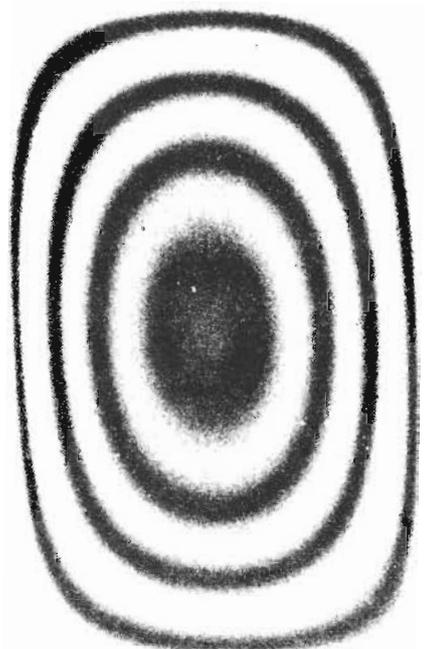


# LES LASERS



Marc FERRETTI

## LE TELEMETRE A LASER

**L**A mesure de distances importantes peut être réalisée en exploitant les propriétés du laser, en particulier la directivité, la brillance et la faible divergence de son faisceau. L'impulsion lumineuse, émise par le laser se propage à la vitesse de 300 000 km/s et vient éclairer la cible sur laquelle elle a été dirigée. Une partie de la lumière alors diffusée par la cible revient vers le point de départ et cet écho est capté par le système récepteur.

Ce dernier dispositif est constitué par un ensemble optique qui concentre la lumière reçue sur un diaphragme limitant la zone observée à une faible dimension, un filtre interférentiel qui ne laisse passer qu'une faible bande de longueur d'onde centrée sur la longueur d'onde émise, de façon à diminuer l'influence de la lumière ambiante (« bruit de jour »), et enfin un récepteur photo-électrique (tube photomultiplicateur). Après ce récepteur, on trouve des circuits d'amplificateur et de mise en forme du signal reçu.

Un système de chronométrie est associé, qui a pour but de mesurer, de façon précise, le temps séparant l'émission de l'impulsion lumineuse et la réception de son écho. Compte tenu de la vitesse de propagation de la lumière, un parcours aller-retour de un mètre

correspond à un intervalle de temps de six nanosecondes. Il faut donc utiliser un dispositif capable de mesurer des temps avec une précision de l'ordre du cent millionième de seconde, si l'on veut une précision, sur la distance mesurée, de l'ordre du mètre.

Ainsi, les éléments constitutifs d'un télémètre laser sont essen-

tiellement: le laser émetteur et son alimentation associée, le dispositif récepteur photo-électrique, le système de chronométrie; à cet ensemble est adjointe une lunette de visée solidaire de l'émetteur et du récepteur, permettant de pointer le système vers la cible choisie.

Pour être efficace, la longueur

d'onde du télémètre doit se situer dans l'une des « fenêtres » atmosphériques, caractérisées par de faibles coefficients d'absorption. En général, plus la longueur d'onde est grande, plus les pertes dues à la diffusion de la lumière par les aérosols ou les poussières, sont faibles. En outre, le faisceau doit être invisible: en applications militaires des télémètres, il faut toujours voir sans être vu, d'où l'intérêt que présentent les lasers à infrarouge pour ce type d'application. Cependant, il est plus aisé de détecter une impulsion lumineuse de basse longueur d'onde, plutôt qu'une impulsion infrarouge: les détecteurs de rayonnement infrarouge sont souvent moins sensibles et nécessitent d'être refroidis pour les plus grandes longueurs d'onde.

Quel est le meilleur choix? Les lasers en semi-conducteurs sont peu encombrants, bon marché, et fiables. Ils sont pompés par le courant d'injection, et peuvent être alors modulés par la modulation du courant de pompage, au moyen de circuits électroniques rapides. Des lasers en arséniure de gallium ont été utilisés pour la télémétrie sur de courtes distances; la divergence de leur faisceau est trop forte pour que soit envisageable l'emploi de ces lasers sur de grandes distances.

