

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 26.04.01.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 31.10.02 Bulletin 02/44.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

71 Demandeur(s) : *ALCATEL Société anonyme* — FR.

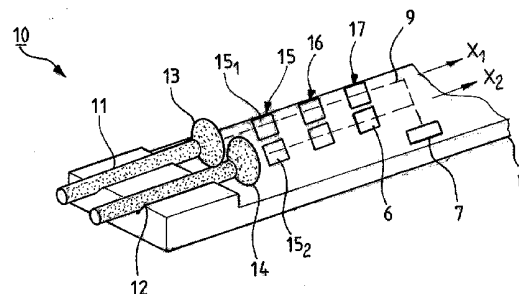
72 Inventeur(s) : BRINDEL PATRICK et DESURVIRE
EMMANUEL.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : COMPAGNIE FINANCIERE ALCA-
TEL.

54 LIGNE A RETARD OPTIQUE.

57 La présente invention concerne le domaine des équi-
pements de télécommunications et notamment des systè-
mes optiques. L'invention propose à cet effet une ligne à
retard optique destinée à allonger la longueur du chemin op-
tique d'au moins un signal traversant ladite ligne caracté-
risée en ce qu'elle comprend au moins un micro-miroir.



LIGNE A RETARD OPTIQUE

La présente invention concerne le domaine des équipements de télécommunications et notamment des systèmes optiques. L'invention concerne plus particulièrement des moyens de synchronisation optique
5 appartenant à un système de transmission de signaux optiques.

De manière connue, les moyens de synchronisation optique de signaux comprennent généralement des lignes à retard optique. Une ligne à retard allonge la longueur du chemin optique d'un signal la traversant, notamment afin de synchroniser ce signal avec un autre signal ne traversant
10 pas cette ligne.

Les lignes à retard sont notamment utilisées dans deux types d'applications principaux.

Le premier type d'application concerne la régénération de signaux optiques. On sait que pour la transmission de signaux optiques sur de très
15 longues distances telles que les transmissions transocéaniques par câble sous-marin, il est nécessaire de régénérer à intervalles réguliers les signaux pour compenser leur atténuation au cours de leur propagation dans la fibre optique de ligne. Cette régénération ne se limite pas à une simple régénération en amplitude mais comporte aussi des traitements temporels
20 tels que la remise en forme temporelle et le recentrage dans le temps car ces signaux subissent également des déformations au cours de leur propagation.

Ces signaux, par exemple multiplexés en longueurs d'onde sur des canaux de transmission WDM (Wavelength Division Multiplexing en terminologie anglo-saxonne), sont généralement régénérés par des
25 techniques de modulation synchrone. Les lignes à retard optique sont utilisées à cet effet pour synchroniser simultanément des groupes de signaux WDM par rapport à une horloge de référence requise pour les traitements temporels.

Un deuxième type d'application des lignes à retard optique est la
30 commutation optique, qui a pour fonction d'aiguiller des signaux issus de

certains canaux de transmission vers d'autres canaux disponibles. Les équipements de commutation requièrent une synchronisation optique de l'ensemble des signaux mis en œuvre.

Des lignes à retard connues peuvent être des fibres optiques
5 spécifiques possédant la particularité d'être étirables sur des portions de leur longueur placées entre des mandrins, afin d'obtenir par modification de la longueur de la portion étirable le chemin optique souhaité pour un signal donné. Ces lignes à retard sont généralement insérées sur les fibres de lignes. Cependant, de telles lignes à retard optique manquent de stabilité. En
10 effet, les contraintes générées par l'étirement peuvent varier en fonction des modes de polarisation des signaux ou dépasser la limite d'élasticité de la fibre étirable, créant alors des modifications irréversibles.

D'autres lignes à retard optique actuellement utilisées sont de type mécanique. De telles lignes à retard, généralement placées entre une fibre
15 optique d'entrée et une fibre optique de sortie, comprennent une lentille d'entrée de collimation et une lentille de sortie de focalisation séparées par un espace libre formant le chemin optique dont la longueur est réglable au moyen d'une vis ou d'un micromètre, avec ou sans motorisation.

Les lignes à retard optique telles que les fibres étirables sont
20 encombrantes. De même, les lignes à retard optique de type mécanique sont difficilement intégrables dans un système optique, leurs longueurs dépassant souvent 10 cm.

Le but de l'invention est de réaliser une ligne à retard optique pour la synchronisation optique de signaux fiable et aisément intégrable dans un
25 système optique.

L'invention propose à cet effet une ligne à retard optique destinée à allonger la longueur du chemin optique d'au moins un signal traversant ladite ligne,

caractérisée en ce qu'elle comprend au moins un micro-miroir.

L'idée de base de l'invention consiste donc à mettre au point une ligne à retard miniaturisée grâce à l'utilisation d'un miroir miniaturisé dit micro-miroir qui est par exemple fabriqué selon des procédés de type microélectronique.

5 Ainsi, la ligne à retard miniaturisée selon l'invention fournit un moyen de synchronisation optique facilement intégrable dans un système optique.

Le micro-miroir peut être aisément aligné dans l'axe d'une fibre optique d'entrée. De cette manière, un signal entrant dans la ligne à retard par cette fibre effectue un parcours sur ce même axe avant et après
10 réflexion sur le micro-miroir. Ainsi, une ligne à retard selon l'invention peut comprendre une unique fibre optique d'entrée et de sortie ce qui réduit le coût de fabrication.

Le micro-miroir peut être de type plan, sphérique, coin, à multi faces ou biréfringent. Il peut également absorber des signaux d'une certaine
15 gamme de longueur d'onde, par exemple des signaux parasites.

L'utilisation d'un seul micro-miroir réduit le coût de fabrication d'une ligne à retard selon l'invention et rend son fonctionnement simple.

La ligne à retard selon l'invention peut comprendre une pluralité de micro-miroirs.

20 L'utilisation d'une pluralité de micro-miroirs peut permettre de réduire le nombre des actions sur un ou de(s) micro-miroir(s) de telle manière que la synchronisation optique est plus fiable et plus rapide.

Dans un mode de réalisation préféré, le ou les micro-miroirs peuvent être intégrés dans un support de type composant tel qu'un substrat en
25 silicium.

Ceci permet de réduire la taille de la ligne à retard selon l'invention et d'augmenter ainsi sa capacité d'intégration dans un système optique.

De préférence, le(s) micro-miroir(s) peuvent être mobiles en rotation et la ligne à retard comprend alors des moyens électroniques pour orienter
30 le(s) micro-miroir(s).

