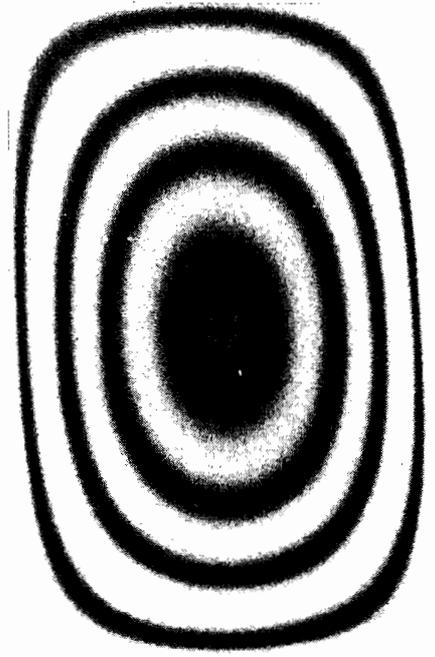


# LES LASERS

Marc FERRETTI



## LES OPTO - LIAISONS

**L'**UTILISATION du laser comme support d'échange d'informations a été imaginée dès les premiers moments de sa découverte. La mise en service, ces dernières années, de systèmes de communications optiques commercialisables marque une étape importante pour le développement

technologique des communications par laser. C'est ainsi que la Nippon Electric Co et les firmes américaines Quancomm et Holo-beam ont chacune commercialisé un système de liaison par laser sur de courtes distances. Les firmes ayant travaillé sur les systèmes de communications dans un cadre plus noble que celui du simple

dialogue de building à building s'intéressent aussi à ce marché : c'est le cas de l'ITT, de Lockheed, de Hughes, toutes firmes depuis longtemps attelées à la mise au point des communications par laser entre la terre et les satellites.

### DÉSENGORGER « L'ETHER »

Le principe de la transmission optique des signaux remonte à la plus haute antiquité. Les historiens grecs ont décrit avec beaucoup de détails les procédés optiques utilisés à leur époque, en par-

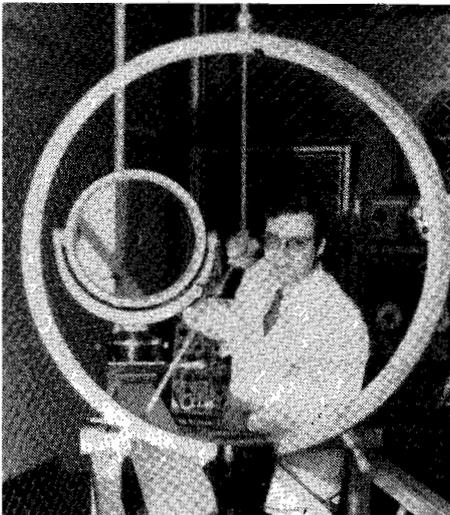


Photo 1 : Terminal d'une « optio-liaison » atmosphérique : il est équipé d'un télescope type « Cassegrain » constitué de miroirs concaves et convexes de 35 cm de diamètre et distants de 180 m. (cliché Siemens).

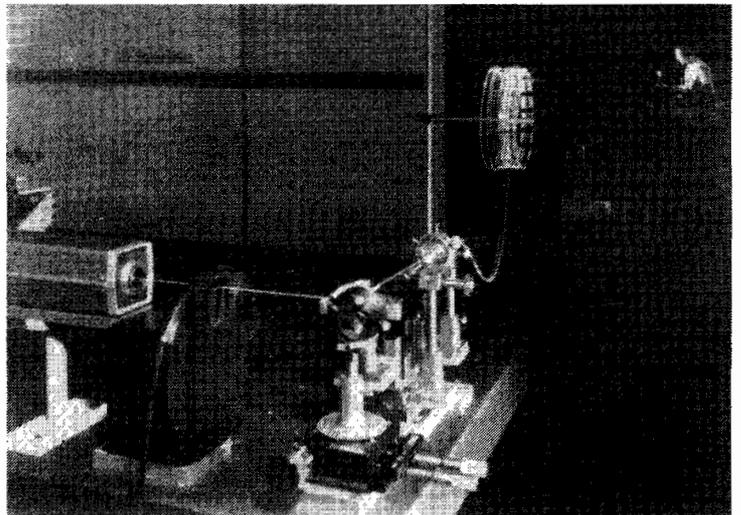


Photo 2 : On peut fabriquer des fibres optiques à très faibles pertes : des atténuations de 2 décibels par kilomètre de fibre ont été obtenues en laboratoire aux Etats-Unis (Cliché Koming).