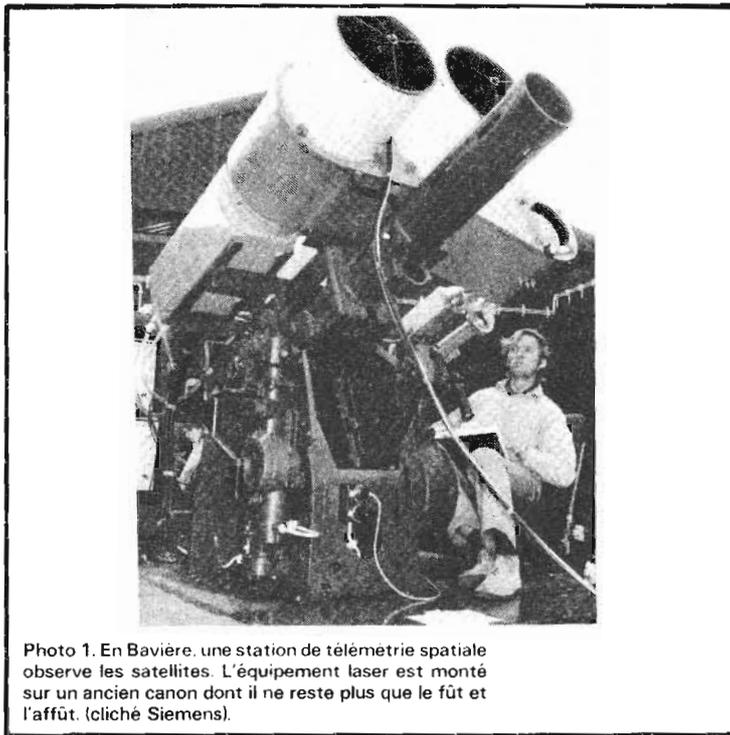


Photo 1. En Bavière, une station de télémétrie spatiale observe les satellites. L'équipement laser est monté sur un ancien canon dont il ne reste plus que le fût et l'affût. (cliché Siemens).

## TABLEAU I

### LES FABRICANTS DE TELEMETRES A LASER

American Laser Corp  
American Optical  
CILAS  
Electrophysics  
El-sum Consultants  
General Electric  
Hadron  
Holobeam  
International Laser  
Jungner Instrument  
Laser Electronics  
Martin Marietta  
Nippon Electric  
Optical Communications  
OSTI  
Raytheon  
Resalab  
Sanders Associate  
Spacerays  
Spectra-Physics  
Washington Technological  
Zenick Associates

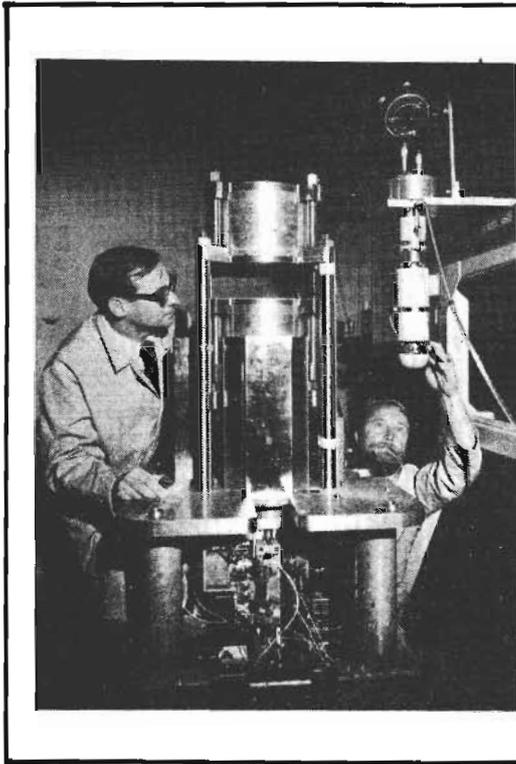


Photo 2. Informations... Lasers - David A. McArthur (à gauche) et Philip B. Tolleford, aux Sandia Laboratoires, viennent de mettre au point un laser nucléaire, déclenché par un réacteur (situé à gauche) générant des neutrons.

Le laser est formé d'un cylindre en alumine, placé dans de l'azote liquide ; sur les parois du cylindre, une couche mince d'uranium enrichi (U-235) est déposée. Dans le cylindre, se trouve une enceinte contenant de l'oxyde de carbone (CO), et un jeu de miroirs. L'ensemble est placé à proximité du générateur de neutrons.

Lorsqu'une bouffée de neutrons est libérée, ceux-ci viennent désintégrer les atomes d'uranium enrichi ; les produits de cette fusion frappant les molécules de CO qui s'excitent ainsi ; leur retour à l'état normal s'accompagne de l'émission laser à une longueur d'onde comprise entre 5,1 et 5,6  $\mu$ .