Ainsi, la longueur du chemin optique d'un signal traversant la ligne à retard selon l'invention peut dépendre de l'orientation de micro-miroir(s) qui le réfléchissent. De(s) micro-miroir(s) peuvent être orienté(s) de sorte qu'ils réfléchissent ce signal et allongent donc la longueur de son chemin optique
5 par rapport à un signal ne traversant pas la ligne.

De plus, le choix et/ou l'orientation d'un ou des micro-miroirs qui réfléchissent un signal peuvent être modifiés de sorte que la longueur du chemin optique du signal est ajustée en fonction des besoins.

La ligne à retard optique selon l'invention permet donc de
10 synchroniser ou de décaler temporellement un signal traversant la ligne par rapport à un autre signal qui ne la traverse pas.

Avantageusement, le(s) micro-miroir(s) et les moyens électroniques d'orientation de(s) micro-miroir(s) peuvent être intégrés dans un support de type composant tel qu'un substrat en silicium.

15 Ainsi, le(s) micro-miroir(s) et les moyens électroniques d'orientation de(s) micro-miroir(s) sont facilement intégrables dans un système optique. Ceci est rendu possible par exemple grâce à la technologie utilisée pour réaliser les systèmes Micro-Opto-Electro-Mécanique dits MOEMS.

De manière générale, les MOEMS sont des composants fabriqués à
20 partir de procédés de type microélectronique qui offrent simultanément des fonctions mécaniques, électriques et optiques. Les MOEMS présentent de nombreux atouts tels que leur grande capacité d'intégration du fait de leur taille réduite et leur fiabilité du fait des techniques de pointe employées.

Dans le domaine des télécommunications optiques, les applications
25 actuelles des MOEMS concernent principalement l'interférométrie. Des exemples de réalisations sont présentés dans le recueil fourni par l'université de Limoges de la conférence intitulée «Les systèmes micro-opto-électro-mécaniques (MOEMS)» donnée dans le cadre des 19^{èmes} Journées Nationales de l'Optique Intégrée (JNOG) en 1999 à Limoges.

Avantageusement, le(s) micro-miroir(s) peuvent être déformable(s) et la ligne à retard comprend alors des moyens électroniques pour déformer le(s) micro-miroir(s).

Ainsi, la longueur du chemin optique d'un signal traversant la ligne à retard peut aussi dépendre selon l'invention de la déformation de micro-miroir(s) qui le réfléchissent.

Dans un mode de réalisation préféré, le(s) micro-miroir(s) et les moyens électroniques de déformation de(s) micro-miroir(s) peuvent être selon l'invention intégrés dans un support de type composant tel qu'un substrat en silicium.

De cette façon le(s) micro-miroir(s) et les moyens électroniques de déformation de(s) micro-miroir(s) sont facilement intégrables dans un système optique.

Dans un mode de réalisation avantageux, la ligne à retard optique selon l'invention peut comprendre des moyens de programmation de la longueur du chemin optique de signaux.

Ces moyens de programmation permettent de déterminer à l'avance, en fonction des besoins, la longueur du chemin optique de signaux traversant une ligne selon l'invention, ceci en déterminant à l'avance l'orientation et/ou la déformation de(s) micro-miroir(s) à chaque instant. En outre, la ligne à retard selon l'invention peut être facilement reconfigurable.

Le(s) micro-miroir(s) et les moyens de programmation peuvent être intégrés dans un support de type composant. Ainsi, le(s) micro-miroir(s) et les moyens de programmation selon l'invention sont aisément intégrables dans un système optique.

Avantageusement, tous les micro-miroirs peuvent être alignés le long d'un axe optique unique.

Si cet axe correspond à l'axe de la fibre optique d'entrée, un signal entrant dans la ligne à retard selon l'invention par cette fibre effectue un parcours sur ce même axe avant et après réflexion sur un micro-miroir

déterminé à l'avance. Ce signal retransverse donc la fibre optique d'entrée. Il est ainsi possible de n'utiliser qu'une seule fibre optique en entrée et en sortie de la ligne à retard ce qui réduit le coût de fabrication.

Dans un mode de réalisation préféré, tous les micro-miroirs peuvent être alignés le long d'au moins deux axes optiques distincts, ces micro-miroirs étant arrangés en un ou plusieurs groupes d'au moins deux micro-miroirs chacun.

Selon un mode de réalisation, la ligne à retard optique peut comprendre un circulateur optique.

Placé en amont d'une fibre optique d'entrée ou en aval d'une fibre optique de sortie, ce circulateur permet de sélectionner et d'orienter un signal qui a éventuellement subi un décalage temporel.

Dans un autre mode de réalisation, la ligne à retard selon l'invention peut comprendre en outre au moins un micro-filtre en réflexion sélectif en longueur d'onde pour filtrer au moins l'un des signaux.

Un micro-filtre en réflexion selon l'invention est un filtre en réflexion miniaturisé sélectif en longueur d'onde.

Ainsi, la longueur du chemin optique d'un signal traversant la ligne selon l'invention est alors fonction de sa longueur d'onde ce qui n'est pas réalisable dans l'art antérieur à moins d'ajouter des lignes à retard spécifiques supplémentaires dédiées à chaque longueur d'onde.

De cette façon, la ligne à retard optique selon l'invention permet de décaler des signaux de longueurs d'onde distinctes arrivant simultanément au niveau de la ligne. Elle permet également de synchroniser des signaux de longueurs d'onde distinctes arrivant au niveau de la ligne à différents instants.

De préférence, le(s) micro-miroir(s) et le(s) micro-filtre(s) en réflexion selon l'invention peuvent être intégrés dans un support de type composant afin d'être aisément intégrables dans un système optique.

Selon une variante, une ligne à retard selon l'invention peut comprendre au moins deux micro-miroirs et au moins un micro-filtre en réflexion sélectif en longueur d'onde, le micro-filtre en réflexion sélectif en longueur d'onde étant placé sur le chemin optique entre deux micro-miroirs
5 successifs.

Avantageusement, le ou les micro-filtres en réflexion selon l'invention peuvent être des micro-réseaux de Bragg.

Un micro-réseau de Bragg selon l'invention est un réseau de Bragg miniaturisé également fabriqué selon les procédés de type microélectronique
10 afin d'être intégrable dans un système optique.

Ainsi, la ligne à retard selon l'invention rend possible la synchronisation optique d'un groupe de signaux de type WDM de longueurs d'onde distinctes.

Un système de transmission de signaux optiques peut comprendre
15 avantageusement une ligne à retard selon l'invention.