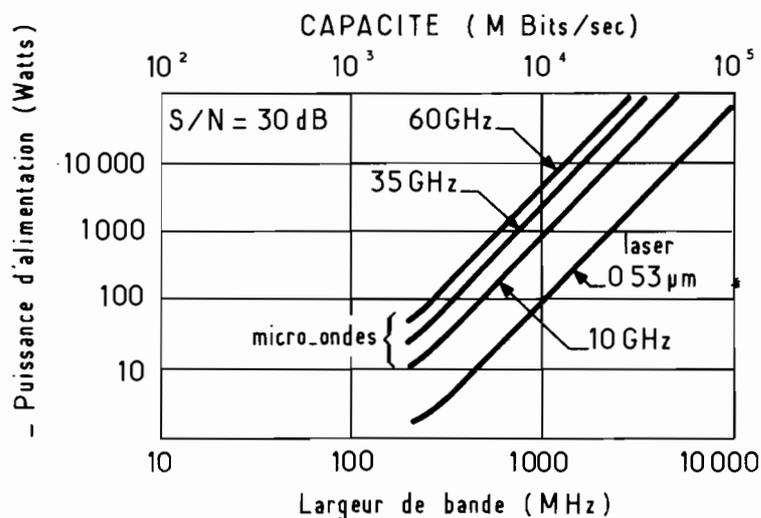


Fig. 1 : Communications entre satellites synchrones : le laser permet une considérable économie d'énergie. La longueur d'onde de 0,53  $\mu\text{m}$  pourrait être obtenue avec un laser Yag au néodyme dont le faisceau subirait un doublement de fréquence.

ticulier ceux faisant usage de fanions ou de signaux de fumée. Plus près de nous, l'invention du code Morse a été la source de réalisations d'équipements de télécommunications optiques, comme l'héliographe.

Cependant, les techniques utilisant les ondes radioélectriques hertziennes ont jusqu'alors largement supplanté les procédés optiques, car elles permettent une diffusion des informations dans toute l'étendue de l'espace terrestre ou extra-terrestre, quelles que soient les conditions météorologiques. Toutefois, l'usage de plus en plus répandu des ondes radioélectriques a provoqué progressivement un encombrement de l'espace; l'accroissement, sans cesse plus grand de la quantité d'informations à transmettre laisse prévoir une saturation à long terme de ce moyen de communication.

Grâce à sa longueur d'onde très courte, et à la possibilité de concentrer son énergie lumineuse en un pinceau très étroit, le laser est capable de véhiculer une très grande quantité d'informations, sans risque d'interférences avec d'autres liaisons. Mais en 1961, lorsque les programmes de recherches sur les télécommunications optiques ont été lancés, la nature du milieu de transmission des ondes lumineuses n'apparaissait pas nettement. Ce sont donc les caractéristiques mêmes de l'onde porteuse qui ont marqué l'orientation des premières recherches, plus que les propriétés du milieu de transmission. Les limitations théoriques et techni-

ques imposées par la modulation et la démodulation de l'onde porteuse réduisant, alors, le débit de transmission réalisable par un système élémentaire à quelques centaines de mégabits par seconde, soit quelques voies de télévision ou quelques milliers de voies téléphoniques; mais il était aisé de démontrer qu'un multiplexage temporel adéquat permettait de grouper sur une même porteuse des capacités considérables, de l'ordre de 10 000 mégabits par seconde soit environ 120 000 voies téléphoniques.

