

# LES LASERS

Marc FERRETTI

## PAS D'ECOUTE TELEPHONIQUE

### AVEC...

## LES FIBRES OPTIQUES

L'HOMME a de tout temps utilisé des moyens optiques pour communiquer avec ses proches : les premiers écrivains, tel l'historien grec Polybius qui vécut entre 205 et 125 années avant notre ère, mentionnèrent déjà l'emploi de signaux visuels, de drapeaux et de fumées. Les communications navales par drapeaux et codes lumineux furent développées du seizième siècle. En 1875, la marine américaine commençait à expérimenter des signaux à lampes électriques ; Rankine, en 1916, mit au point un système de communication par porteuse optique modulée au moyen d'un miroir vibrant... vingt ans après, en 1935, l'armée allemande commençait à exploi-

ter une version améliorée du système de Rankine : ce fut le « Lichtsprecher ». De son côté, l'U.S. Navy réalise en

1944 une lampe à vapeur de césium pouvant être modulée en amplitude aux fréquences vocales.

Certes, les techniques utilisant les ondes radioélectriques hertziennes ont jusqu'à maintenant supplanté large-

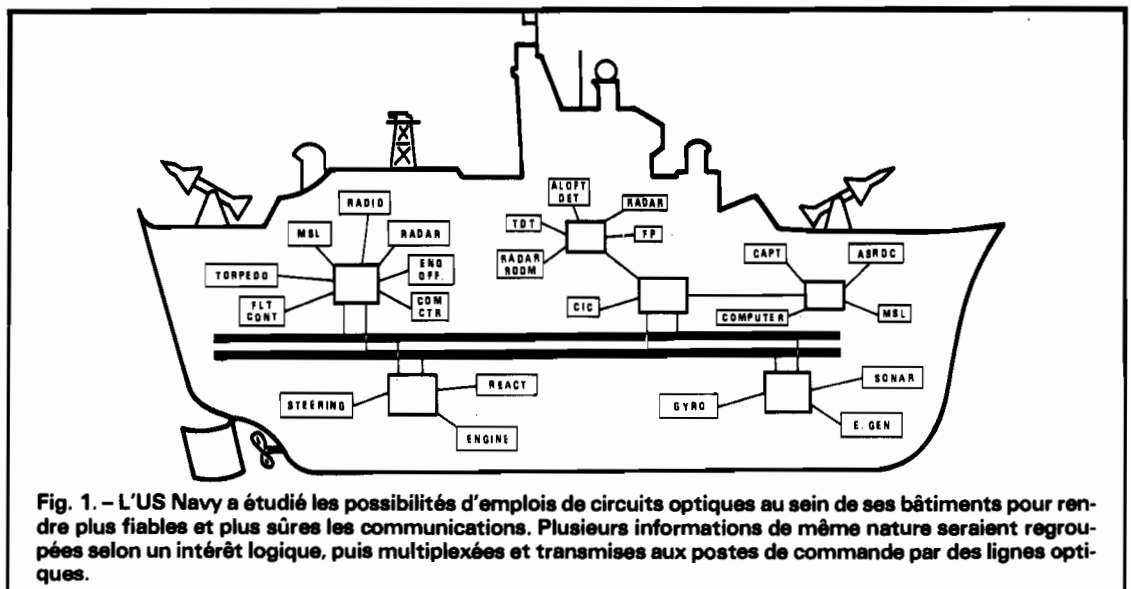


Fig. 1. - L'US Navy a étudié les possibilités d'emplois de circuits optiques au sein de ses bâtiments pour rendre plus fiables et plus sûres les communications. Plusieurs informations de même nature seraient regroupées selon un intérêt logique, puis multiplexées et transmises aux postes de commande par des lignes optiques.

ment les procédés optiques, car elles permettent de diffuser 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 radio électriques a provoqué progressivement un véritable encombrement de l'éther. L'apparition du laser a suscité des espoirs immenses : grâce à sa longueur d'onde très courte et à sa grande directivité, le laser est capable de véhiculer une très grande quantité d'informations et de désencombrer l'espace radioélectrique.