Par exemple, un système de transmission régénéré WDM peut être optimisé à l'aide d'une ligne à retard selon l'invention car elle présente l'avantage de présynchroniser uniquement les signaux qui ont besoin d'être régénérés.

20 Les caractéristiques et objets de la présente invention ressortiront de la description détaillée donnée ci-après en regard des figures annexées, présentées à titre illustratif et nullement limitatif.

Dans ces figures :

- la figure 1 est une vue schématique en perspective d'une
25 ligne à retard selon l'invention dans un premier mode de réalisation,
- la figure 2 montre la ligne à retard de la figure 1 avec le trajet d'un signal s_1 ,
- la figure 3 montre la ligne à retard de la figure 1 avec le trajet
30 d'un signal s_2 ,

- la figure 4 est une vue schématique en perspective d'une ligne à retard selon l'invention dans un second mode de réalisation,
- la figure 5 montre la ligne à retard de la figure 4 avec le trajet d'un signal s_3 ,
- la figure 6 montre la ligne à retard de la figure 4 avec le trajet d'un signal s_4 ,
- la figure 7 est une vue schématique en perspective d'une ligne à retard selon l'invention dans un troisième mode de réalisation,
- la figure 8 est une vue schématique d'un système optique incorporant la ligne à retard de la figure 7.

Dans toutes ces figures, les éléments communs portent les mêmes numéros de référence.

On a représenté en figure 1, une ligne à retard 10 selon un premier mode de réalisation de l'invention, comprenant un substrat de silicium 8 portant une fibre optique d'entrée 11 d'axe X_1 suivie d'une lentille de collimation d'entrée 13 disposée le long de l'axe X_1 et d'une pluralité de micro-miroirs 6 disposés le long de l'axe X_1 . Le substrat de silicium 8 comprend en outre une fibre optique de sortie 12 d'axe X_2 distinct de l'axe X_1 et parallèle à ce dernier. La fibre 12 est précédée d'une lentille de collimation de sortie 14 le long de l'axe X_2 et d'une pluralité de micro-miroirs 6 également disposés le long de l'axe X_2 .

Les micro-miroirs 6 sont déformables le long des axes X_1 et X_2 par l'intermédiaire de membranes (non représentées), et mobiles en rotation autour des axes X_1 et X_2 grâce à des supports pivotants (non représentés). La ligne 10 comprend à cet effet des moyens électroniques d'orientation et/ou de déformation de ces micro-miroirs 6 tels que par exemple un actionneur 7 de type électrostatique, thermique, magnétique ou piézoélectrique. L'actionneur 7 commande l'orientation et/ou la déformation

des micro-miroirs 6 par l'intermédiaire de connexions électriques 9 avec les micro-miroirs 6.

Les micro-miroirs 6 sont groupés deux à deux de manière à former des paires 15, 16 et 17. Chaque paire 15, 16 et 17 comprend un micro-miroir 5 porté par l'axe X_1 et un micro-miroir porté par l'axe X_2 . La paire 15 est donc constituée de deux micro-miroirs 15_1 et 15_2 respectivement portés par l'axe X_1 et l'axe X_2 . Il en est de même pour les paires 16 et 17.

Selon l'invention, le choix, l'orientation et/ou la déformation de micro-miroirs 6 à un instant donné peuvent être programmés à l'avance par 10 des moyens de programmation (non représentés) et de façon indépendante pour chaque paire 15, 16 et 17 de micro-miroirs. De plus, la ligne à retard 10 étant facilement reconfigurable ces paramètres peuvent être facilement changés afin de modifier la longueur du chemin optique de signaux.

La partie du substrat en silicium 8 contenant les micro-miroirs 6 ne 15 dépasse pas 1 mm de longueur, l'espacement entre les micro-miroirs 6 pouvant être de l'ordre de 100 μm .

Les moyens électroniques 7 d'orientation et/ou de déformation des micro-miroirs 6 ainsi que les moyens de programmation (non représentés) de la longueur du chemin optique de signaux sont fabriqués selon les procédés 20 de type microélectronique utilisés pour les MOEMS et intégrés sur le substrat 8.

La longueur de la ligne à retard 10 est inférieure à 5 cm et est ainsi facilement intégrable dans un système optique.

On décrit maintenant le fonctionnement de la ligne à retard 10 en 25 relation avec les figures 2 et 3 qui représentent deux configurations différentes de la ligne 10 pour ce qui est de l'orientation des micro-miroirs 6.

La fibre optique d'entrée 11 délivre notamment un signal s_1 ou un signal s_2 . En arrivant au niveau de la ligne 10, le signal s_1 ou le signal s_2 est collimaté au moyen de la lentille de collimation d'entrée 13.

Le signal s_1 , présenté en figure 2, est réfléchi successivement sur les micro-miroirs 16_1 et 16_2 . Après un passage dans la lentille de collimation de sortie 14, ce signal s_1 arrive dans la fibre optique de sortie 12.

A la sortie de la ligne à retard 10 le signal s_1 peut être ainsi
5 synchronisé ou décalé temporellement par rapport à un autre signal (non représenté) qui ne traverse pas cette ligne 10.

Le signal s_2 présenté en figure 3 est réfléchi successivement sur les micro-miroirs 17_1 et 17_2 tandis que les paires 15 et 16 le laissent passer. Ensuite, après un passage dans la lentille de collimation de sortie 14, ce
10 signal s_2 traverse la fibre optique de sortie 12.

A la sortie de la ligne à retard 10 le signal s_2 peut être ainsi synchronisé ou décalé temporellement par rapport à un autre signal (non représenté) qui ne traverse pas cette ligne 10.

Associée à un coupleur optique, la ligne 10 peut notamment
15 permettre d'entrelacer parfaitement temporellement des signaux différents. A titre d'exemple, un chemin optique de $150\ \mu\text{m}$ de longueur introduit un délai de l'ordre de la picoseconde.

La ligne à retard 10 permet aussi de décaler temporellement plusieurs signaux arrivant simultanément au niveau de la ligne 10 par
20 rapport à d'autres signaux qui ne traversent pas cette ligne 10.

Un signal (non représenté) peut également traverser la ligne à retard 10 le long de l'axe X_1 et subir une seule réflexion sur l'un des micro-miroirs 6 de l'axe X_1 . Dans ce cas, ce signal ne traverse pas la fibre optique de sortie 12 mais retourne dans la fibre optique d'entrée 11.

