

LES LASERS

Marc FERRETTI

LE TÉLÉMÈTRE A LASER

LE centre de Recherches de la C.G.E. a, voici plusieurs années, étudié avec l'appui de la Direction des Recherches et moyens d'essais (D.R.M.E.), un système laser de télémétrie spatiale.

Dans ses grandes lignes, le principe de cette télémétrie ne diffère guère de la télémétrie terrestre : le laser émetteur utilise un rubis et fonctionne à 0,6943 micron, dans le rouge. Il émet une énergie de 1 joule à la cadence de 1 impulsion par seconde.

Le premier exemplaire de l'installation a fonctionné, dès décembre 1965, à l'Observatoire de Haute-Provence, à Saint-Michel-de-Provence. Des résultats importants ont été obtenus avec ce matériel, et ont fait, en particulier, l'objet d'un compte rendu à l'Académie des sciences, lors de la séance du 4 avril 1966. Dans ce compte rendu, il est fait état d'une détermination de la distance de la station à un satellite artificiel avec une précision de l'ordre de 1,5 mètre.

LA GÉODÉSIE SPATIALE PAR LASER

L'opération de géodésie organisée par le C.N.E.S., et exécutée par le bureau des Longitudes, le C.N.R.S. et l'O.N.E.R.A., avec le

concours de la D.R.M.E., reposait sur le fonctionnement simultané de plusieurs stations de télémétrie laser : celle de Saint-Michel-de-Provence, ainsi que deux autres stations situées à Stéphanion, en Grèce, et à Colomb-Béchar. La station de Stéphanion avait été commandée par le C.N.R.S. à la C.G.E. ; C'est l'O.N.E.R.A. qui était responsable de la troisième station (Colomb-Béchar) ; L'O.N.E.R.A.,

d'ailleurs, conduisait, en accord avec la D.R.M.E., des essais de trajectographie. Les cibles utilisées lors de ces expériences étaient les satellites français « Diadème », lancés depuis Hammaguir, en février 1967.

Au télémètre à laser est associé un ensemble de traitement de l'information qui mesure le temps de propagation s'écoulant entre le départ d'une impulsion laser et le retour de l'écho sur un objet

spatial. Cette fonction était remplie par un chronomètre de précision égale à 10 nanosecondes (c'est-à-dire 1,5 m sur la distance de l'objet spatial). Le chronomètre était piloté par un quartz thermostaté, de stabilité 10^{-9} , ce qui lui permet de conserver la précision de 1,5 mètre jusqu'à la distance maximale de 150 000 km.

... POUR DÉTERMINER LA FORME ET LA DIMENSION DE LA TERRE

Les télémètres à laser mesurent le temps d'aller et retour d'une impulsion lumineuse dirigée sur un satellite et réfléchi par lui. Il y a actuellement une quinzaine de télémètres en service, dont trois français. Si leur précision est, pour l'heure, de 1,5 mètre environ, il devrait être possible de parvenir à une précision de quelques centimètres, d'ici à quelques années.

Signalons qu'il existe un autre procédé de visée de satellites : la photographie sur fond d'étoiles, qui utilise des télescopes à grand champ ; ceux-ci peuvent suivre les étoiles, dont les images sont alors enregistrées sur un film comme des points, tandis que le satellite est représenté par une trace ; ces mêmes instruments

