Le rôle des stations mobiles de télémétrie Laser en géodésie spatiale

Par Loth Bounatiro
Centre de recherche en Astronomie, Astrophysique et Géophysique
(C.R.A.A.G.), Observatoire d'Alger, Bouzareah, BP: 63, 16340, Alger,
Algérie.

ملخص:

إن التقنية الفضائية الخاصة بقياس المسافات عن طريق محطة متنقلة لإرسال أشعة الليزر علي الأقمار الاصطناعية (صورة: 01، 02) ترتكز علي القياس الدقيق لزمن ذهاب وإياب دبدبة الليزر من المحطة الأرضية إلي القمر الاصطناعي الجيودزيائي. هذه المعلومة الثمينة عندما تحلل ، تسمح لنا بتطوير معلوماتنا في عدة ميادين منها جيوديناميكية الأرض ، جديبية الأرض، حركة الأقمار الاصطناعية، مكانيك الأجرام ...إلخ، ذات الصلة المباشرة بتنمية الأمم.

Résumé :

La technique de télémétrie laser sur satellites est basée sur la mesure ultra précise du temps aller retour d'une impulsion laser de la terre à un satellite artificiel (Fig. : 01 et 02). Cette information, une fois traitée, permet d'améliorer nos connaissances dans plusieurs domaines tels que la géodynamique, la gravimétrie, l'orbitographie, mécanique céleste … , etc, en relation directe avec le développement des nations.
***Mots clés**: Géodésie spatiale – Géodynamique – gravimétrie – Mécanique Céleste.*

Abstract :

The technique of laser telemetry on satellites is based on an ultra precise measure of the time spent by a laser impulse from our planet to a given artificial satellite and the return back of that impulse (fig.: 01 and 02). The process of such an information, allows us to improve our knowledge in several fields such as geodynamics, gravimetry, orbitography, celestial mechanics …etc, which topic areas are in a direct relationship with the development of the nations.
***Key words** : Géodésie spatiale – Géodynamique – gravimétrie – Mécanique Céleste.*

Introduction

L'atout majeur de la télémétrie laser est son exactitude. Dans un réseau mondial qui comporte environ 40 stations opérationnelles, plus de la moitié atteignent une exactitude de l'ordre de un (01) centimètre. Comme on le sait, à ce stade les sources d'inexactitude entrant dans le bilan global sont nombreuses, exemples : la longueur d'impulsion, le photo-multiplicateur, l'horodateur, les horloges, la référence de calibration au sol, la troposphère. Tout progrès dans l'exactitude avec laquelle on peut espérer connaître au mieux la trajectoire du satellite. Cette exactitude est limitée pour une part, du fait de la difficulté extrême qui existe à modéliser toutes les forces agissant sur un satellite. On estimait, il y a quelques années, que pour un satellite comme Lageos qui sert de référence, que l'exactitude se situait entre 5 et 10cm dans les cas favorables (bonne couverture d'observations). Ensuite on est arrivé à descendre en dessous de 5cm, mais il est clair que cela a représenté du temps et de l'effort. En conclusion, la qualité de la mesure est actuellement en avance sur la qualité de la modélisation, cela ne veut pas dire du tout qu'il faille ne pas chercher à faire progresser la mesure, tout au contraire certainement, mais cela peut fixer certaines urgences ou priorités. Pour mieux les saisir, il faut rappeler les objectifs scientifiques poursuivis grâce à la télémétrie laser sur satellites. D'autre part, Il faut aussi analyser plus en profondeur les raisons de la limitation en précision du calcul de la trajectoire.

2. Objectifs scientifiques poursuivis en télémétrie laser sur satellite :

Les objectifs scientifiques sont de deux sortes. Il y a, d'une part, les objectifs liés au déplacement des points sur la croûte terrestre (mouvement et déformation des plaques tectoniques fig. : 06) et ceux liés à l'étude de la rotation de la Terre (La variation des coordonnées x et y du pôle instantané de rotation par rapport à un pôle géographique fixe et la variation de la vitesse de rotation de la terre traduite par la mesure de UT1, temps universel, (fig. : 03 et 04). Comme on le sait, la télémétrie laser sur satellite a atteint un degré de précision remarquable, tout à fait compétitif avec les autres techniques comme le V.L.B.I. Il faut désormais exploiter la télémétrie laser sur satellite en tant qu'outil et beaucoup de résultats sont à attendre grâce au saut accompli dans la précision. Bien entendu, l'amélioration de cette précision, est toujours à rechercher avec persévérance.

