

## Chapitre 3

# Les Composants Optiques Passifs



# Composants optiques passifs

## 1. Définition

Un composant optique *passif* est un composant qui ne nécessite pas un signal de commande extérieur afin de pouvoir fonctionner, il n'utilise que le signal optique d'entrée.

## 2. Exemples de quelques composants optiques passifs

### 2.1. Atténuateur optique fixe

Dans le domaine de télécommunication, les fibres monomode sont utilisées pour transporter de l'information sur plusieurs dizaines de kilomètres. Pour empêcher la surcharge optique du récepteur on doit réduire la puissance du signal en utilisant un composant optique appelé atténuateur. Les atténuateurs induisent une variable ou des pertes fixes dans le rôle est de réduire le signal transporté par la fibre. Cette atténuation est mesurée en décibels (dB). Ils sont largement utilisés dans les systèmes CWDM, DWDM et CATV, les réseaux de centres de données, les équipements de test et d'autres applications de haute puissance. Pour choisir un atténuateur, il vous faudra connaître la puissance du signal optique recherchée pour pouvoir choisir le type de connecteur ainsi que sa valeur d'atténuation.

Il existe deux types d'atténuateurs :

#### 2.1.1. Atténuateur fixe

Un atténuateur fixe est un atténuateur compact intégré qui permet une atténuation précise prédéterminée. La figure 1 montre un exemple d'atténuateur fixe.



Figure 1 : Atténuateurs fixe à fibre optique monomode

### 2.1.2. Atténuateur variable manuel

Les atténuateurs optiques variables manuels sont utilisés pour atténuer avec précision la puissance optique d'entrée 0 et 60 dB. Leur réglage s'effectue à l'aide d'une vis micrométrique. Ils sont utilisés pour des signaux de longueurs d'ondes entre 1310nm - 1550nm. Il est conçu pour la technologie de communication optique, et de tester un système avant sa mise en service. La figure 2 montre deux exemples d'atténuateurs variables.

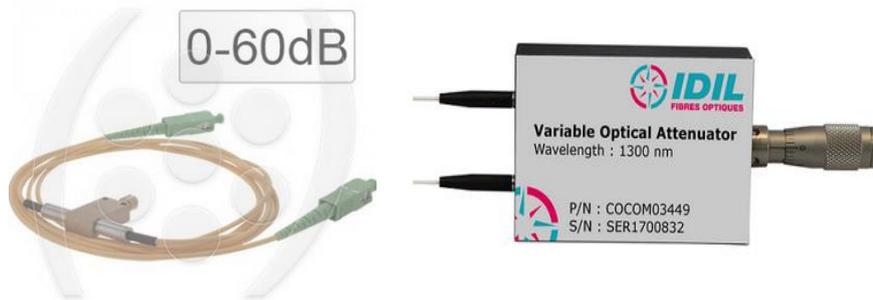


Figure 2 : Atténuateurs variables à fibre optique monomode

### 2.1.3. Circulateur à fibre optique

Un circulateur optique est un composant passif à trois ports (figure 3). Il a été réalisé initialement dans les années 1960. C'est à partir des années 1970, que les premiers prototypes des circulateurs réalisés par certains chercheurs fonctionnaient grâce à des phénomènes de polarisation. Ils sont conçus de telle manière à diriger un signal d'un port vers un autre avec un minimum de pertes.

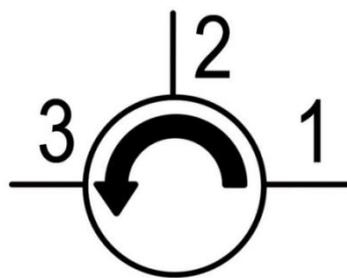


Figure 3 : Symbole d'un circulateur optique

Un signal entrant dans le port 1 sera dirigé vers le port 2, ainsi qu'un signal séparé du port 2 vers le port 3. Ils sont utilisés dans de nombreuses applications telles que les systèmes de transmission bidirectionnelle, les systèmes WDM, amplification de signal, etc...

La figure 4 montre un exemple d'un circulateur à trois ports.