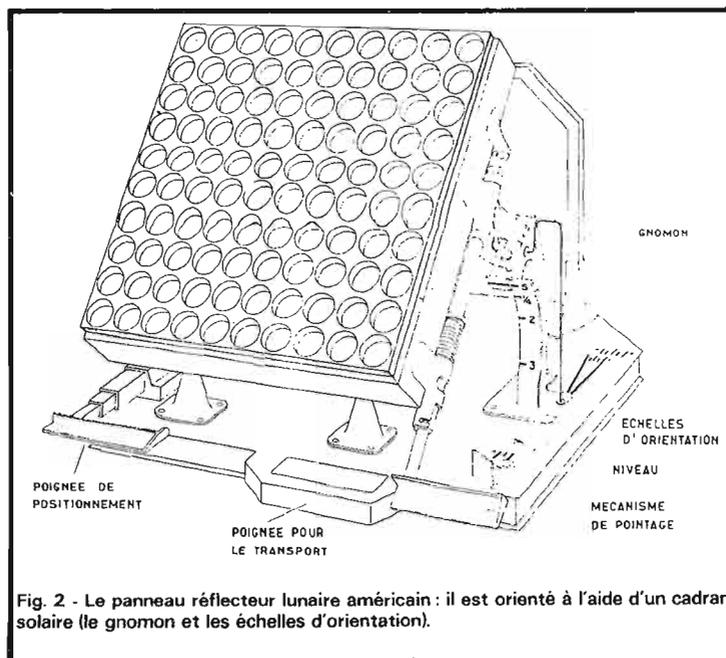
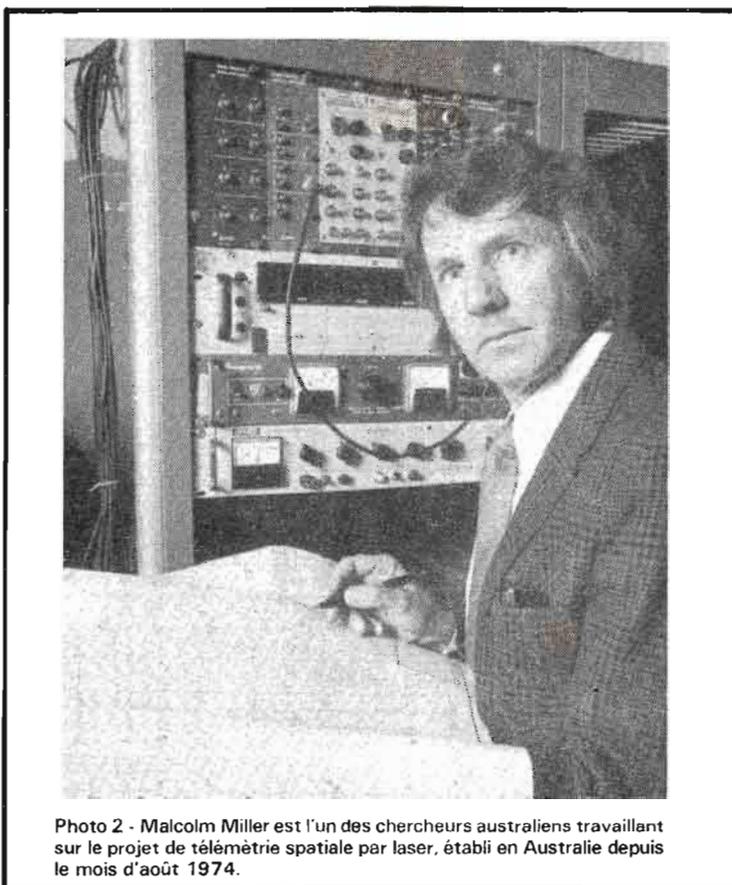
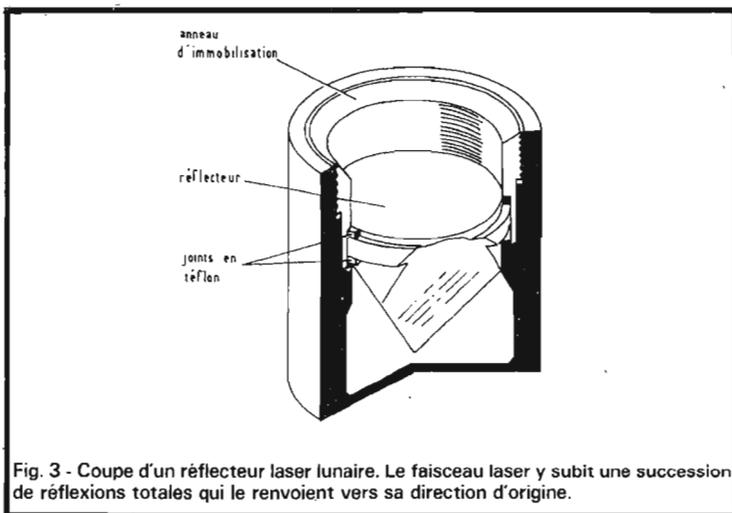


Fig. 2 - Le panneau réflecteur lunaire américain : il est orienté à l'aide d'un cadran solaire (le gnomon et les échelles d'orientation).



peuvent aussi suivre le satellite, dont l'image est alors ponctuelle, tandis que les étoiles laissent des traces. On détermine ainsi, à 20 mètres près, la position d'un satellite situé à 2 000 km de la terre.

L'emploi de satellites permet de mieux connaître le champ de gravitation terrestre : un satellite se meut autour de la terre sous l'action de toutes les forces naturelles en présence, et, parmi celles-ci, figurent les forces d'attraction de gravitation produites par la terre ; elles dépendent de la forme de la terre et de la distribution intérieure des masses. L'étude fine des trajectoires permet donc de connaître le champ de gravitation terrestre.