25 Dans un second mode de réalisation présenté en figure 4, une ligne à retard selon l'invention 20 comprend un substrat de silicium 8 portant une fibre optique 21 d'axe X_1 suivie d'une lentille de collimation 23 disposée le long de l'axe X_1 et d'une pluralité de micro-miroirs 6 également disposés le long de l'axe X_1 . La ligne à retard 20 comprend en outre un circulateur
30 optique 29 disposé en amont de la fibre optique 21, en liaison avec une fibre

optique de ligne d'entrée 291 ainsi qu'une fibre optique de ligne de sortie 292.

Les micro-miroirs 6 sont déformables le long de l'axe X_1 par l'intermédiaire de membranes (non représentées), et mobiles en rotation 5 autour de l'axe X_1 grâce à des supports pivotants (non représentés). La ligne à retard 20 comprend à cet effet des moyens électroniques d'orientation et de déformation de ces micro-miroirs 6. tels qu'un actionneur 7 qui commande l'orientation et/ou la déformation des micro-miroirs 6 par l'intermédiaire de connexions électriques 9 avec les micro-miroirs 6.

10 Selon l'invention, le choix, l'orientation et/ou la déformation de chaque micro-miroir à un instant donné peut être programmé à l'avance par des moyens de programmation (non représentés). De plus, la ligne à retard 20 étant facilement reconfigurable, ces paramètres peuvent être facilement changés afin de modifier la longueur du chemin optique de signaux.

15 Les moyens électroniques 7 d'orientation et/ou de déformation ainsi que les moyens de programmation (non représentés) de la longueur du chemin optique de signaux sont fabriqués selon les procédés de type microélectronique utilisés pour les MOEMS et intégrés sur le substrat 8.

On décrit maintenant le fonctionnement de la ligne à retard 20 en 20 relation avec les figures 5 et 6 qui représentent deux configurations différentes de la ligne 20 pour ce qui est de l'orientation des micro-miroirs 6.

La fibre optique de ligne d'entrée 291 délivre notamment un signal s_3 , ou un signal s_4 . Le signal s_3 ou le signal s_4 traverse le circulateur 29 puis la fibre optique 21 et est collimaté au moyen de la lentille de collimation 23.

25 Le signal s_3 présenté en figure 5, est réfléchi sur le micro-miroir 26 orienté parallèlement à la fibre optique 21 puis effectue le trajet inverse. Après un passage dans la lentille de collimation 23, ce signal s_3 arrive dans la fibre optique 21 puis traverse à nouveau le circulateur optique 29 qui l'oriente sur la fibre optique de ligne de sortie 292.

A la sortie de la ligne à retard 20 le signal s_3 peut être ainsi synchronisé ou décalé temporellement par rapport à un autre signal (non représenté) qui ne traverse pas cette ligne 20.

Le signal s_4 présenté en figure 6, est réfléchi sur le micro-miroir 25 orienté parallèlement à la fibre optique 21 puis effectue le trajet inverse. Après un passage dans la lentille de collimation 23, ce signal s_4 arrive dans la fibre optique 21 puis traverse à nouveau le circulateur optique 29 qui l'oriente sur la fibre optique de ligne de sortie 292.

A la sortie de la ligne à retard 20 le signal s_4 peut être ainsi synchronisé ou décalé temporellement par rapport à un autre signal (non représenté) qui ne traverse pas cette ligne 20.

Un signal (non représenté) peut également traverser la ligne à retard sans subir de réflexion. Dans ce cas, ce signal ne retransverse pas la fibre optique 21.

La ligne à retard 20 permet aussi de décaler temporellement plusieurs signaux arrivant simultanément au niveau de cette ligne 20 par rapport à d'autres signaux qui ne traversent pas la ligne 20.

Dans un troisième mode de réalisation présenté en figure 7, une ligne à retard selon l'invention 30 comprend un substrat de silicium 8 portant une fibre optique d'entrée 31 suivie d'une lentille de collimation d'entrée 33 et d'une pluralité de micro-miroirs 6 disposés le long du chemin optique. La ligne à retard 30 comprend en outre une fibre optique de sortie 32 précédée d'une lentille de collimation de sortie 34 et de micro-réseaux de Bragg 37, régulièrement disposés entre plusieurs micro-miroirs successifs.

Les micro-miroirs 6 sont déformables par l'intermédiaire de membranes (non représentées) et mobiles en rotation grâce à des supports pivotants (non représentés). La ligne à retard 30 comprend à cet effet des moyens électroniques d'orientation et/ou de déformation de ces micro-miroirs 6 tels qu'un actionneur 7 qui commande l'orientation et/ou la

déformation des micro-miroirs 6 par l'intermédiaire de connexions électriques (non représentées) avec les micro-miroirs 6.

Les micro-miroirs 6 sont groupés deux à deux de manière à former des paires et notamment les paires 35 et 36. La paire 35 est ainsi constituée
5 de deux micro-miroirs 35_1 et 35_2 . Il en est de même pour la paire 36.

Le choix, l'orientation et/ou la déformation des micro-miroirs à un instant donné peuvent être programmés à l'avance par des moyens de programmation (non représentés) et de façon indépendante pour chaque
10 paire de micro-miroirs. De plus, la ligne à retard 30 étant facilement reconfigurable, ces paramètres peuvent être facilement modifiés.

En fonction de leurs pas, les micro-réseaux de Bragg 37, filtrent en réflexion des signaux d'une ou de certaines longueurs d'onde et laisse passer les autres signaux de longueurs d'onde distinctes de celle(s) filtrée(s).

Les micro-réseaux de Bragg 37, les moyens électroniques 7 pour
15 déformer et orienter les micro-miroirs ainsi que les moyens de programmation (non représentés) de la longueur du chemin optique de signaux sont fabriqués selon les procédés de type microélectronique utilisés pour les MOEMS et intégrés sur le substrat 8. Les micro-réseaux de Bragg 37 peuvent être notamment inscrits dans le substrat 8 par exemple à l'aide de la
20 technologie employée pour les guides d'onde silicium/silice.

On décrit maintenant le fonctionnement de la ligne à retard 30.

La fibre optique d'entrée 31 délivre des signaux s_5 et s_6 de longueurs d'onde distinctes λ_5 et λ_6 . Les signaux s_5 et s_6 sont collimatés au moyen de la
lentille de collimation d'entrée 33.

25 Le signal s_5 est réfléchi successivement sur les micro-miroirs 35_1 et 35_2 puis traverse un micro-réseau de Bragg 37_1 avant d'être à nouveau réfléchi sur les micro-miroirs 36_1 et 36_2 . Ce signal est enfin réfléchi par un micro-réseau de Bragg 37_2 filtrant notamment les signaux de longueur d'onde λ_5 . Le signal s_5 effectue alors le trajet inverse et après un deuxième

passage dans la lentille de collimation d'entrée 33, ce signal s_5 retourne dans la fibre optique d'entrée 31.