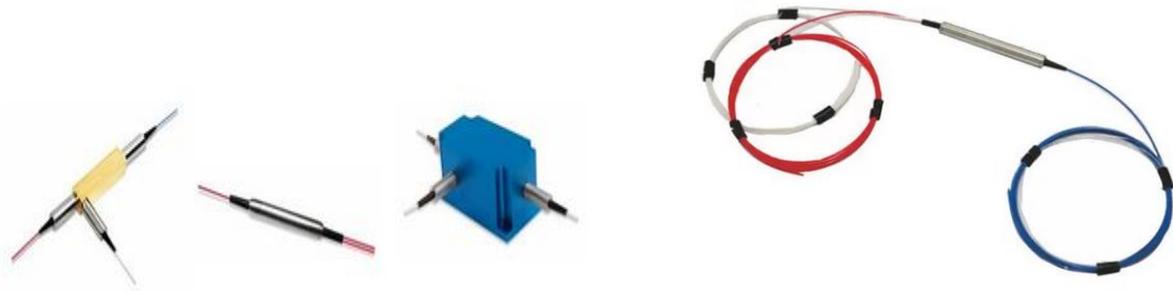
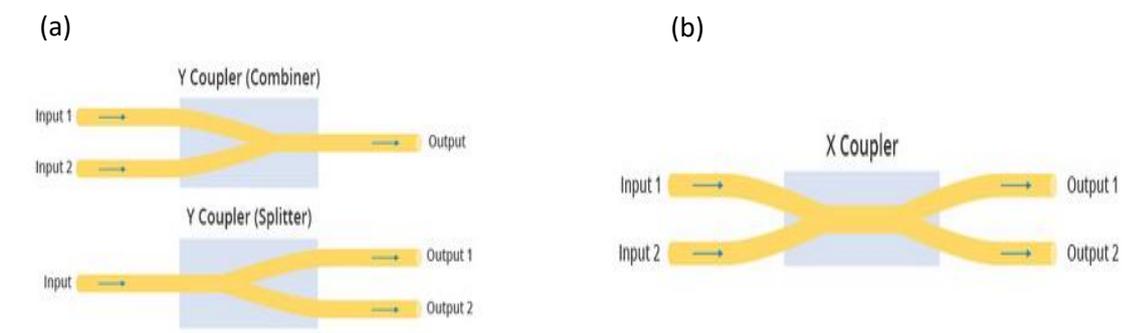


Figure 4 : Exemples de circulateurs optiques

#### 2.1.4. Coupleur optique

Un coupleur optique, est un composant passif fibré(en anglais splitter), Il est conçu pour diviser ou combiner des signaux optiques. Son rôle est de distribuer la puissance d'une fibre principale vers une ou plusieurs autres fibres. Ou de combiner plusieurs signaux lumineux vers une seule fibre. Par exemple, avec un coupleur à fibre optique 1 x 2, chaque sortie du coupleur est inférieure à la moitié de la puissance du signal d'entrée (sur une perte de 3 dB). On peut avoir plusieurs architectures : le coupleur en forme X, Y , T et en étoile. Les coupleurs en forme X, ont deux entrées et deux sorties par contre en étoile ils ont n entrées et n ou p sorties. Les coupleurs les plus utilisés en télécommunication optique sont les coupleurs en forme Y avec une entrée et deux ou plusieurs sorties, ou inversement (figure 5).



