



HAL
open science

Un multiplexeur 3 voies à faibles pertes

Ph. Gacoin, J. Cl. Gautherin, F. Bos, D. Lepère, J. Flamand, J.P. Laude

► **To cite this version:**

Ph. Gacoin, J. Cl. Gautherin, F. Bos, D. Lepère, J. Flamand, et al.. Un multiplexeur 3 voies à faibles pertes. *Revue de Physique Appliquée*, 1984, 19 (2), pp.99-102. 10.1051/rphysap:0198400190209900 . jpa-00245180

HAL Id: jpa-00245180

<https://hal.science/jpa-00245180>

Submitted on 4 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Classification

Physics Abstracts

42.00 — 42.80S — 42.80M

Un multiplexeur 3 voies à faibles pertes

Ph. Gacoïn, J. Cl. Gautherin, F. Bos, D. Lepère, J. Flamand et J. P. Laude

I.S.A. Division Jobin-Yvon, Services des Recherches, 16-18, rue du Canal, 91160 Longjumeau, France

(Reçu le 3 juin 1983, révisé le 15 novembre, accepté le 16 novembre 1983)

Résumé. — Un multiplexeur à filtres fonctionnant sur trois canaux est décrit. Il est basé sur le couplage de la fibre de ligne avec chacune des fibres d'émission ou de réception par des miroirs concaves travaillant au centre de courbure et présente peu d'aberration. L'extraction de chaque longueur d'onde ou son injection dans la ligne se fait par réflexion sélective sur les miroirs à couches multidiélectriques.

Le composant appelé « TRIMAX » a été conçu pour fonctionner à 0,825, 0,87 et 1,3 μ . Les pertes sont inférieures ou égales à 0,3 dB pour la première voie, 0,75 dB pour la deuxième voie et 1 dB pour la troisième. Un taux de paradiaphonie aussi bas que - 78 dB a été mesuré entre voies proches. La distance intracanaux à - 50 dB de paradiaphonie et 1 dB de perte peut être réduite jusqu'à 25 nm.

Un composant appelé « BIMAX », destiné à séparer 0,8 de 1,3 μ a également été fabriqué. Les pertes sont bien inférieures à 1 dB pour les deux voies et le taux de réjection de 0,8 sur 1,3 μ très élevé.

Abstract. — We have developed a three-channel multi/demultiplexer for WDM transmission. Optical coupling of fibres by concave mirrors is used. Working at curvature centre produces very small aberration. Extraction or injection in line fibre is obtained by selective reflexion on dielectric mirrors.

This component named « TRIMAX » can be used at 0.825, 0.87 and 1.3 μ . Insertion losses are 0.3, 0.75 and 1 dB respectively. Crosstalk between the two near channels is - 78 dB. Around 1 dB insertion loss and - 50 dB crosstalk can be obtained for about 25 nm channel spacing.

A two channels multi/demultiplexer named « BIMAX » was developed with insertion losses of 0.15 dB and 0.7 dB at 0.8 and 1.3 μ respectively. Crosstalk of 0.8 on 1.3 μ is < - 70 dB.

The devices have desirable features of small size compactness, high optical performances and high reliability.

Les multiplexeurs-démultiplexeurs de longueurs d'onde utilisent comme sélecteur de longueur d'onde un élément dispersif prisme ou réseau ou bien des filtres diélectriques [1-5]. Ces derniers offrent beaucoup d'intérêt pour traiter un petit nombre de voies (2 à 4) de longueurs d'onde assez éloignées. En particulier, les systèmes à filtres tolèrent à cause de leur large bande passante, des fluctuations de longueurs d'onde des sources lasers de plusieurs nanomètres.