Le signal s_6 , décalé dans le temps par rapport au signal s_5 , est réfléchi successivement sur les micro-miroirs 35₁ et 35₂. puis sur le micro-réseau de Bragg 37₁ filtrant notamment les signaux de longueur d'onde λ_6 . Le signal s_6 effectue alors le trajet inverse et après un deuxième passage dans la lentille de collimation d'entrée 33, ce signal s_6 retourne dans la fibre optique d'entrée 31.

Le décalage temporel initial entre chaque signal s_5 et s_6 peut être de l'ordre de la durée ou d'une fraction de la durée d'un bit. A la sortie de la ligne à retard 40 les signaux s_5 et s_6 sont synchronisés.

Un signal (non représenté) après une série de réflexions successives sur des paires de micro-miroirs peut traverser la totalité de la ligne à retard 30 sans être réfléchi par au moins un micro-réseau de Bragg 37. Ce signal traversant alors la fibre optique de sortie 32 au lieu de la fibre optique d'entrée 31 est séparé des autres signaux.

De cette façon, la ligne de retard 30 assure une fonction de synchronisation optique combinée à une fonction de filtrage en fréquence.

Les signaux s_5 , s_6 sont par exemple des signaux WDM notamment de type NRZ ou bien des signaux de type RZ tels que les solitons.

La ligne à retard 30 peut être utilisée dans un système de transmission régénéré WDM représenté en figure 8. Le système de transmission comprend la ligne à retard 30 placée entre un circulateur optique 49 et un OADM (pour Optical Add and Drop Module en terminologie anglo-saxonne) 47 parallèlement à un régénérateur optique synchrone dit « 3R » (pour Re-shaping Re-timing Re-amplifying en terminologie anglo-saxonne) 46. Ce système 40 transporte des signaux s_7 , s_8 et s_9 de longueurs d'onde distinctes et décalés dans le temps.

On décrit maintenant le fonctionnement du système de transmission

30 40.

Après un premier passage dans le circulateur optique 49, les signaux WDM s_7 et s_8 qui ont besoin d'être régénérés arrivent au niveau de la ligne à retard 30 qui assure une présynchronisation de ces signaux s_7 et s_8 . Ces signaux retraversent alors le circulateur 49 et arrivent au niveau du
5 régénérateur optique 46 puis dans l'OADM 47.

Après un passage dans le circulateur optique 49, le signal WDM s_9 qui n'est pas à régénérer traverse la ligne à retard 30 puis arrive au niveau de l'OADM 47 où tous les signaux s_7 , s_8 et s_9 sont recombinaés.

Bien entendu, la description qui précède a été donnée à titre
10 purement illustratif. On pourra sans sortir du cadre de l'invention remplacer tout moyen par un moyen équivalent. Notamment, dans tous les modes de réalisations, on peut traiter des signaux de longueurs d'onde distinctes ou de même longueur d'onde, signaux arrivant simultanément ou à différents instants au niveau d'une ligne selon l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Ligne à retard optique (10, 20, 30) destinée à allonger la longueur du chemin optique d'au moins un signal ($s_1...s_9$) traversant ladite ligne,

5 **caractérisée en ce qu'elle** comprend au moins un micro-miroir (6).

2. Ligne à retard (10, 20, 30) selon la revendication 1 caractérisée en ce que le ou lesdits micro-miroirs (6) sont intégrés dans un support (8).

10 **3.** Ligne à retard (10, 20, 30) selon l'une des revendications 1 ou 2 caractérisée en ce que le ou lesdits micro-miroirs (6) sont mobiles en rotation et en ce qu'elle comprend des moyens électroniques (7) pour orienter le ou lesdits micro-miroirs (6).

15 **4.** Ligne à retard (10, 20, 30) selon la revendication 3 caractérisée en ce que le ou lesdits micro-miroirs (6) et lesdits moyens électroniques (7) pour orienter le ou lesdits micro-miroirs (6) sont intégrés dans un support (8).

20 **5.** Ligne à retard (10, 20, 30) selon l'une des revendications 1 à 4 caractérisée en ce que le ou lesdits micro-miroirs (6) sont déformables et en ce qu'elle comprend des moyens électroniques (7) pour déformer le ou lesdits micro-miroirs (6).

25 **6.** Ligne à retard (10, 20, 30) selon la revendication 5 caractérisée en ce que le ou lesdits micro-miroirs (6) et lesdits moyens électroniques (7) pour déformer le ou lesdits micro-miroirs (6) sont intégrés dans un support (8).

7. Ligne à retard (10, 20, 30) selon l'une des revendications 1 à 6 caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens de programmation de ladite longueur du chemin optique de signaux ($s_1...s_9$).

8. Ligne à retard (10, 20, 30) selon la revendication 7 caractérisée en ce que le ou lesdits micro-miroirs (6) et lesdits moyens de programmation sont intégrés dans un support (8).

5 **9.** Ligne à retard (20) selon l'une des revendications 1 à 8 caractérisée en ce que tous lesdits micro-miroirs (25, 26) sont alignés le long d'un axe optique (X_1).

10. Ligne à retard (10, 30) selon l'une des revendications 1 à 8 caractérisée en ce que tous lesdits micro-miroirs ($15_1...36_2$) sont alignés le long d'au moins deux axes optiques distincts (X_1, X_2), lesdits micro-miroirs ($15_1...36_2$) étant arrangés en un ou plusieurs groupes d'au moins deux micro-miroirs chacun (15...36).

11. Ligne à retard (20) selon l'une des revendications 1 à 10 caractérisée en ce qu'elle comprend un circulateur optique (29).

15 **12.** Ligne à retard (30) selon l'une des revendications 1 à 11 caractérisée en ce qu'elle comprend au moins un micro-filtre en réflexion sélectif en longueur d'onde (37) pour filtrer au moins l'un desdits signaux ($S_5, ...S_9$).