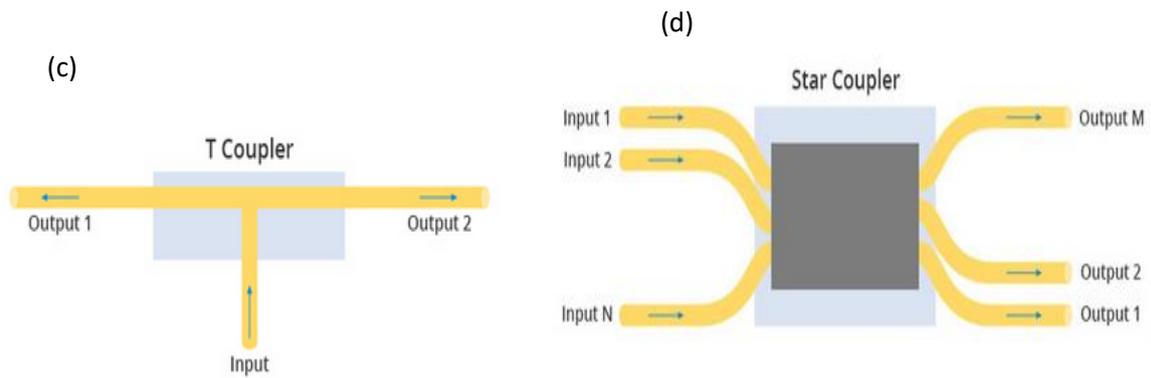


Figure5 : Les différents types de coupleurs : a) Y, b) X, c) T et d) en étoile

### 2.1.5. Polariseur optique

Un polariseur optique appelé parfois analyseur, est un dispositif qui permet de filtrer la lumière (figure6). Ce dernier ne laisse passer que la lumière qui a la même direction de polarisation que celui-ci. L'intensité transmise dépend des orientations du polariseur et du faisceau incident (. Il peut être utilisé aussi pour polariser une lumière non polarisée (figure7) ou changer sa polarisation si elle existe après avoir traversé ce dispositif.

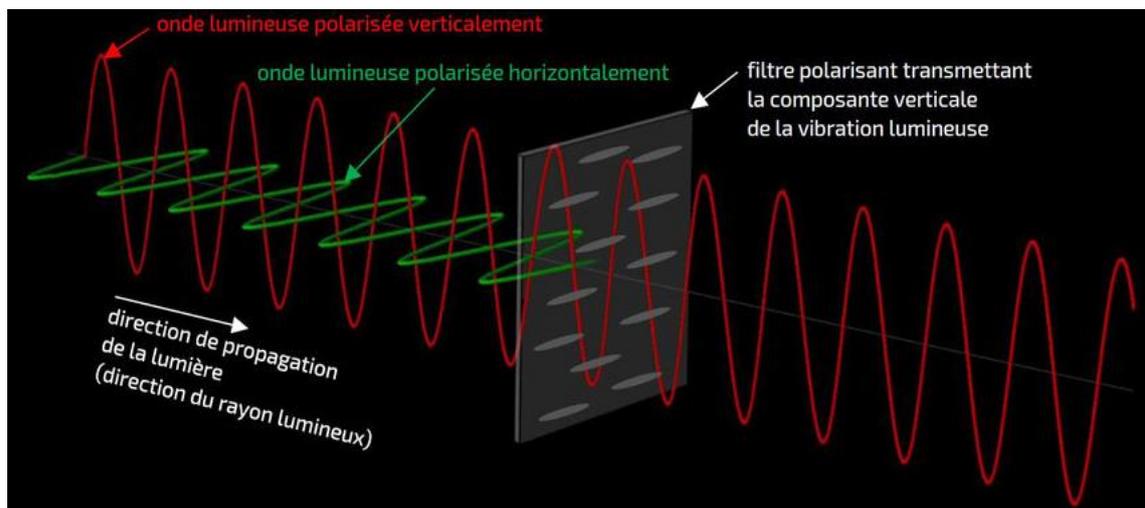


Figure6 : Fonctionnement schématique d'un polariseur

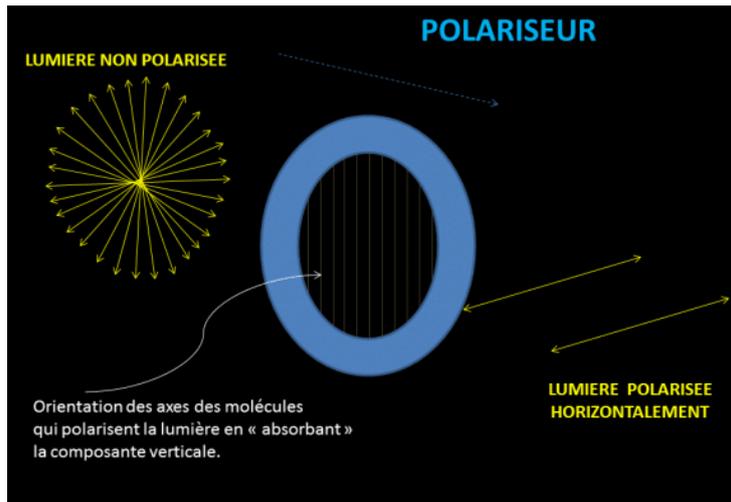


Figure7 : Schéma représentatif d'un polariseur optique

Les verres solaires dits « polarisants » agissent comme des « filtres » qui coupent la lumière polarisée par réflexion.

### 2.1.6. Miroir de Faraday

Le miroir de Faraday c'est un composant optique passif, qui permet d'effectuer une rotation de 90° par rapport à la polarisation de la lumière incidente (figure 8). Ils sont généralement utilisés dans les amplificateurs EDFA, les lasers à fibre, les systèmes DWDM.