Nous traitons, ici, le cas d'un multiplexeur : TRIMAX fonctionnant aux trois longueurs d'onde :

— dans la 1^{re} fenêtre

$$\lambda_1 = 0,825 \mu \quad \Delta\lambda = \pm 0,011 \mu$$

$$\lambda_2 = 0,87 \mu \quad \Delta\lambda = \pm 0,008 \mu$$

— dans la 2^e fenêtre

$$\lambda_3 = 1,3 \mu \quad \Delta\lambda = \pm 0,05 \mu.$$

Les caractéristiques recherchées étaient d'une part des pertes de l'ordre de 1 dB et d'autre part une dia-

phonie entre voies proches, la plus faible possible. En particulier, si l'émetteur à 0,825 μ est proche des récepteurs à 0,87 et 1,3 μ le blocage à 0,825 μ doit être < - 50 dB. De plus, les caractéristiques du composant doivent rester acceptables sur la plage de variation de la longueur d'onde de chaque source.

1. Principe du multiplexeur-démultiplexeur TRIMAX.

Trois miroirs concaves successifs permettent de coupler la fibre de ligne à chacune des fibres d'émission et de réception. Les centres de courbure des miroirs sont tous dans le même plan que les extrémités des fibres et il est possible de disposer les centres de courbure des miroirs de telle façon que le couplage entre fibres soit univoque.

Pour un système optique travaillant au centre de courbure les aberrations peuvent être rendues très faibles; on peut estimer que leur contribution aux pertes du système sont de 0,1 à 0,2 dB.

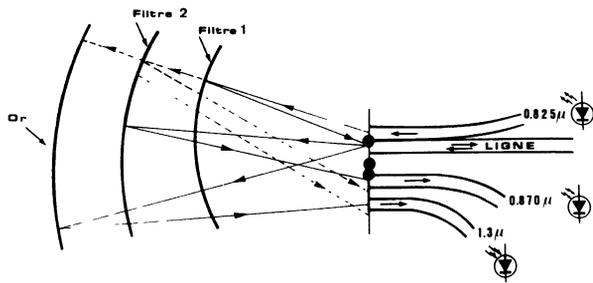


Fig. 1. — Schéma de principe du TRIMAX.
[Schematic diagram of the wavelength multi-demultiplexer TRIMAX.]

Le schéma de principe du TRIMAX est représenté figure 1.

Le principe de ce multiplexeur-démultiplexeur consiste en l'extraction ou l'injection dans la ligne de la longueur d'onde associée à chaque voie par réflexion sur les miroirs sélecteurs.

La disposition des miroirs et leurs fonctions de filtrage respectives ont été déterminées en fonction de plusieurs critères : exigence de diaphonie ou para-diaphonie, facilité de réalisation des filtres, mise à profit de la différence de sensibilité des détecteurs au silicium ou au germanium à 1,3 μ ainsi que l'atténuation des fibres qui est plus faible à 1,3 μ qu'à 0,8 μ.

Dans le cas présent la longueur d'onde 0,825 μ est extraite la première, puis 0,87 et enfin 1,3 μ qui se réfléchit sur un miroir traité or.

Les fonctions de filtrage pour un tel dispositif sont de deux types :

— Le filtre de tête réfléchit 0,825 μ et laisse passer 0,87 μ et 1,3 μ. C'est un filtre à front raide réalisé à partir d'un empilement d'un grand nombre de couches d'épaisseurs calculées pour réduire au maximum l'amplitude des suroscillations dans la bande passante tout en conservant une bonne transmission à 1,3 μ.

— Le deuxième filtre est un passe-haut facile à réaliser, le seul problème étant d'obtenir, comme pour le filtre précédent, une bonne transmission à 1,3 μ.

2. Caractéristiques des filtres.

La figure 2 montre la courbe de transmission du 1^{er} filtre. La pente est un peu plus faible que celle de la courbe calculée, mais suffisante pour permettre de séparer 0,825 et 0,87 μ. Les transmissions de 5 % et 95 % sont distantes de 34 nm. La transmission à 1,3 μ reste supérieure à 97 % de 1,3 à 1,6 μ.

La figure 3 montre la courbe de transmission du filtre passe-haut.