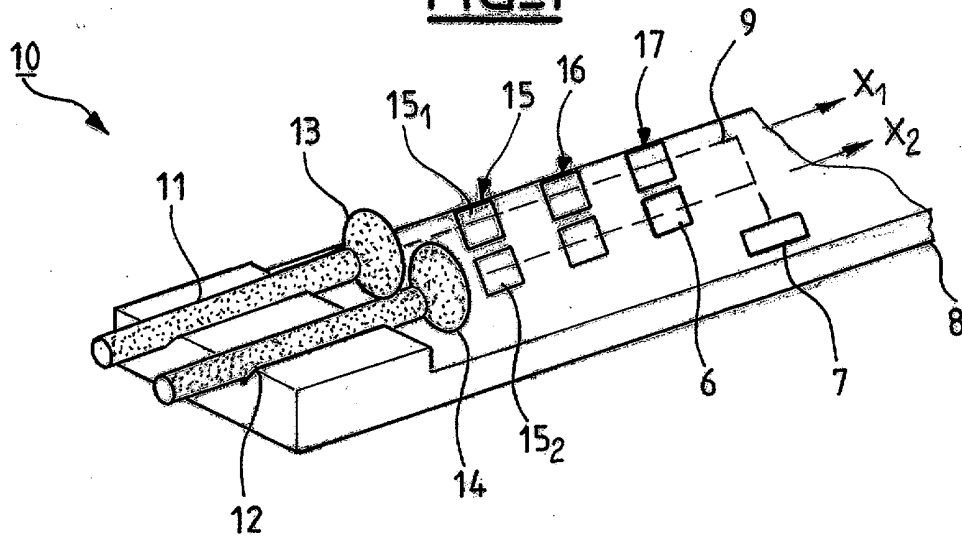
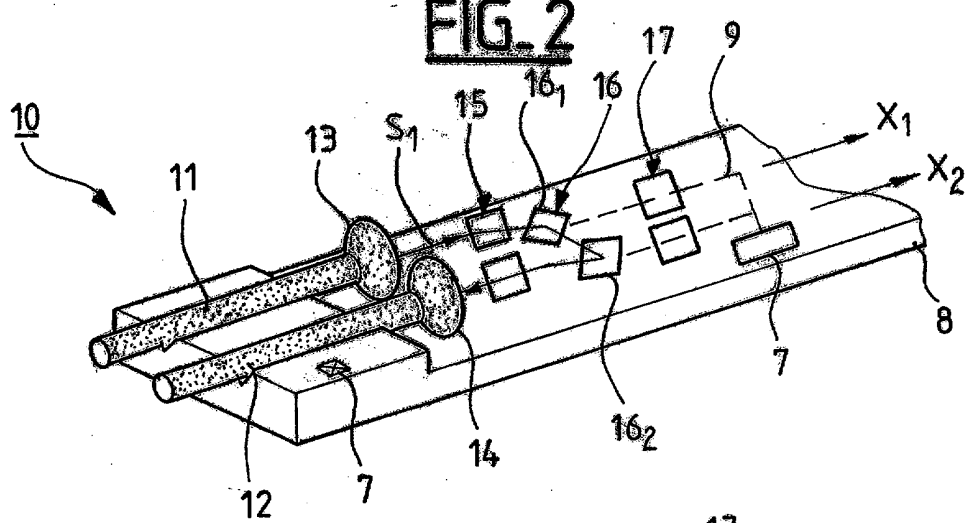
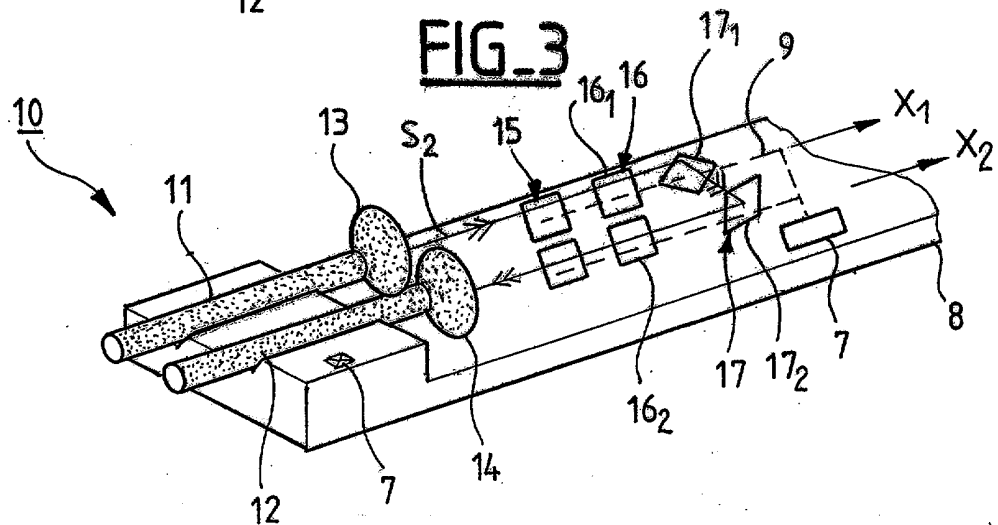
13. Ligne à retard (30) selon la revendication 12 caractérisée en ce que le ou lesdits micro-miroirs (6) et le ou lesdits micro-filtres en réflexion (37) sont intégrés dans un support (8).

14. Ligne à retard (30) selon l'une des revendications 12 ou 13 caractérisée en ce qu'elle comprend au moins deux micro-miroirs ($35_1...36_2$) et au moins un micro-filtre en réflexion sélectif en longueur d'onde ($37_1, 37_2$), ledit micro-filtre en réflexion sélectif en longueur d'onde ($37_1, 37_2$) étant placé sur le chemin optique entre deux micro-miroirs ($35_1...36_2$) successifs.