Figure8 : Exemple d'un Miroir de Faraday

### 2.1.7. Isolateur optique

Un isolateur optique est un dispositif qui transmet un signal optique dans un seul sens tout en le bloquant dans la direction opposée (figures 9 et 10). L'isolateur optique est basé sur l'effet Faraday. Il est souvent utilisé dans les systèmes optiques pour éviter les réflexions indésirables dans le but de protéger des composants optiques qui peuvent nuire à leurs performances.

sont utilisés dans les réseaux de télécommunications optiques. Il est utilisé aussi pour un bon fonctionnement des amplificateurs à fibre optique.

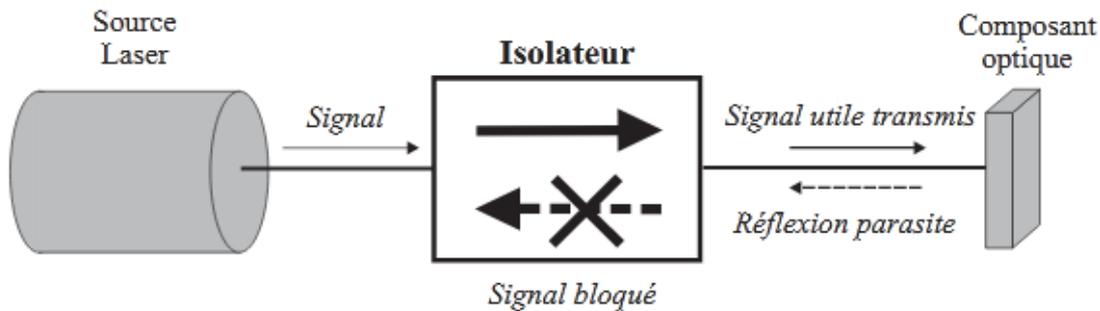


Figure9: Fonctionnement schématique d'un isolateur optique.



Figure10: Exemple d'un isolateur fibré

Le système comprend deux filtres de polarisation linéaires, le premier est orienté selon angle de référence  $0^\circ$ , il ne laisse passer que la lumière polarisée rectilignement. Entre ces deux filtre un rotateur non-réciproque de type faraday, est utilisé pour faire tourner la polarisation du signal optique de  $45$  degrés dans le sens des aiguilles d'une montre (figure11). Cette rotation est réalisée grâce à un effet magnéto-optique généré par la présence d'un champ magnétique crée par un aimant. Un deuxième filtre orienté à  $45^\circ$  placé après *le rotateur de Faraday*, il permet le passage du signal optique. S'il y a une réflexion du circuit optique provenant dans le sens opposé, le faisceau lumineux réfléchi doit traverser *le rotateur Faraday* dans le sens retour, ou il tournera de  $45^\circ$  supplémentaires dans la même direction que le signal d'entrée, jusqu'à atteindre  $90^\circ$ . Le signal sera bloqué par le premier filtre linéaire orienté à  $0^\circ$  placé après le rotateur de faraday. La lumière réfléchie ne sera pas transmise dans le sens opposé.