La zone de haut pouvoir réflecteur est très étendue ; supérieure à 200 nm.

La transmission à 1,3 μ pourrait être améliorée. A noter que ce filtre est identique à celui utilisé dans les systèmes BIMAX (0,8 μ : 1,3 μ).

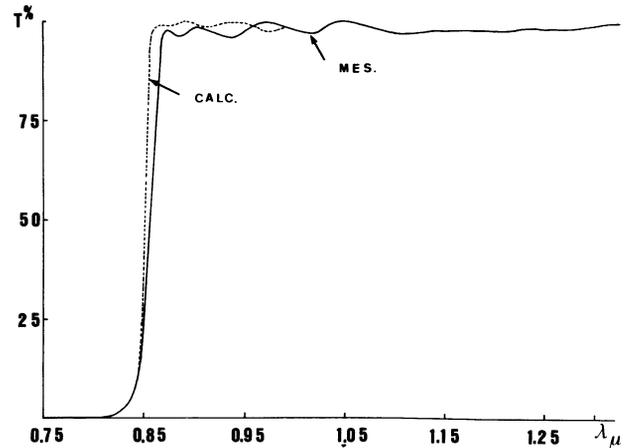


Fig. 2. — Courbe de transmission du miroir multidielectrique devant séparer 0,825 de 0,87 et 1,3 μ.
[Optical transmission characteristics of dichroic filter designed for 0.825 μ separation of 0.87 and 1.3 μ.]

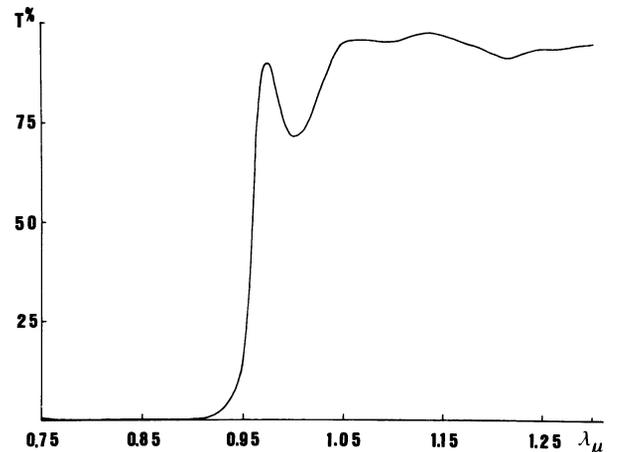


Fig. 3. — Courbe de transmission du miroir multidielectrique devant séparer 0,85 de 1,3 μ.
[Transmission curve of LWP filter vs. wavelength.]

3. Performances du TRIMAX.

3.1 MESURES DE PERTES. — Les pertes ont été mesurées à l'aide d'un monochromateur avec une bande passante de 3 Å. Les détecteurs sont un photomultiplicateur pour la gamme spectrale jusqu'à 1 μ et une cellule au germanium refroidi pour 1,3 μ.

La figure 4 montre les courbes de pertes pour chacune des deux voies proches. Elles sont inférieures à 0,5 dB sur une très large gamme de longueur d'onde autour de 0,8 μ et inférieures à 1 dB pour la voie à 0,9 μ avec quelques irrégularités.

Pour la voie infra-rouge les pertes sont < à 1,3 dB à 1,3 μ et proches de 1 dB autour de 1,5 μ et 1,6 μ (Fig. 5).

Le déséquilibre des pertes entre 0,8 et 1,3 μ est en partie compensé par l'atténuation de la fibre qui est plus faible à 1,3 μ.