Néanmoins les perspectives par ces recherches étaient médiocres à court terme. A l'instar des ondes radioélectriques, la lumière peut être transmise à travers l'atmosphère; mais trois phénomènes perturbent la propagation atmosphérique de faisceaux lumineux: l'absorption moléculaire (l'atmosphère est naturellement «transparente» a une plage de longueur d'ondes et absorbe les rayonnements dont la longueur d'onde n'est pas dans cette plage privilégiée); l'absorption et la diffusion par les aérosols, c'est-à-dire les brouillards, brumes, fumées; enfin, la turbulence atmosphérique engendre des fluctuations aléatoires de l'indice de réfraction de l'air et provoque, dans le plan de réception, des variations de la position du faisceau lumineux, ainsi que des fluctuations de l'amplitude et de la phase de l'onde.

La forte atténuation atmosphérique de la lumière ne permet pas d'obtenir une disponibilité suffisante des liaisons optiques, sauf,

**Tableau 1. - Les «fenêtres» atmosphériques : ce sont des plages de longueurs d'onde sur lesquelles l'absorption moléculaire est faible. On en dénombre six, situées dans l'infrarouge.**

Fenêtre Numéro	Longueurs d'onde en microns	
	de	à
1	1	1,07
2	1,18	1,23
3	1,58	1,70
4	2,18	2,30
5	3,5	4
6	9	11

peut-être, dans certaines régions dotées d'un climat exceptionnel et généralement à faible trafic téléphonique, ou encore lorsque la liaison est très courte.

Le laser à gaz carbonique fournit une longueur d'onde qui appartient à l'une des fenêtres optiques. Plusieurs systèmes prototypes, dont le composant de base est un laser à gaz carbonique, ont été testés. Par exemple, Siemens a établi une liaison expérimentale de 5,4 km à Munich: l'information à transmettre est «imprimée» sur le faisceau laser à l'aide d'une cellule de modulation en arséniure de gallium.

Aux Etats-Unis, Holobeam, Inc a réalisé un système portatif de communications optiques, destiné, en premier lieu à des applications militaires (communications entre navires) et susceptible de trouver des applications indus-

trielles (sur chantiers par exemple). Ici, une diode laser en arséniure de gallium est modulée. L'ensemble peut être placé sur un casque, avec le récepteur et l'alimentation électrique. La lumière émise se situe dans le spectre infrarouge (longueur d'onde: 0,905 micron); la diode émet des impulsions optiques et la densité d'énergie maximale émise est limitée à 0,07 microjoule par  $\text{cm}^2$ . La portée théorique du système est de 15 km, avec une divergence de faisceau égale au milliradian; pratiquement, on accepte une plus grande divergence de faisceau: avec une divergence de 300 milliradians, la portée n'est plus que de 75 m, ce qui paraît largement suffisant pour les applications envisagées.

Le laser devait pouvoir trouver des applications dans les communications à longue distance, dans l'espace (entre satellites par exemple). Dans l'espace, les ondes lumineuses ne risquent plus d'être absorbées; en outre, les communications par laser présentent une grande sécurité contre toute interférence: on peut envisager de transmettre par faisceaux laser des communications ayant un caractère de secret. Le laser à hélium-néon, déjà industrialisé est utilisable dans l'espace; il émet un faisceau rouge, visible, capable de véhiculer 30 millions de bits d'informations par seconde (fig. 1).

Un prototype de système spatial de communications par laser a été étudié par la firme américaine Lockheed Missile et Space Company. L'information à véhiculer