Dans le premier montage expérimental, le rendement mesuré n'atteignait pas le pour cent. Il devrait néanmoins pouvoir être optimisé puisque les calculs permettent d'envisager des rendements supérieurs à 50 % !

Après sa mise au point, ce laser nucléaire servira aux expériences de fusion thermonucléaire contrôlée.

Les lasers à rubis et à verre au néodyme émettent des impulsions optiques de courtes durées, et de haute brillance. Les premiers ont l'avantage d'une haute cadence de tir ; les lasers à verre fournissent pour leur part des faisceaux monomodes de plus grande énergie, à une plus haute longueur d'onde (donc moins sensibles à la diffusion atmosphérique). Tous deux présentent néanmoins les mêmes dangers pour les yeux d'un observateur.

Les lasers à grenat d'yttrium-aluminium, dopés au néodyme (lasers YAG) sont à même de délivrer, à haute cadence, des impulsions, de grande puissance moyenne, dans le proche infrarouge (1,06  $\mu$ ).

Le laser à CO<sub>2</sub> a un très bon

rendement et peut émettre des impulsions de grande énergie ; il peut être fabriqué de façon que sa cohérence soit excellente et que sa stabilité en fréquence soit élevée. Il émet à 10,6  $\mu$ , et son faisceau est parfaitement transmis à travers l'atmosphère ; à cette longueur d'onde, le faisceau ne pénètre pas dans les yeux et ne constitue donc pas un danger pour l'observateur. Son emploi requiert l'utilisation de détecteurs cryogéniques encombrants et onéreux.

Le laser à hélium-néon, enfin, est fiable, stable, et industrialisé ; son faisceau est aisément détectable, ce qui le rend fort utile pour la mesure de vitesses dans l'industrie.

### L'INDUSTRIE DES TELEMETRES EST ORIENTEE VERS LES APPLICATIONS MILITAIRES

La majorité des chars de l'armée française (et des armées étrangères) sont pourvus d'un équipement de télémétrie, permettant des tirs d'une précision plus que satisfaisante pour des distances inférieures à deux kilomètres. Il s'agit souvent d'une simple télémétrie optique, où la distance de l'objectif se traduit par l'écart angulaire entre deux lunettes dont le servant superpose les images. Néanmoins, un tel télémètre présente des inconvénients : la visée d'un mobile, à bord d'un engin cahotant, est extrêmement malaisée. L'emploi de télémètres lasers, fournissant une mesure presque instantanée, est d'un maniement beaucoup plus facile. En outre, on peut envisager de coupler de tels dispositifs à un calculateur digital pour guider une conduite de tir automatique.

En France, la CGE dispose d'une gamme complète de télémètres destinés à être utilisés sur chars, sur avions (tels que le « Jaguar ») ou sur hélicoptères, ou sur bateaux. L'émetteur est un verre au néodyme et le détecteur, une photodiode à avalanche.

Au début janvier 1973, la CGE et Thomson-CSF décidèrent de collaborer pour la mise au point, la fabrication et la vente d'un nou-

vel ensemble télémètre à laser aéroporté : le « TAV-38 », destiné à équiper les avions F1 et Mirage de la société des avions Marcel Dassault.

Le TAV-38 a été conçu pour fournir au calculateur de tir d'un système d'armes aéroporté l'information de la distance entre l'avion et sa cible. Il répond aux normes militaires et peut fonctionner entre - 40 °C et + 70 °C. Il est composé d'un télémètre à laser (TAV-34 de la CGE), et d'un déviateur de faisceau Thomson-CSF. Le télémètre a une précision de plus ou moins 5 m, quelle que soit la distance, dans les limites de la portée qui est comprise entre 320 m et 10 km. Sa cadence de répétition est de 1 coup par seconde, dans la limite de 12 coups par minute.

Le déviateur développé par Thomson-CSF permet d'asservir la direction du faisceau émis par le télémètre à laser, à la ligne de visée fournie au pilote par un collimateur. L'angle de déviation atteint plus ou moins 10° en site comme en gisement.