**« FIBER-OPTICS  
EXCITES  
THE MILITARY »**

De grands projets ont donc vu le jour pour câbler villes et campagnes au moyen des fibres optiques et qui véhiculeraient des signaux optiques émis par un système à laser. La « révolution technologique » apportée par l'optique dans le domaine des télécommunications pourrait se produire au début des années 1980 (1)... lorsque les matériels actuellement utilisés auront été pleinement amortis.

Les activités militaires sont bien moins astreintes aux contraintes économiques que les activités civiles ; les critères de choix d'une technologie ne sont d'ailleurs absolument pas les mêmes. Dans le civil, on recherche la rentabilité optimale ; une technologie trouve un débouché militaire si elle apporte une fiabilité et une sécurité d'emploi accrues, par exemple. C'est justement le cas des fibres optiques qui, lorsqu'elles sont utilisées pour les communications à bord

(1) D'ailleurs, et c'est presque un diction moderne : « il vaut toujours mieux remettre une révolution technologique à 1980... mieux préparés, les secteurs économiques concernés seront alors plus rentables ».

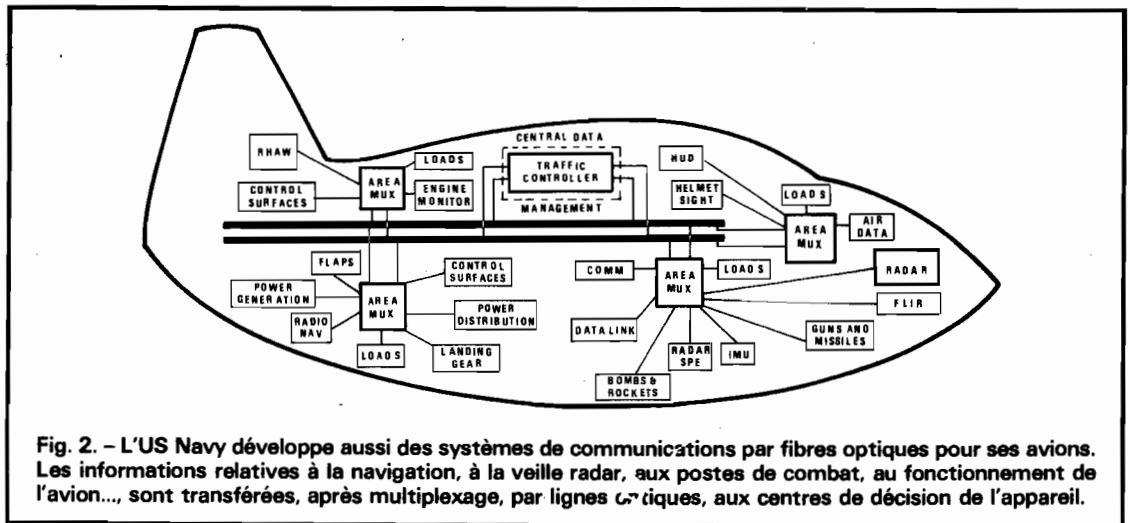


Fig. 2. - L'US Navy développe aussi des systèmes de communications par fibres optiques pour ses avions. Les informations relatives à la navigation, à la veille radar, aux postes de combat, au fonctionnement de l'avion..., sont transférées, après multiplexage, par lignes optiques, aux centres de décision de l'appareil.

d'avions ou de navires, respectent entièrement le secret des informations transmises. Il n'est pas possible d'écouter une conversation téléphonique par fibres optiques. Il n'est pas possible, non plus de brouiller une transmission par fibres optiques. Et comme ces fibres sont constituées de verres, elles sont peu sensibles aux radiations, et en particulier aux effets d'une explosion nucléaire. Ajoutez à ces qua-

lités, les caractéristiques physiques des fibres optiques (elles sont légères, bon marché relativement, et suffisamment performants), et vous comprendrez l'intérêt militaire qui leur est porté : « fibres-optics excites the military », « les fibres optiques excitent les militaires », titrait l'an passé la revue américaine Electronics.