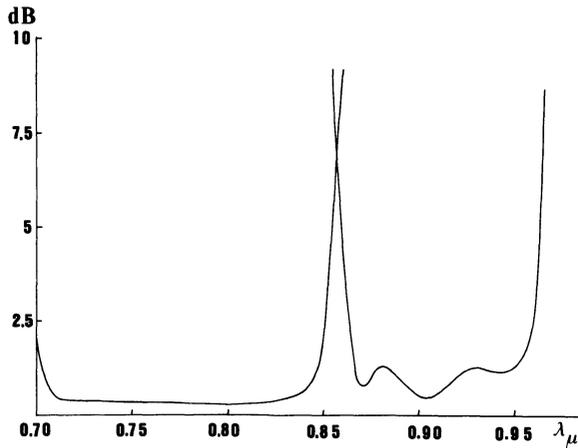


Fig. 4. — Pertes d'insertion du TRIMAX sur les deux canaux proches en fonction de la longueur d'onde.

[Insertion losses of the two near channels of TRIMAX vs. wavelength.]

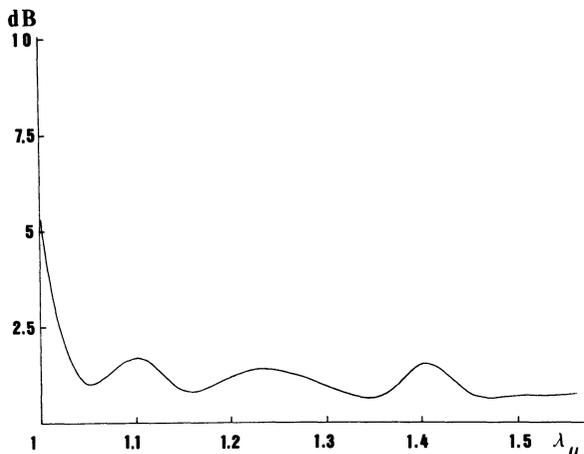


Fig. 5. — Pertes d'insertion du TRIMAX dans la 2^e fenêtre en fonction de la longueur d'onde.

[Insertion losses of TRIMAX in the second window.]

3.2 DIAPHONIE ET PARADIAPHONIE. — Théoriquement, le couplage des fibres par les miroirs sélecteurs interdit la diaphonie directe entre voies. Par contre, les imperfections des miroirs, la diffusion des optiques, les réflexions en bout de fibre peuvent être cause de diaphonie ou de paradiaphonie. Dans le cas qui nous occupe, la plus gênante est celle qui provient du signal envoyé par l'émetteur local à 0,825 μ sur le récepteur de la voie à 0,87 μ.

Dans ce cas, la paradiaphonie provient de la réflexion en bout de fibre de ligne qui traverse le premier miroir ($R < 100\%$ et tombe sur le second miroir qui couple la fibre de ligne à la fibre réceptrice à 0,87).

Pour que les mesures de diaphonie soient significatives, il faut que le taux de lumière parasite introduit par le système de mesure ; intégré sur la bande analysée, soit très inférieur à la diaphonie intrinsèque du composant. Le système de mesure a été sensiblement amélioré pour permettre des mesures jusqu'à près de - 60 dB avec le détecteur au silicium et - 40 dB avec le détecteur au germanium en utilisant un monochro-

mateur associé à une combinaison de filtres multidielectriques. En utilisant un laser à 0,82 μ il a même été possible de mesurer des paradiaphonies jusqu'à - 80 dB qui correspondent à quelques décibels près à celles qu'on peut calculer à partir des performances des miroirs. On peut en déduire qu'une paradiaphonie de - 50 dB est encore possible à 0,845 μ c'est-à-dire à 25 nm de la 2^e voie.

Tableau I. — Performances du multiplexeur-démultiplexeur TRIMAX (avec filtre de blocage supplémentaire sur les voies 0,87 et 1,3 μ). * Cette mesure tient compte de la sensibilité du détecteur au Si qui est 50 bB en-dessous de celle du détecteur au germanium à 1,3 μ. () Les valeurs entre parenthèses sont celles qui sont estimées d'après les caractéristiques des filtres.

[Performances of WDM TRIMAX (an additional filter on the 0.87 and 1.3 channels increase optical isolation). * Sensitivity of Si detector is 50 dB below germanium sensitivity at 1.3 μ. () Calculated value using optical characteristics of dielectric filters.]