Une coopération industrielle similaire a été mise en œuvre en Belgique pour l'équipement par un système de conduite de tir automatique, des chars « léopard » de l'armée belge. Le système a été développé en collaboration par les sociétés belges SABCA et OIP ; la SABCA en assure la maîtrise d'œuvre et fournit le calculateur ; l'OIP, société du groupe de la Société générale de Belgique

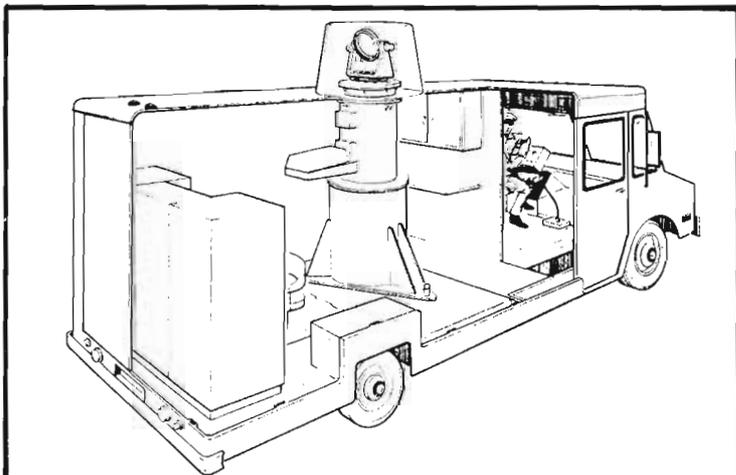


Fig. 1 - Le P.A.T.S. (Precision Aircraft Tracking System) aux Etats-Unis, la G.T.E. Sylvania commercialise une installation mobile de trajectographies par laser, le P.A.T.S.

(SGB) fournit la lunette de visée ; enfin la Compagnie belge des lasers, créée en 1970, et filiale de la CGE, de Saint-Gobain - Pont-à-mousson et de SGB, fabrique, sous licence, le télémètre laser mis au point par la CGE.

Le télémètre à laser vient donc compléter le radar, qui reste l'irremplaçable instrument de détection. D'ailleurs, d'autres fonctions mal — ou pas du tout — assurées par le radar seul, sont du domaine du laser. C'est le cas de la trajectographie rapprochée : le pinceau étroit du laser lui permet de poursuivre sa cible, même à très basse altitude. Ce nouvel appareil, le LIDAR (Light Detection and Ranging) est chargé de poursuivre les avions précédemment détectés par le radar.

Une semblable station de trajectographie équipe l'aérodrome de Brétigny ; elle permet la mise au point et la qualification des systèmes d'atterrissage, sans visibilité, des aéronefs civils et militaires. La station peut restituer, avec précision, en temps réel, la trajectoire des aéronefs pendant les phases d'approche et d'atterrissage ; elle est constituée d'un LIDAR, réalisé sous la responsabilité de Thomson-CSF, et qui réunit : un laser à impulsion de la CGE, une tourelle asservie de haute précision (Thomson-CSF), un écartomètre réalisant la poursuite du mobile et la mesure des coordonnées angulaires de celui-ci (Thomson-CSF), et un télémètre de grande précision (Laboratoires de Marcoussis de la CGE). La firme Matra fournit des rétro-reflecteurs optiques.

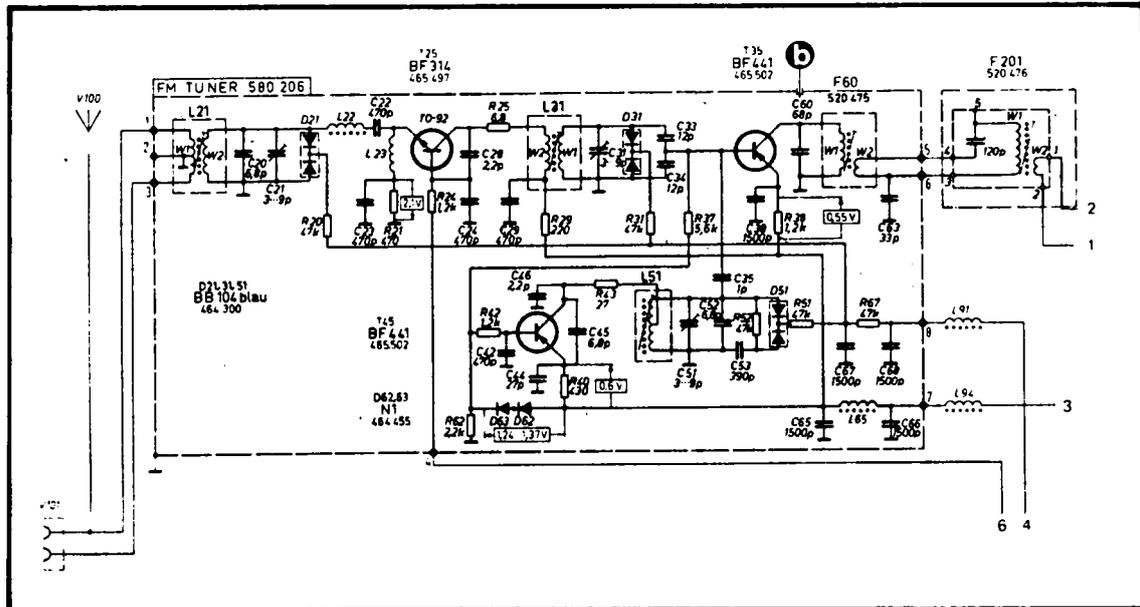
Le LIDAR est relié à un système de traitement de l'information, de visualisation et d'édition des résultats, permettant l'analyse fine de la trajectoire lors du déroulement de l'essai. Ce système comprend un calculateur T2000 (télémechanique), une horloge autonome et synchronisable (CERME), un pupitre de commande, contrôle, visualisation (Entreprise téléphonique), un traceur de courbes et imprimantes (Varian), un enregistreur magnétique (Ampex) et un ensemble de liaison VHF vers l'aéronef.

