocation et d'utilisation des investissements des diverses techniques : station SLR automatique, accord CNES-NASA pour le VLBI, station GNSS REGINA et station DORIS. Elle illustre également l'usage de territoire français dans l'hémisphère sud. De plus, elle correspond à la réalisation d'un Observatoire géodésique fondamental, qui offre une capacité d'hébergement d'autres instruments, tels que des gravimètres à atomes froids, ou des horloges atomiques, techniques d'excellence d'équipes françaises, voire d'autres instruments géophysiques. Le Bureau note à ce sujet les développements

prometteurs de la géodésie chronométrique relativiste. Enfin, cet observatoire pourrait faire l'objet d'un appel à la coopération internationale.

3. Enfin, le cadre nécessaire d'une gouvernance inter-gouvernementale doit être étudié plus en détail, en identifiant notamment le rôle que la France pourrait y jouer. A cet effet, le Bureau suggère la création d'un groupe de travail interministériel sur les infrastructures géodésiques qui rassemblerait des représentants des départements ministériels concernés (recherche, écologie, affaires étrangères, outre-mers, défense...) et d'organismes français tels que CNES, IGN, INSU-CNRS, OCA. Outre la question de gouvernance, il coordonnerait la contribution française aux infrastructures géodésiques. Il reste à définir le processus de formation d'un tel groupe, auquel le Bureau est prêt à contribuer.