Aux qualités « militaires » des fibres optiques, s'ajoutent

de nombreux avantages pour les télécommunications. En particulier, la bande passante est considérablement accrue : un câble de 300 mètres de longueur a une bande passante de 200 MHz s'il s'agit d'un câble-optique, ou de 20 MHz s'il s'agit d'un câble coaxial en cuivre, ou encore de 1 MHz seulement par les paires de fils en toron. Grâce à cette grande capacité de transport des informations (qui circule-

TABLEAU 1

**LES AVANTAGES COMPARÉS DES FIBRES OPTIQUES  
ET DES CÂBLES ÉLECTRIQUES**

	Fibres optiques	Coaxial	paires de fil en toron
Faible coût	X		X
Résistance aux températures inférieures à 300 °C	X	X	X
Résistance aux très hautes températures (jusqu'à 1 000 °C)	X		
Résistance aux vibrations	X	X	X
Faible taux de diaphonie	X	X	
Suppression totale de diaphonie	X		
Résistance aux brouillages	X		
Isolement électrique	X		
Suppression du danger de court-circuit	X		
Insensibilité aux parasites	X		
Insensibilité à l'indiscrétion	X		
Capacité en bande passante d'une liaison de 300 m de longueur	200 MHz et plus	20 MHz	1 MHz

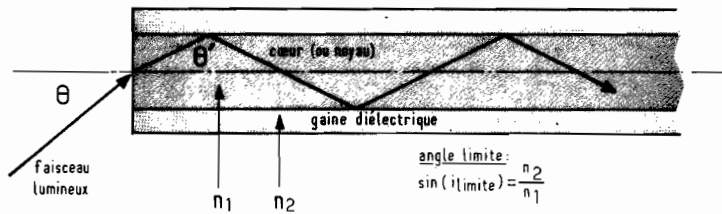


Fig. 3. - Comment fonctionne une fibre optique ? Lorsqu'on injecte un pinceau lumineux dans une fibre optique, le pinceau chemine suivant une trajectoire en zig-zag due à une succession de réflexions totales. D'après la loi de Descartes, l'incidence du pinceau sur l'interface cœur-gaine doit être supérieure à un angle limite  $\theta_{lim}$  pour qu'il y ait réflexion totale.

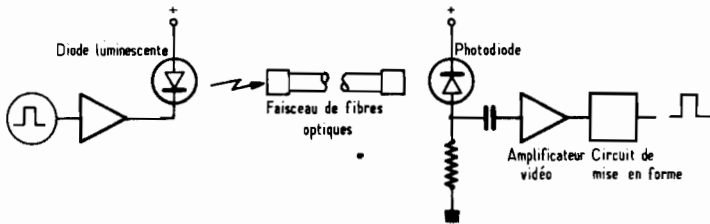


Fig. 5. - Un système typique de communications par fibres optiques.

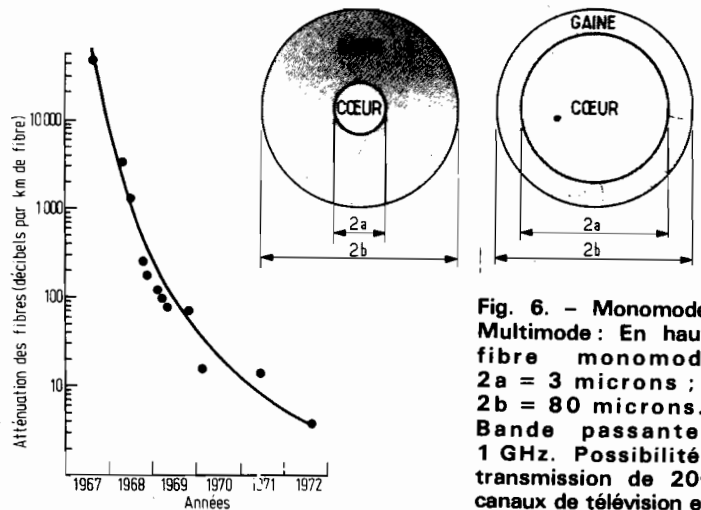


Fig. 4. - Evolution des performances des fibres optiques : l'atténuation de la lumière lors de sa transmission est une caractéristique essentielle des fibres optiques. Corning Glass Works a réalisé récemment des fibres optiques dont l'atténuation est de 2 dB/km.