Il y a, d'autre part, les objectifs liés à l'amélioration de la connaissance des champs de force. Les intérêts sont multiples, il y a d'abord, la possibilité de mieux satisfaire les premiers objectifs sur le positionnement ; il y a aussi la possibilité d'améliorer la connaissance des premiers harmoniques du potentiel terrestre qui donne accès au géoïde ultra précis (fig. : 05), dont à besoin l'altimétrie des océans pour les grandes longueurs d'onde spatiales expérience ERS1 TOPEX/ POSEIDON.

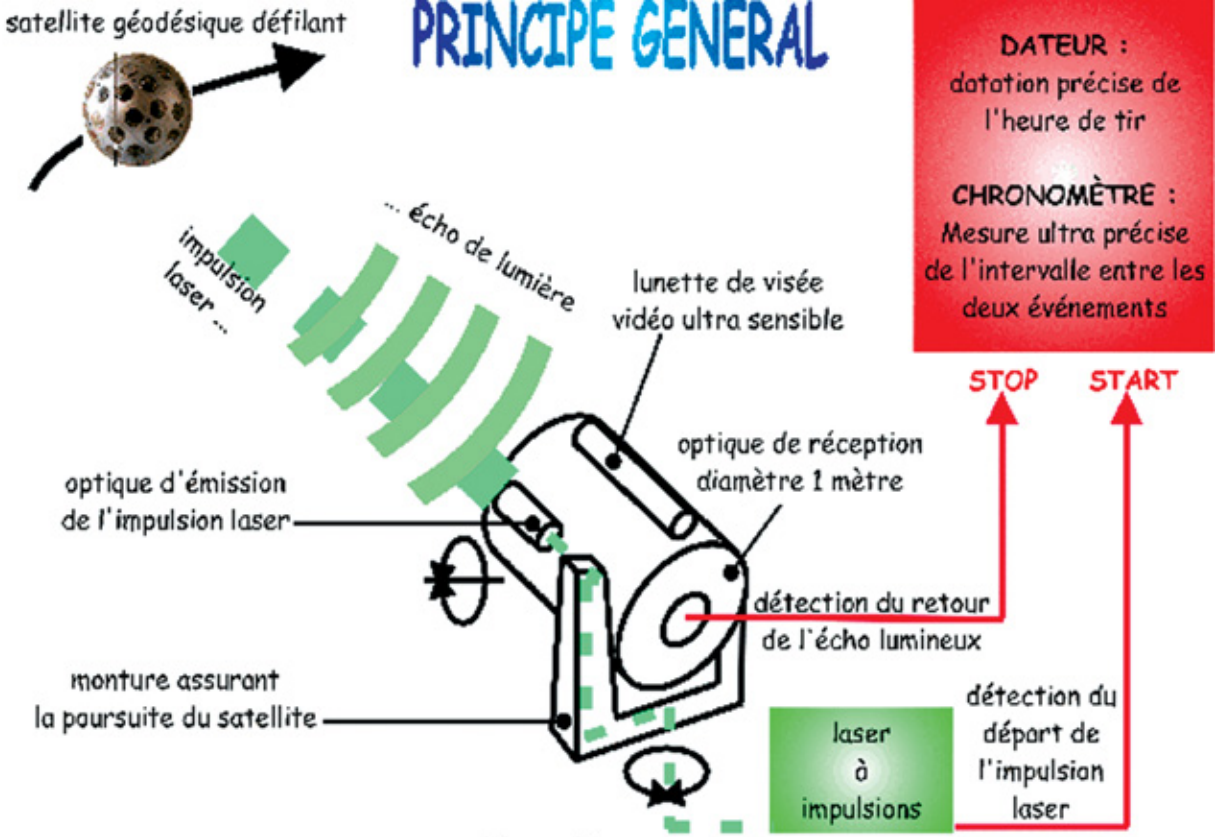
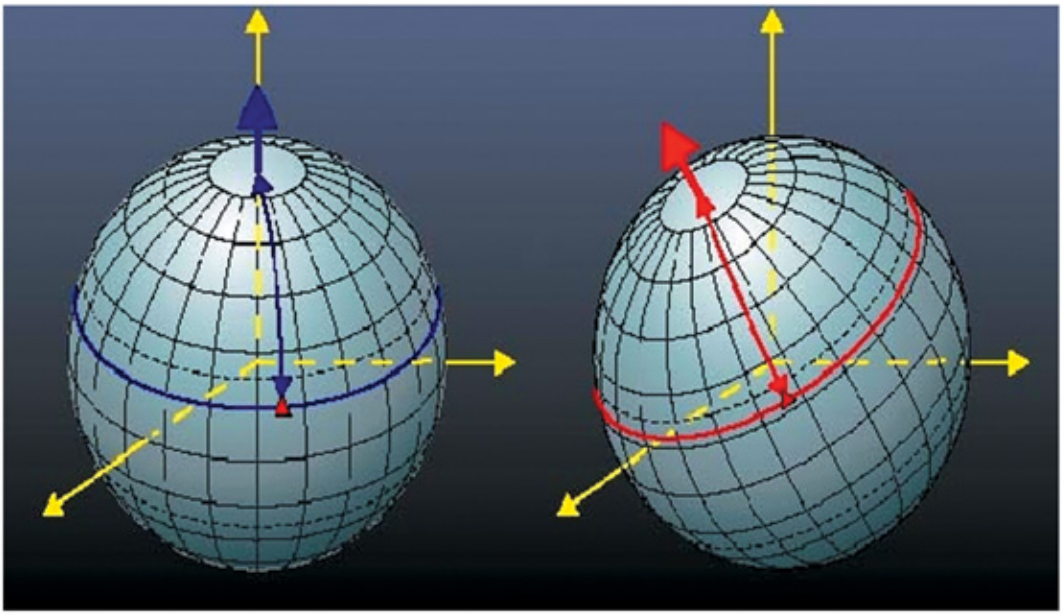