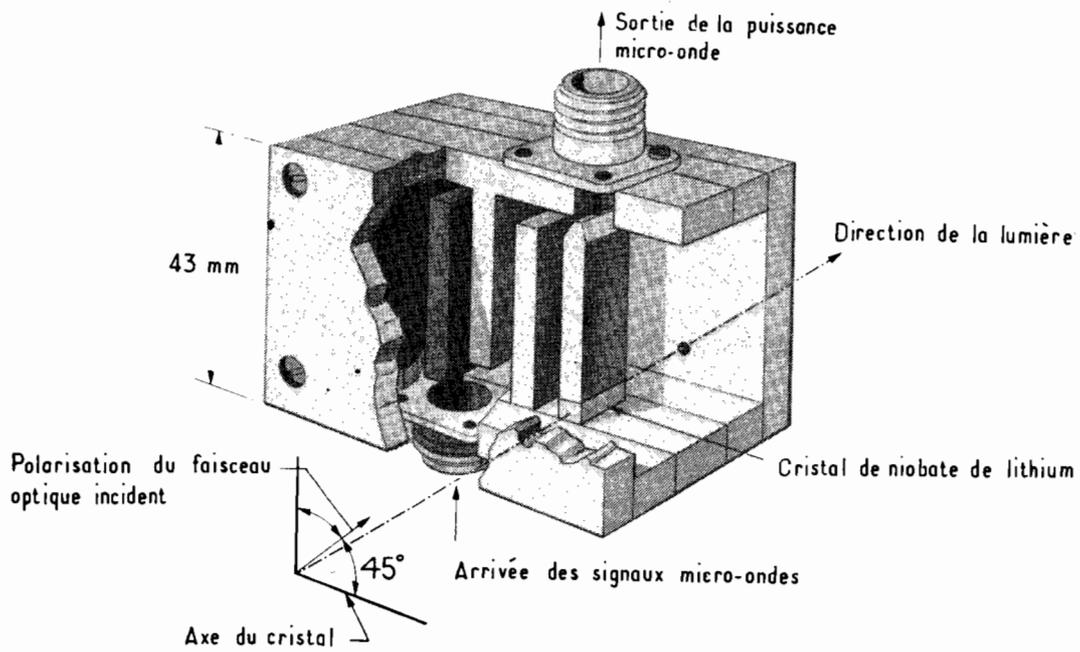


Fig. 2

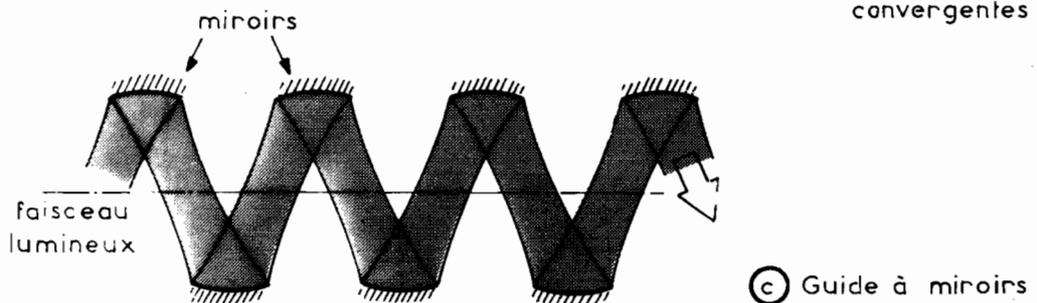
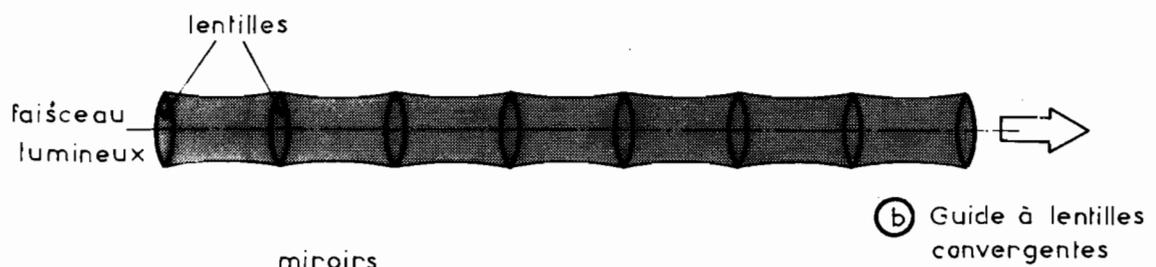
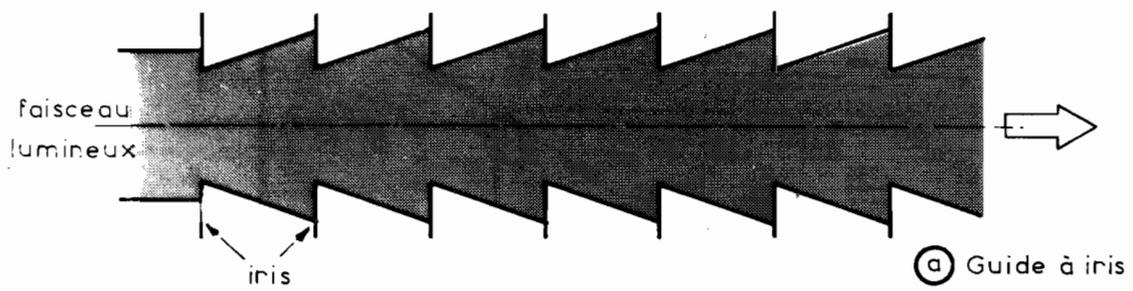