Fig. 6. - Monomode-Multimode : En haut, fibre monomode  $2a = 3$  microns ;  $2b = 80$  microns. Bande passante : 1 GHz. Possibilité : transmission de 200 canaux de télévision en noir et blanc sur une même ligne de transmission-obstacle. Prix actuel élevé. En bas : Fibre multimode ;  $2a = 50$  microns ;  $2b = 80$  microns. Bande passante : 100 MHz.

ront sous forme binaires), les signaux seront multiplexés au sein d'un seul câble optique, au lieu d'utiliser de nombreux fils en cuivre. Ces fils en cuivre doivent être blindés, tandis que les câbles optiques n'en présentent guère l'utilité : de toutes ces considérations, il résulte un gain de poids notable ; un câble électrique de 6 kg sera par exemple remplacé par une liaison optique ne pesant pas plus d'une demi-livre !

Le « Naval Electronics Laboratory Center » N.E.L.C. de San-Diego s'intéresse vivement aux utilisations des fibres optiques pour les communications au sein même des avions. Dans la réalisation des avions militaires modernes, on fait appel à des nouveaux matériaux pour les structures, tels que les composites en plastique renforcé de graphite et de bore ; ces structures non-métalliques sont plus perméables aux ondes radioélectriques que les anciennes structures métalliques, de sorte qu'il est indispensable, dans les systèmes de communications classiques de réaliser un blindage électromagnétique consé-

quent autour des câbles de cuivre ; résistant aux brouillages et aux interférences non-désirées, les fibres optiques ne nécessitent pas de telles protections dans les nouveaux avions.

Le premier banc volant d'un système de communications optiques sera un avion de type A-7D de l'U.S. Navy, les fibres utilisées seront « à moyennes pertes » (atténuation des signaux compris entre 100 et 500 décibels par kilomètre de câble optique).

En fait, comme l'a souligné tout récemment D.J. Albares du N.E.L.C. des applications potentielles existent, pour les fibres optiques dans quasiment tous les « environnements militaires », à bord d'avions, comme sur mer ou sur terre, l'U.S. Navy envisage de les introduire dans un chasseur léger VFAX qui sera utilisé dès 1980. Les fibres optiques sont déjà utilisées dans des navires militaires, tels que le croiseur « Little Rock » où elles véhiculent des messages téléphonés, ainsi que sur le porte-avions « Kitty Hawk » où les fibres transmettent des émissions de télévision en circuit fermé.

Des bâtiments rapides de surface (hydrofoils et navires sur coussin d'air) ainsi que des sous-marins pourraient aussi être équipés de fibres optiques ; Boeing envisage d'installer des liaisons optiques dans des missiles.

Les systèmes de télécommunications installés par l'U.S. Navy comprennent, outre le faisceau de fibres, un émetteur de lumière susceptible d'être modulé (diode électroluminescente) et un récepteur (photodiode). Les fibres utilisées sont du type « multimode ». Dans cinq années, selon les spécialistes de l'U.S. Navy, des fibres de type « monomode » seront employées et l'on fera appel à une classe de composants optiques entièrement nouvelle, celle des circuits optiques intégrés. Les informations seront alors transportées dans les fibres optiques, tandis que les différentes fonctions (émission, modulation, multiplexage, démultiplexage, amplification, réception) seront remplies par les circuits optiques intégrés. De tels équipements devraient ouvrir la voie vers des bandes

passantes extrêmement élevées (1 GHz et plus).

Certes toutes les technologies optiques, développées encore pour les besoins militaires, peuvent trouver des applications civiles : les communications optiques pour ordinateurs ou banques de données sont deux applications envisagées à moyen terme... on les utilisera aussi partout où l'on désire assurer le secret des informations industrielles et financières.

Marc FERRETI

## ON LIRA AVEC INTÉRÊT...

« The outlook in communications »  
par F.M. Mims  
Laser Focus, Septembre 1974.  
« Les fibres optiques, horizon 1980 pour les télécommunications »  
par R. Gaudry  
Défense Nationale, Décembre 1973.  
« Transfer of information on naval vessels via fiber optics transmission lines »  
par H.F. Taylor  
rapport NELC/TR/1763 du Naval Electronics Laboratory Center (sanDiego).