SIGNAL PARA FIBRE SITE MESURE	TYPE de FIBRE	diaphonie (dB)			perte (dB)	paradiaphonie (dB)		
		0.825	0.870	1.3 μ		0.825	0.870	1.3 μ
0.825	G1 50x 125				0,4	Entrée	-34 (-38)	-42 (-38)
0.870	G1 50x 125	-60 (-55)		-63* (-13)	0,75	-78 (-77)	Entrée	-40 (-38)
ligne	G1 50x 125	Entrée	Entrée	Entrée				
1.3 μ	G1 50x 125	<-83 (-85)	-46 (-48)		1,3	<-82 (-128)	-63,5 (-83)	Entrée

Tableau II. — Performances du multiplexeur-démultiplexeur BIMAX (avec filtre de blocage supplémentaire sur la voie 1,3 μ). * Ces mesures tiennent compte de la sensibilité du détecteur au silicium qui est 50 dB en-dessous de celle du détecteur au germanium à 1,3 μ.

[Performances of WDM BIMAX (an additional filter increase the 1.3 μ channel isolation). * Sensitivity of the Si detector is 50 dB below germanium sensitivity at 1.3 μ.]

SIGNAL PARA FIBRE SITE MESURE	TYPE de FIBRE	diaphonie (dB)		perte (dB)	paradiaphonie (dB)	
		0.82 μ	1.3 μ		0.82 μ	1.3 μ
0.82 μ	G1 50x 125		-19*	0,15	entrée	-33*
ligne	G1 50x 125	entrée	entrée			
1.3 μ	G1 50x 125	-72,5		0,7	-75,5	entrée

L'ensemble des résultats de mesure figurent dans le tableau I.

Nous devons insister sur le fait que le multiplexeur TRIMAX a été réalisé pour un besoin particulier celui où $0,825 \mu$ correspond à l'émetteur local injecté sur la ligne et les longueurs d'onde à $0,87$ et $1,3 \mu$ circulant toutes les deux dans le sens opposé à $0,825 \mu$ et qui sont démultiplexées dans le TRIMAX.

Il est clair que pour d'autres applications, la disposition de miroirs et les fonctions de filtrage pourraient être différentes.

Un « BIMAX » de structure tout à fait analogue a été réalisé pour des voies de $0,8$ et $1,3 \mu$ avec seulement un filtre multidiélectrique identique au filtre n° 2 du TRIMAX et un miroir traité or. Les performances du BIMAX sont données dans le tableau II.

En conclusion nous avons réalisé des multiplexeurs à 2 et 3 voies à filtres multidiélectriques à faibles pertes, avec un très faible taux de diaphonie et paradiaphonie.

Ces composants nécessitent un petit nombre de pièces optiques faciles à assembler et sont indé réglables. La stabilité des performances sur une large gamme de longueur d'onde se prête bien à l'utilisation des sources lasers dont les longueurs d'onde peuvent dériver.

Remerciements.

Nous remercions la DAI et le CNET Lannion pour le soutien apporté à ce travail.

Bibliographie

- [1] THOMLINSON, W., *J. Appl. Opt.* **16** (1977) 8, 2180.
- [2] MALHEIN, H. F., *Optics Laser Techn.* Feb. 13 (1981).
- [3] WATANABE RYUCHI, FUJII YOHJI, NOSU KIYOSHI and MINOWA JUN-ICHIRO, *I.E.E.E. J. Quantum Electron.* **QE-17** (1981) 6.
- [4] WINZER, G., REICHEL, A., Wavelength, Division multiplex transmission over multimode optical fibres : *Comparison of multiplexing principles*, Siemens Forsch, u Entw, Ber 9, (1980) 217-226.
- [5] WINZER, G., MAHLEIN, H. F., REICHEL, A., *Applied Optics*, **20** (1981) n° 18.