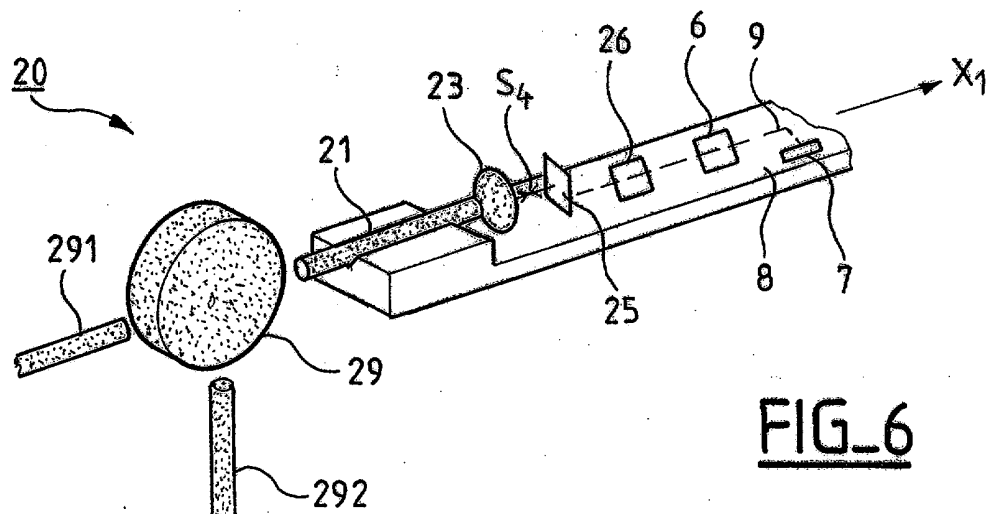
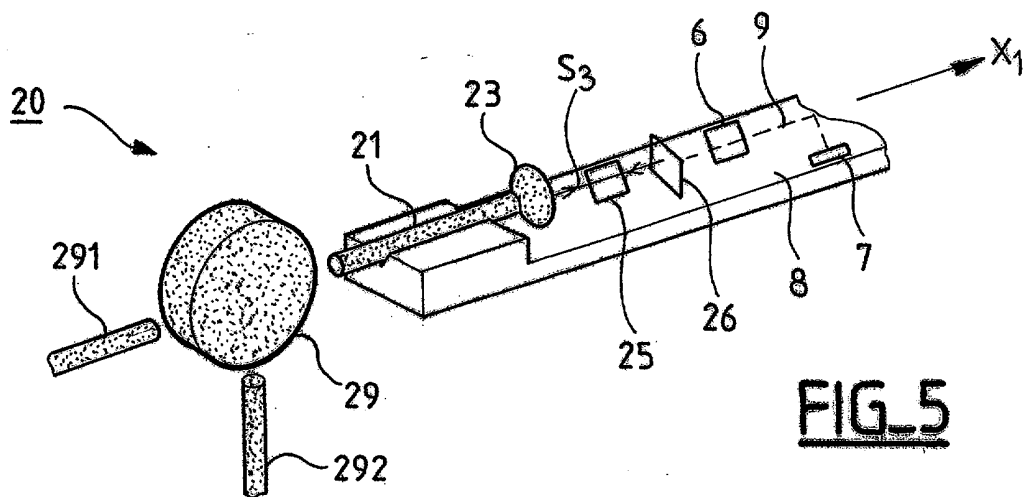
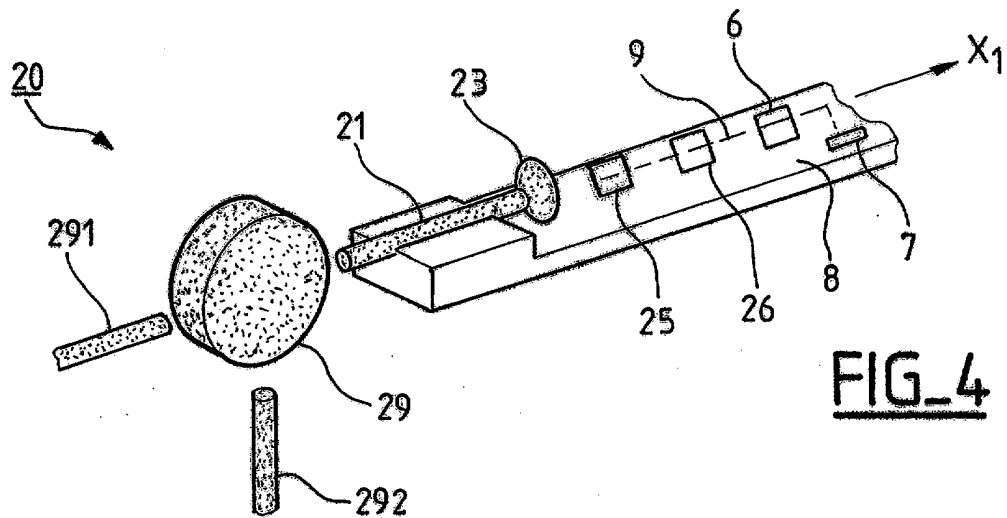
25 **15.** Ligne à retard (30) selon l'une des revendications 12 à 14 caractérisée en ce qu'au moins un micro-filtre en réflexion est un micro-réseau de Bragg ($37_1, 37_2$).