D'autres forces agissent aussi sur le satellite : l'attraction de la lune et du soleil, le frottement atmosphérique, les forces de pression de radiation, entre autres. Il faut, autant que faire se peut, les éliminer, ou, tout au moins pouvoir les évaluer ; pratiquement, les satellites utilisés sont placés à une altitude suffisamment élevée et ils sont munis de moyens passifs (réflecteurs laser) ou actifs (émetteurs radio ultrastables) permettant une trajectographie précise.

Pour analyser avec finesse le champ de gravité terrestre, il est nécessaire d'employer plusieurs satellites, car les conséquences que l'on tire d'une seule trajectoire sont limitées. Il faut utiliser plusieurs orbites pour distinguer certains effets dus à la forme de la terre.

En 1971, une campagne d'essais, l'ISAGEX (« International Satellite Geodesy Experiment ») a été menée pour tenter d'améliorer la précision géodésique. L'expérience portait sur l'observation de neuf satellites,

dont sept munis de réflecteurs laser ; 54 stations appartenant à quinze pays différents y ont participé. On dénombrait, en plus des nombreuses chambres photographiques, neuf lasers (six américains, trois français). Quelques 2 000 observations de passages par laser, représentant plus de 100 000 mesures de distance ont été faites.

Pour que la géodésie spatiale soit une méthode efficace de géodynamique, il est nécessaire de mettre au point de nouveaux appareillages. Une nouvelle génération de satellites fait son apparition : ce sont des satellites très denses de forme quasi-sphérique. Ils subissent de ce fait des pressions de radiation et des forces de frottement moindres qu'un satellite normal, et leur orbite s'en trouve moins déformée.

Le premier de ces satellites est français : STARLETTE est un satellite « boule » de 26 cm de diamètre, pesant 50 kg, dont l'orbite se situe entre 800 et 1 000 km, inclinée à 50°. Sa structure externe est composée de plaques d'aluminium, recouvertes de prismes réflecteurs-laser. Ce satellite devrait être uniquement soumis aux forces d'attraction terrestre.

Starlette est le cinquième satellite français équipé de réflecteurs-laser, après « Diadème I et II », « PEOLE » et « D-5B ».

DES RÉFLECTEURS-LASER SUR LA LUNE

Des réflecteurs-laser français ont également été montés sur les deux robots soviétiques « Lunokhod I et II » déposés sur la lune. Ils se composent de 14 éléments, dont les bases triangulaires, longues de 11 cm, sont jointives et

réparties de part et d'autre d'un axe long de 20 cm. La surface réfléchissante représente 812 cm². Un laser, mis en place à l'Observatoire du Pic-du-Midi, a été utilisé pour viser les réflecteurs laser français.

D'autres observatoires ont visé les réflecteurs-laser français. Ainsi, en janvier 1973, l'Observatoire Mc Donald, aux Etats-Unis visait le réflecteur déposé dans le cratère Le Monnier par Lunokhod II.

Ce même observatoire a conduit d'autres expériences de télémétrie spatiale avec les trois autres réflecteurs-laser, de conception américaine, déposés sur la lune par les astronautes des missions Apollo 11, 14 et 15. Le premier modèle américain comporte une structure carrée, de 47,7 cm de côté, et composée de 100 cubes en quartz, de 3,8 cm chacun, ensermés à mi-hauteur par une enveloppe d'aluminium et isolés thermiquement par du téflon. La surface réfléchissante représente ainsi 1 130 cm² ; le second modèle américain, déposé par Apollo 15, contient 300 rétro-réflecteurs.

UNE COOPÉRATION INTERNATIONALE

Après les Etats-Unis et la France, le Japon fut le troisième pays à disposer d'une station de poursuite des satellites (français comme américains) par laser... puis vinrent d'autres pays, l'Allemagne par exemple, qui a installé une station de poursuite de satellites dans la forêt bavaroise, ou encore l'Australie qui installe une semblable station à 40 kilomètres de Canberra.

M. FERRETTI

On lira avec intérêt...

- « The Lunar-Ranging Retro-reflector » par J.-M. Brueger, Bendix Technical Journal, été/automne 1971.
- « The lunar laser reflector » par J.-E. Faller, E.-J. Wampler, Scientific American (1971).
- « La Géodésie spatiale » par J. Kovalevsky, La Recherche, avril 1973.