

LA GRADIOMETRIE SPATIALE :

Un Challenge technologique d'aujourd'hui

Pierre Touboul

Dès les débuts de la géodésie spatiale avec l'observation du mouvement des satellites artificiels autour de la Terre, des missions de gradiométrie ont été étudiées et proposées, en particulier dans le cadre du programme APPOLO d'exploration lunaire.

Un gradiomètre de gravité permet, embarqué à bord d'un satellite en orbite basse et polaire (ou quasi), la mesure de certaines composantes du tenseur dérivé seconde du potentiel de la planète étudié. L'intérêt de telle mission, autour de la Terre ou d'autre planète, réside dans la précision et l'homogénéité des mesures obtenues, la couverture totale du corps, la résolution géographique et la possibilité de caractériser l'évolution temporelle du champ. Une telle mission n'exige également qu'un seul satellite avec un instrument autonome sans obligation de continuité de vision avec les stations sol.

Cependant, pour obtenir les performances exigées par les communautés scientifiques intéressées en géodésie, géophysique, océanographie, climatologie... de réelles prouesses techniques sont nécessaires pour la conception et la réalisation de l'instrument ainsi que pour son intégration à bord d'un satellite très spécifique.

Pour atteindre la résolution de quelques milli-Eötvös ($1E = 10^{-9} s^{-2}$), objectif de la mission GOCE actuellement en développement au sein de l'Agence Spatiale Européenne compatible avec la détermination du géoïde avec une précision centimétrique, il est indispensable de considérer :

- un satellite rigide, de section efficace faible et dont la traînée est compensée au moyen de propulseurs électriques ; ce satellite est en orbite à basse altitude (250 km, 96.5°) avec un contrôle d'attitude très performant pour réduire toute accélération et vitesse angulaire parasites,
- un gradiomètre constitué de 6 capteurs de champ, d'une structure rigide, précise et stable et d'une enceinte thermique indispensable pour limiter toute fluctuation thermique susceptible de perturber les capteurs,
- de six accéléromètres ultrasensibles capables de présenter une résolution meilleure que le dixième de pico-g avec une susceptibilité aux conditions d'environnement thermique, magnétique, électrique, vibratoire, compatible avec cette résolution,
- d'un étalonnage en orbite du gradiomètre afin de déterminer sa sensibilité au mouvement d'attitude du satellite et à la traînée résiduelle.

La mission CHAMP, en coopération DLR/CNES, exploite depuis juillet 2000, les données d'un récepteur GPS et d'un accéléromètre électrostatique STAR pour déterminer les faibles variations de trajectoire du satellite dépendant des anomalies de gravité. Au-delà des résultats géodésiques de la mission, celle-ci permet de montrer l'intérêt et la difficulté d'exploiter les mesures fournies par un accéléromètre à bord d'un tel satellite : vibrations des structures, effet magneto ou thermo-élastique, stabilité thermique de l'environnement... La mission GRACE avec deux satellites, lancés en mars 2002 sur la même orbite à 480 km d'altitude (inclinaison 89°) réalise la mesure des variations de vitesse relative des deux satellites à l'aide d'un lien micro-onde : ces mesures sont interprétées avec l'aide des sorties des deux accéléromètres SuperSTAR, embarqués dans chacun des satellites pour la mesure des forces de surface

(traînée atmosphérique, pressions de radiation) et présentant une résolution meilleure que 10 pico-g.

Ces développements et résultats obtenus en orbite, associés à d'autres particuliers de laboratoire confortent le concept, la technologie et l'approche pour l'étalonnage de l'instrument proposés pour la mission GOCE.

Ce cours présentera la définition du gradiomètre GOCE et montrera par des exemples choisis comment cette définition est le résultat de compromis entre savoir-faire technique et exigence de la mission de gradiométrie. En conclusion, seront évoqués brièvement les perspectives postérieures à la mission GOCE.