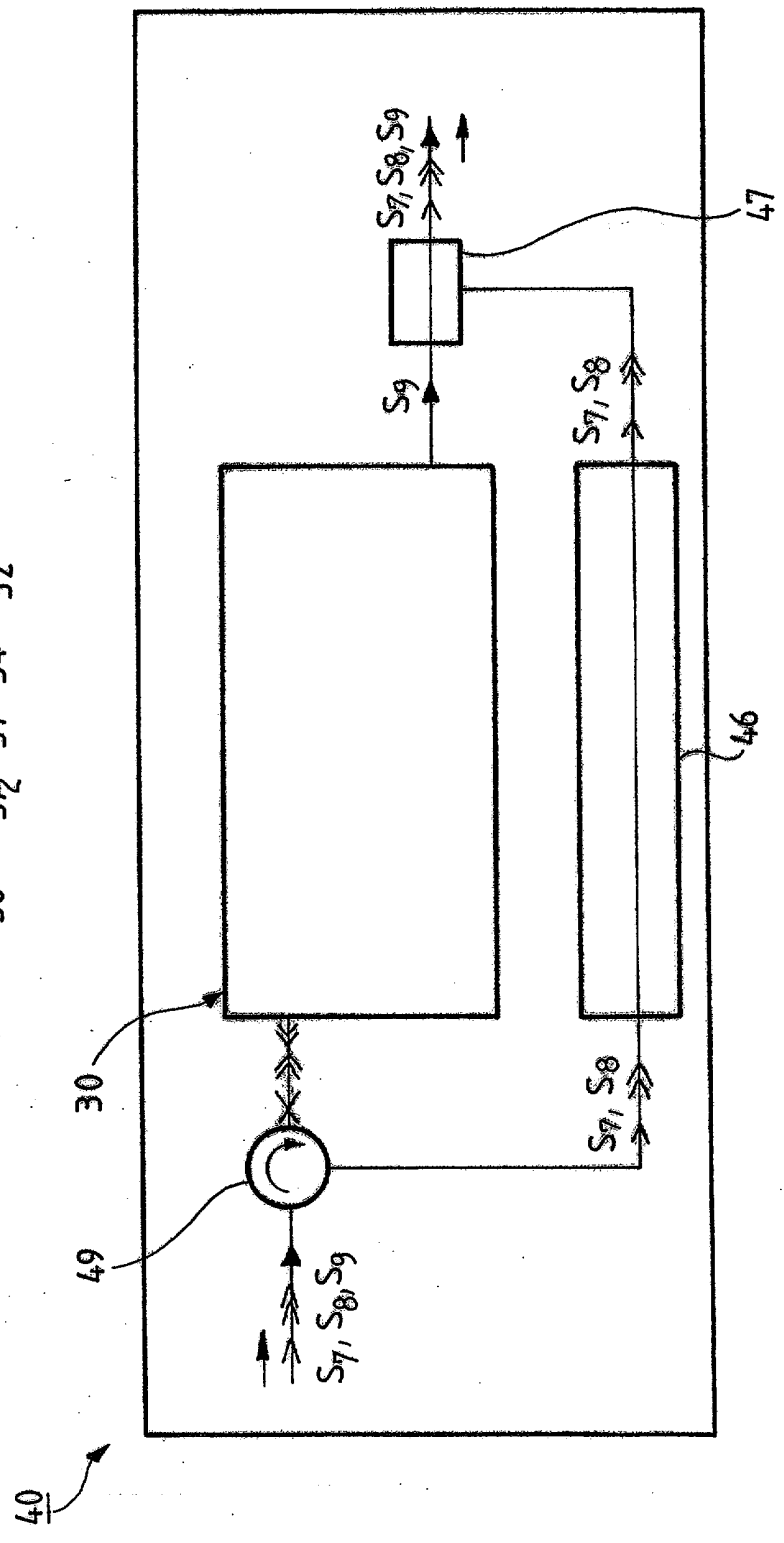
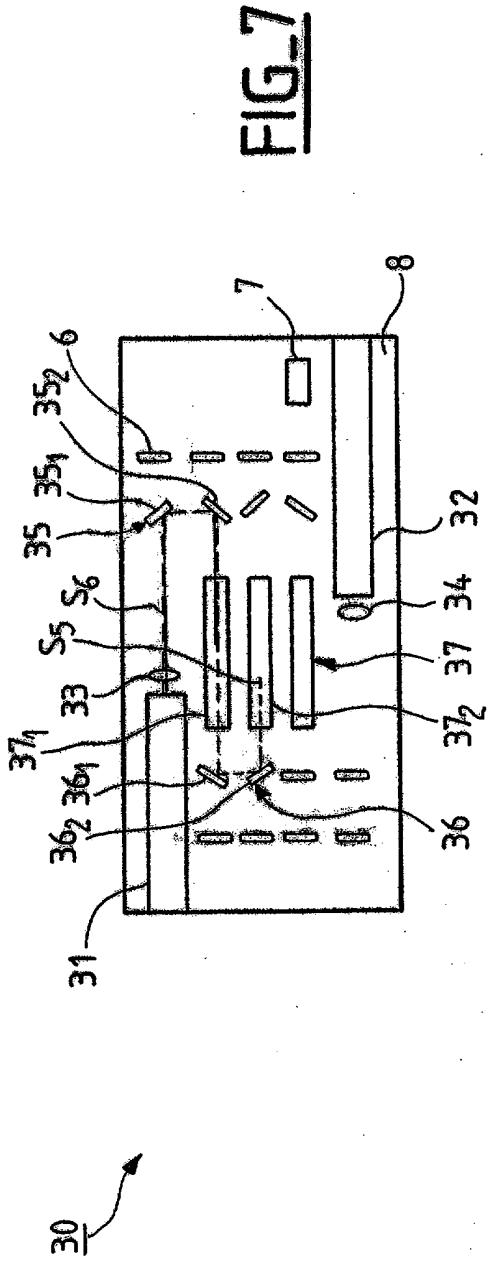
16. Système de transmission (40) de signaux ($s_1 \dots s_9$) caractérisé en ce qu'il comprend une ligne à retard optique (10, 20, 30) selon l'une des revendications 1 à 15.

1/3

FIG. 1**FIG. 2****FIG. 3**

2/3





**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 606857
FR 0105614

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	WU M C ET AL: "OPTICAL MEMS: HUGE POSSIBILITIES FOR LILLIPUTIAN-SIZED DEVICES" OPTICS AND PHOTONICS NEWS, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, DC, US, vol. 9, no. 6, juin 1998 (1998-06), pages 25-29, XP000989799 ISSN: 1047-6938 * page 26, colonne 1 - colonne 2; figure 1 * * page 27, colonne 2 * * page 28, alinéa MEMS... *	1-10,16	G02B6/35 G02B26/08
X	MAGEL G A ET AL: "PHOSPHOSILICATE GLASS WAVEGUIDES FOR PHASED-ARRAY RADAR TIME DELAY" PROCEEDINGS OF THE SPIE, SPIE, BELLINGHAM, VA, US, vol. 1703, 20 avril 1992 (1992-04-20), pages 373-378, XP000199263 * le document en entier *	1-6,16	
A	EP 0 926 853 A (LUCENT TECHNOLOGIES INC) 30 juin 1999 (1999-06-30) * abrégé; figures 9,10 * * colonne 4, alinéa 13 - alinéa 15 * * colonne 15, ligne 3 - colonne 16, ligne 24 *	10-12, 14,15	G02B B81B
A	US 5 066 088 A (DAVIES DAVID K ET AL) 19 novembre 1991 (1991-11-19) * abrégé; figures * * colonne 1, ligne 51 - colonne 2, ligne 42 *	7,8	
A	DE 199 03 523 A (BRINKMEYER ERNST) 3 août 2000 (2000-08-03) * le document en entier *	11,12	
	-/--		
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
14 mars 2002		Faderl, I	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p>		<p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>	

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 606857
FR 0105614

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	US 5 796 510 A (YAO X STEVE) 18 août 1998 (1998-08-18) * abrégé; figures 1,3,10 * ---	1,10	
A	WO 00 10038 A (TEMPLEX TECHNOLOGY INC) 24 février 2000 (2000-02-24) * abrégé; figures 1-6 * * colonne 7, ligne 50 - colonne 8, ligne 63 * -----	12,14,15	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		14 mars 2002	Faderl, I
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

1
EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0105614 FA 606857**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 14-03-2002

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0926853	A	30-06-1999	US	5974207 A	26-10-1999
			EP	0926853 A2	30-06-1999
			JP	11289562 A	19-10-1999

US 5066088	A	19-11-1991	AUCUN		

DE 19903523	A	03-08-2000	DE	19903523 A1	03-08-2000

US 5796510	A	18-08-1998	US	5978125 A	02-11-1999

WO 0010038	A	24-02-2000	US	6292282 B1	18-09-2001
			EP	1112517 A1	04-07-2001
			WO	0010038 A1	24-02-2000