Figure 01.



Figure 02 : *Une station mobile de télémétrie laser-satellite.*



Figue 03 : surveillance des paramètres de rotation de la terre (x, y, UT1).

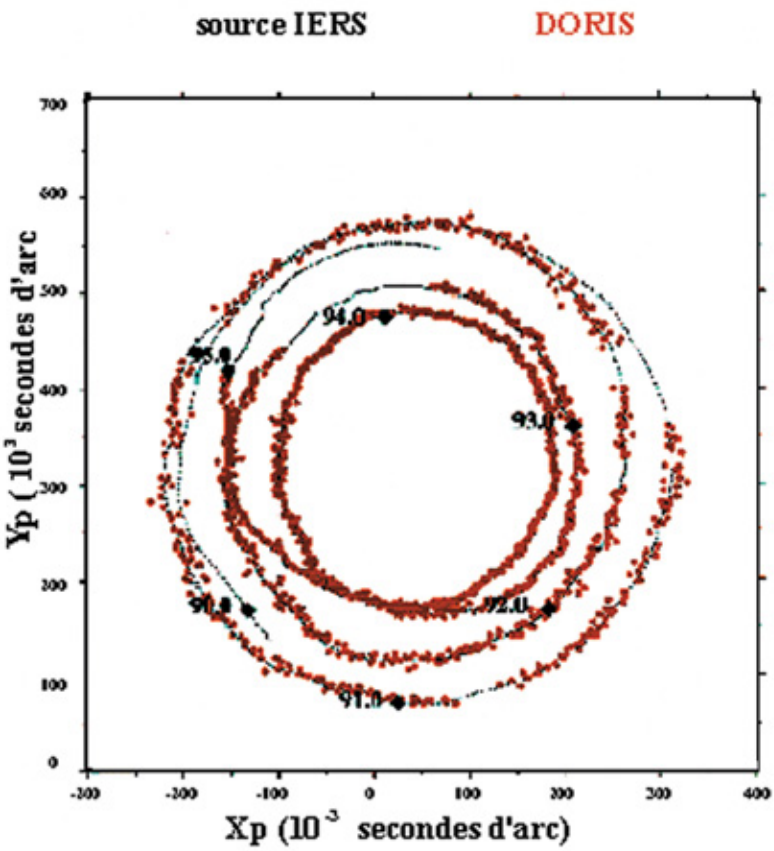


Figure 04 : Variation des coordonnées x et y du pôle instantané de rotation de la terre.

Dans ces objectifs, deux points sont à souligner : la télémétrie laser sur satellite est la seule qui donne accès au rattachement au centre des masses de la Terre, c'est aussi la meilleure technique pour avoir accès aux premiers harmoniques du potentiel avec une précision suffisante aujourd'hui.
Une autre application de la télémétrie laser est la calibration des altimètres océanographiques embarqués. Cette calibration doit se faire avec l'exactitude la plus extrême, possible au niveau de 1 à 2 centimètres. Cela exige de s'affranchir de la méconnaissance de la trajectoire à proximité de certaines côtes (études en cours pour le site de Dakar, pour la Méditerranée ou pour un autre site).

3. Origine des limitations dans le calcul de la trajectoire des satellites :

Les limitations dans le calcul de la trajectoire sont diverses. La plus importante est certainement le champ d'accélération d'origine gravitationnelle ou non qu'il faille déterminer en même temps que les paramètres de la trajectoire et ceux du champ d'accélération, incluant de nombreux paramètres très corrélés entre eux. Celle-ci est considérablement, accentuée, si la couverture des observations est insuffisante, ce qui est le cas général en télémétrie laser, tant pour des raisons de météorologie que pour des raisons de distribution géographiques des stations. On perd malheureusement ainsi, une part du bénéfice de l'exactitude des mesures de télémétrie. On doit, à titre d'exemple, rappeler qu'il n'y a qu'une seule station de précision moyenne en Afrique (Caire). Une autre difficulté pour couvrir la trajectoire avec des observations, est liée aux observations de jour toujours un peu plus difficiles à réaliser que celles de nuit pour des problèmes de bruit. A ce niveau, il n'est pas inutile de rappeler que le projet français de positionnement Doris tiendra sa grande précision de l'ordre du décimètre pour TOPEX/POSEIDON (1200 km d'altitude) essentiellement grâce à son réseau de stations qui constituera une première du point de vue ampleur et qui est utilisable de jour comme de nuit.

4. Motivation pour l'utilisation de stations de télémétrie laser mobiles :

Les remarques précédentes permettent de situer le rôle des stations laser mobiles :
- *Mesure du mouvement et de la déformation des plaques tectoniques :* Le problème doit être étudié dans le contexte des systèmes, sont très précis en mode différentiel entre deux stations jusqu'à des distances allant jusqu'à 1000 ou 2000 km (Cette précision fait actuellement l'objet de nombreuses études). En revanche, la précision ou l'exactitude dans un référentiel rapporté au centre des masses de la terre est certainement inférieur à ce qui peut être atteint par la télémétrie laser. Le rôle des stations laser mobiles peut donc clairement s'inscrire dans le développement d'un réseau à très grande maille, de plusieurs milliers de kilomètres, à partir duquel, la densification devait s'effectuer avec des systèmes radioélectriques d'une manipulation plus aisée et moins coûteuse sur le plan opérationnel. Les remarques précédentes montrent qu'il serait de première urgence de faire des mesures en Afrique.
- *Détermination très précise des réseaux fixes existants :* On peut imaginer des campagnes d'observations intenses ou des stations laser mobiles seraient judicieusement installer pour des durées limitées, de manière à assurer la meilleure couverture possible.
- *Calibration des altimètres radar :* Comme on l'a dit, la calibration des altimètres océaniques est une application majeure. Il est nécessaire de pouvoir déplacer des stations laser mobiles en des sites sélectionnés à l'avance.