Fig. 3: Les guides à structure périodique.

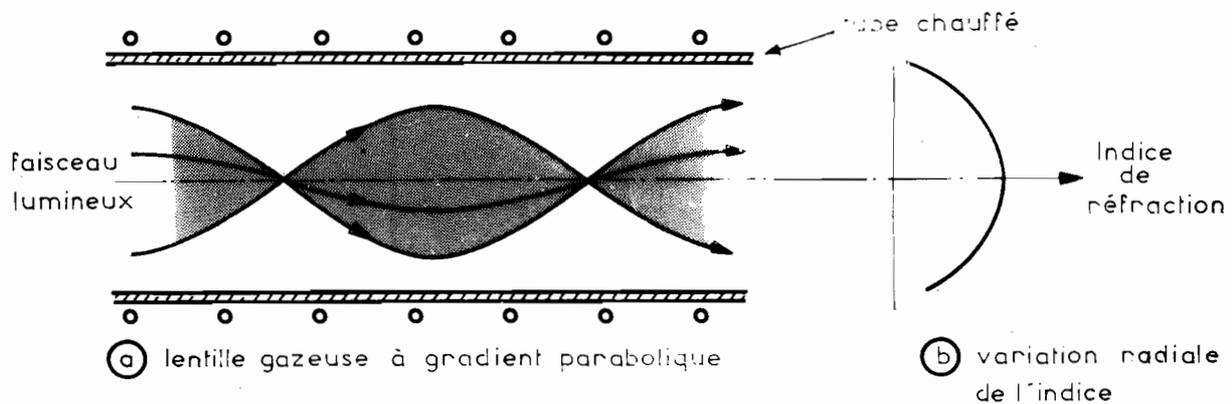


Fig. 4 : La lentille gazeuse.

est imprimée sur le faisceau grâce à un modulateur électronique (fig. 2), dans lequel le rôle prépondérant est joué par un cristal de niobate de lithium. Celui-ci module le faisceau laser à une fréquence comprise entre 0,8 et 2,3 GHz : lorsqu'un champ électrique haute fréquence est appliqué sur le cristal, les propriétés biréfringentes de ce dernier changent, et il se produit une rotation de la polarisation de la lumière incidente. Les variations de la direction de polarisation sont converties en variations d'intensité optique, au niveau du récepteur, grâce à un analyseur de polarisation. Le laser utilisé lors des expériences de Lockheed fut un laser à argon émettant un faisceau à la longueur d'onde de 0,5145 micron ; celui-ci pourrait être remplacé par un laser YAG (à grenat d'yttrium-aluminium) dopé au réodyme, émettant normalement à 1,06 micron, mais que l'on associerait à un système « doubleur de fréquence » pour disposer d'une longueur d'onde moitié moindre (soit 0,53 micron).

### DES GUIDES DE LUMIÈRES POUR LES TRANSMISSIONS AU SOL

Au sol, le laser pourrait être intégré dans le réseau de télécommunications urbaines et régionales, tout comme les câbles ou les faisceaux hertziens sont actuellement, des composants de ce réseau. Néanmoins, il convient de guider le faisceau laser porteur

d'informations, dans des systèmes à l'abri de tout phénomène atmosphérique nocif.