(à suivre)

Marc FERRETTI

# LE RECEPTEUR TOUTES BANDES NORDMENDE GALAXY

(Suite de la page 148)



supradyné suivant la bande considérée. Lors de l'utilisation de ce tuner, le condensateur d'accord de ce tuner est utilisé pour permettre, par le truchement de son bouton d'accord un réglage fin d'une grande précision.

La commutation des gammes, il y en a onze, s'opère par un rotacteur constitué par une série de commutateurs assurant les commutations des enroulements. Cette section est constituée de transistors au germanium classiques.

## CONSTRUCTION

La complexité d'un tel appareil aurait pu faire craindre une prolifération des interconnexions peu favorables aux réglages et à la maintenance. Il n'en est rien. Première constatation, le coffret s'ouvre sans effort : six vis le maintiennent. La face arrière est solidaire de la boîte à piles qui est reliée par un cordon terminé par un connecteur au circuit imprimé d'alimentation. Huit autres vis permettent d'extraire complètement le châssis et de dégager tous les points de réglage et les ajustables de réglage. Le rotacteur est évidemment complexe mais dont le réglage, étant donné l'accès ne doit pas poser de problème si l'on suit des instructions de réglage du

constructeur. La mécanique d'entraînement de ce contacteur est robuste. Les condensateurs variables sont toujours commandés par câble, et si l'accord de la MF se fait électroniquement, il subsiste encore une « ficelle », il faut bien entraîner l'aiguille du cadran.

Une partie des circuits imprimés est à double face, non en verre époxy, mais en XXXP. La soudure au bain que l'on peut constater, témoigne de la fabrication en série importante d'un tel récepteur.

Les composants sont en majorité d'origine européenne, ce qui doit éliminer les problèmes d'approvisionnement lors des dépannages.

## UTILISATION

Puissance de sortie importante, en particulier sur secteur. Par contre, il n'est pas recommandé de laisser cet appareil sur piles, au niveau de modulation maximum, une telle utilisation serait en effet fort onéreuse. (L'alimentation secteur incorporée est donc ici aussi utile que sur les appareils radio cassette).

La commande de l'appareil est sans histoire. Quelques regrets cependant à mettre au passif du Galaxy : l'interrupteur de mise en

route, en bout de course du potentiomètre de volume n'est pas très pratique, de plus, la souplesse de la matière plastique assurant la liaison entre le curseur et le bouton n'est pas très rassurante.

Les boutons de recherche des stations sont commodes, une manivelle déployable permet d'accélérer la recherche des stations du cadran supérieur. La sensibilité de l'appareil aussi bien en FM qu'en ondes courtes est très appréciable, si l'on veut bénéficier pleinement des performances de l'appareil, une antenne externe bien dégagée sera utile. Autre « accessoire » tout aussi utile, si ce n'est plus : un répertoire des émetteurs dont les stations doivent être obligatoirement repérées en fréquence, cette seule graduation figurant sur les cadrans, sauf pour les ondes longues et moyennes où subsistent les noms de quelques stations.

## CONCLUSIONS

Fort complet, le Galaxy de Nordmende se révèle très intéressant à bien des points de vue. Sa puissance de sortie importante le fera apprécier, en particulier en voiture où l'on regrettera peut-être alors son encombrement.