5. Coopérations scientifiques nationales et internationales.

Il existe actuellement une quarantaine de sites d'observations à travers le monde. Ceux-ci sont regroupés autour de trois organisations, EUROLAS (sur l'initiative des groupes européens, étendus par la suite aux anciens pays du groupe soviétique), NASA pour les stations exploitées ou financées par la NASA, et WPLTN pour les stations asiatiques et australiennes. Les coopérations sont nombreuses et fructueuses, tout d'abord au sein du GRGS (regroupement de divers organismes français impliqués en géodésie spatiale et en océanographie, tels que le CNES, l'IGN, l'INSU/CNRS, le Bureau des Longitudes, l'ENS, etc.), mais aussi avec d'autres organismes européens (DGFI à Munich, université de Delft, GFZ à Potsdam ou RGO en Angleterre) ou américains (NASA). L'équipe de Grasse fournit un nombre considérable de données (plus de 2000 orbites par an), et sa participation aux programmes des satellites océanographiques Ers-1, Ers-2 et Topex / Poséidon est tout à fait fondamentale et reconnue par la communauté scientifique internationale. En Algérie plusieurs organismes scientifiques peuvent cooperer tels que le CRAAG, L'INCT, CNTS …,etc, et beaucoup de résultats sont attendus.

6. Perspectives.

Dans le passé, la complexité et la lourdeur des équipements font que la répartition géographique des mesures à la surface du globe n'était pas aussi régulière qu'il le faudrait. De plus, certains points de la planète restent quasiment inaccessibles aux stations conventionnelles, et laissent donc un large vide dans la répartition des données. C'est pourquoi un projet de développement d'une station de télémétrie laser ultra mobile a été soutenu et financé par le CNES, l'INSU et l'IGN de France. Le résultat final est un instrument de 300 kg répartis en containers répondant aux normes du fret aérien. Deux personnes suffisent pour mettre en œuvre l'expérience. Le coût de réalisation de points géodésiques fondamentaux sera ainsi considérablement réduit, que ce soit pour les continents mal représentés ou pour les sites difficilement accessibles. Le développement, mené à Grasse en majeure partie, sera suivi de l'exploitation dans les mois qui viennent.

7. Conclusion :

Les stations laser mobiles ont un rôle important à jouer. La fiabilité, la maniabilité, le coût opérationnel, la possibilité de tirer de jour comme de nuit sont des paramètres importants dans l'utilisation des stations laser mobiles surtout pour un pays vaste comme le nôtre de l'extremité nord du continent Africain.