Plusieurs solutions ont été proposées parmi celles-ci figurent des guides à structure périodique, constitués d'iris, de lentilles ou de miroirs régulièrement espacés (fig. 3). Ils présentent une faible atténuation (1 dB/km pour les systèmes à iris, et jusqu'à 0,15 dB/km pour les systèmes à lentilles) ainsi qu'une capacité extrêmement élevée ; cependant la précision requise des alignements et la lourdeur de l'infrastructure sont telles que l'on n'envisage pas, actuellement, l'utilisation de tels systèmes.

Les lentilles gazeuses permettent aussi de constituer des guides de lumière : si l'on injecte de l'air, ou un gaz (fig. 4) dans un tube chauffé, la variation parabolique d'indice qui en résulte permet de focaliser un faisceau lumineux. Deux inconvénients limitent cependant les performances de ces systèmes : la variation d'indice obtenue est très faible et ne permet pas l'obtention de rayons de courbure inférieurs à plusieurs centaines de mètres ; d'autre part, la température à l'intérieur du tube tend à s'homogénéiser (donc on observe une homogénéisation de l'indice).

Des systèmes beaucoup plus complexes ont été envisagés, mais bien souvent, leur mise en œuvre reste délicate.

### LA PERCÉE DES FIBRES ET DES LASERS

Vers 1968, une double percée technologique dans le domaine des fibres optiques et dans celui du laser à semiconducteur, est venue ouvrir des perspectives d'utilisation à terme beaucoup plus court.

La première phase de recherche avait jusqu'alors eu un caractère fondamental. Avec l'apparition des fibres optiques et du laser à semiconducteur, les programmes de recherches sur les télécommunications optiques sont entrés dans une seconde phase, et se sont concentrés sur la mise en œuvre des fibres de verre à très faible atténuation. Au début, les travaux ont continué à être orientés par la notion de très fort débit de transmission liée à la fréquence élevée de l'onde porteuse. Assez rapidement, cependant, les difficultés techniques rencontrées ont conduit les chercheurs à s'intéresser d'abord aux systèmes à faible capacité (2 à 10 mégabits par seconde), où les fibres optiques sont en concurrence avec les lignes à paire symétrique ou les câbles coaxiaux. D'ailleurs, les fibres optiques présentent un net avantage sur les câbles en cuivre pour des liaisons à courte distance en milieu urbain, où la pose de nouvelles canalisations téléphoniques pose de sérieux problèmes ; la faible diaphonie entre fibres vient renforcer cet avantage, et devrait leur ouvrir des débouchés dans le domaine militaire, ainsi qu'en informatique.

Un autre avantage vient s'ajouter aux qualités remarquables des fibres optiques : le matériau qui les constitue est du verre ou de la silice pure, c'est-à-dire des éléments très répandus dans la nature et dont la pénurie n'est pas à envisager comme c'est le cas pour le cuivre.

Les perspectives à court terme des transmissions par fibres optiques ne doivent pas faire oublier la possibilité de réaliser des transmissions à plus grande capacité (100 à 1 000 mégabits par seconde) dans un avenir qui peut ne pas être éloigné.

Ce sont les divers composants (fibres, émetteurs, récepteurs) des « opto-liaisons » qui seront analysés, dans ces colonnes, au cours des prochains mois...

Marc FERRETTI

### ON LIRA AVEC INTÉRÊT

- « Le laser dans la ville », par F. Segulier. - *La Recherche*, février 1972.
- « Les fibres optiques, horizon 1980, pour les télécommunications », par R. Gaudry. - *La Défense Nationale*, décembre 1973.
- « Talking through your hat with lasers », par G. Schlisser et J. Insler. - *Electronics*, 16 mars 1970.
- « Systèmes Optiques de Transmission d'Informations » par J.-P. Christy et J. Hormière. - *Conférence présentée le 22 juin 1973 dans le cadre de l'Ecole d'Été sur le « Traitement optique du Signal ».*