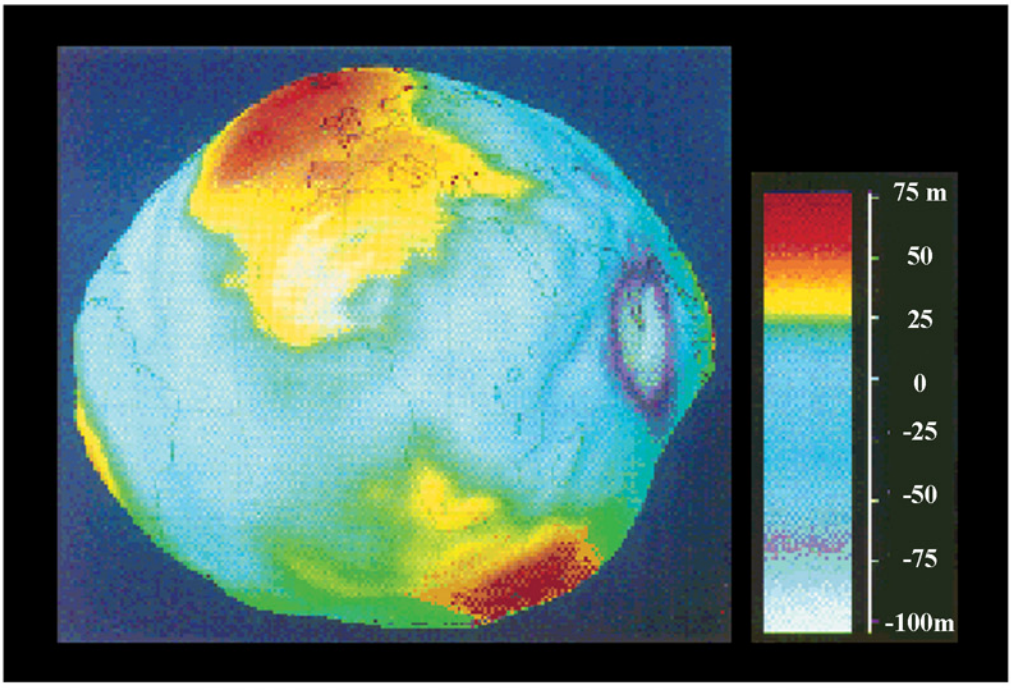


Figure 05 : Détermination du géoïde terrestre.

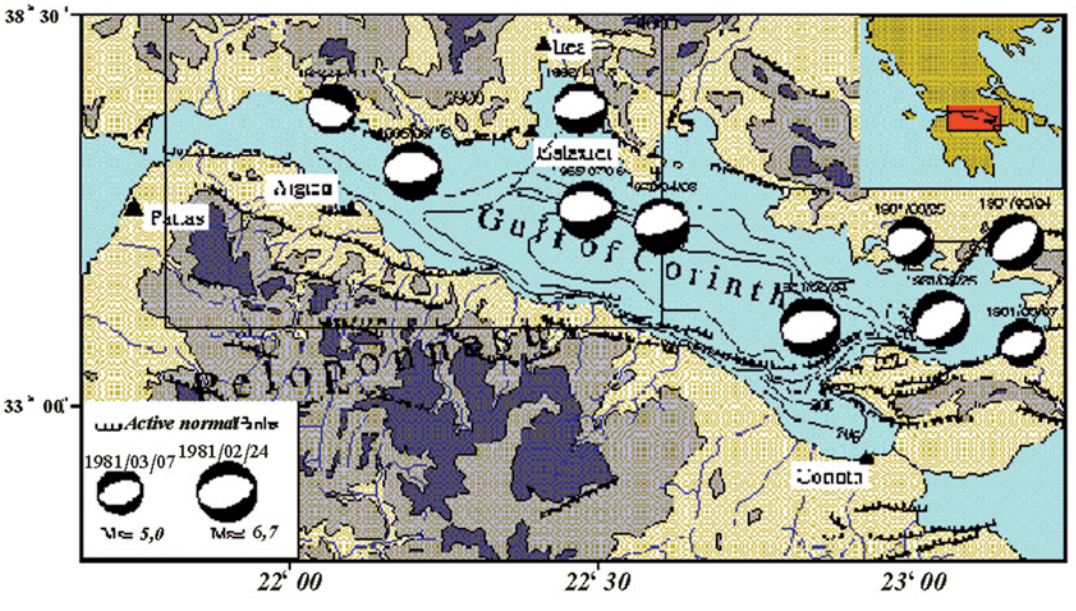


Figure 06 : Carte sismotectonique du Golfe de Corinth en Grèce.

8. Référence Bibliographiques:

* Barlier F., leTraon P.Y., Cazenave A.: 1996, Point sur les missions d'Altimétrie Spatiale TOPEX/ Poseidon et ERS-1,Compte rendu Acad. Sci. Paris, 323 (IIa), 737-753.
* Bidart P., 2000, MPP01, «A new solution for planetary perturbations in the orbital motion of the Moon, Astronomy and Astrophysics, 366, 351-358.
* Bounatiro L., 2002,« La télémétrie laser sur satellites », Aéro-Algérie, numéro : 01, pp : 17,20.
* Bounatiro L., 1984, « La synthèse de la télémétrie laser-lune », rapport de stage, Observatoire de Grasse.
* Brossier C., (CNES/ GRGS/ Toulouse), 1983, Par un programme V.G.E « Validation Graphique des Echos ».
* Vienne D., CNES/ MT/ Ms. "Short MERIT expriment – First results on trajectory analysis, station positioning and polar motion" présenté au LAREOS meeting de Washington, 30 septembre 1980.