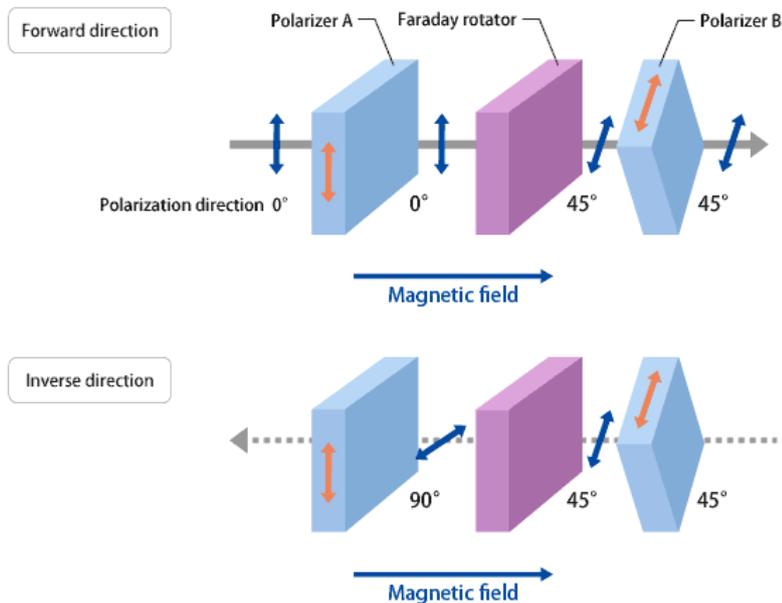
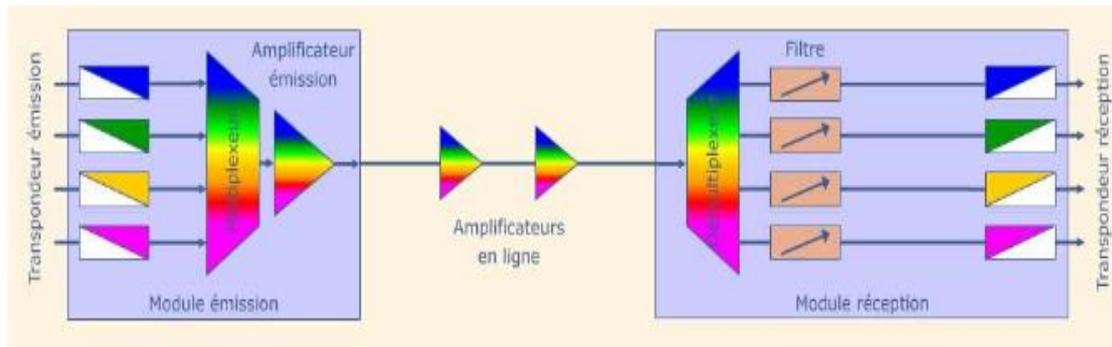


Figure11: Principe de fonctionnement d'un isolateur en utilisant un rotateur de Faraday

### 2.1.8. Multiplexeurs/Démultiplexeurs

Le principe d'un démultiplexeur consiste à utiliser plusieurs longueurs d'ondes pour transporter plusieurs canaux sur la même fibre optique, ce qui a permis d'augmenter la capacité de transmission tout en gardant le réseau existant (figure12).

Il existe plusieurs systèmes de multiplexage en longueurs d'onde qui sont différenciés par le nombre de canaux utilisables dans la fibre optique. Nous parlerons de DWDM (Dense WDM) si l'intervalle entre deux longueurs d'onde est inférieur ou égal à 0.8nm (soit 100 GHz). Lorsque 160 canaux peuvent être utilisables dans une même fibre avec un espacement de 0.2 nm et 0.4nm entre deux longueurs d'ondes, nous parlerons de UDWDM (Ultra Dense WDM). Une autre forme moins performante est le CWDM (Coarse WDM), pour ce système de multiplexage dix-huit canaux au maximum sont utilisés (figure 13).

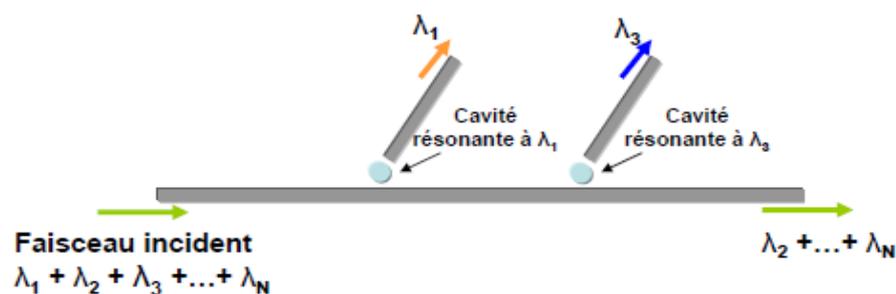


**Figure 12 :** Principe d'une liaison WDM .

Espacement		Nombre de canaux
1000 GHz ( $\Delta\lambda = 8 \text{ nm}$ )	4	WDM (Wavelength Division Multiplexing)
400 GHz ( $\Delta\lambda = 3,2 \text{ nm}$ )	8	
200 GHz ( $\Delta\lambda = 1,6 \text{ nm}$ )	16	DWDM (Dense WDM)
100 GHz ( $\Delta\lambda = 0,8 \text{ nm}$ )	32	
50 GHz ( $\Delta\lambda = 0,4 \text{ nm}$ )	80	UDWDM (Ultra Dense WDM)
25 GHz ( $\Delta\lambda = 0,2 \text{ nm}$ )	160	

**Figure 13 :** Les systèmes WDM .

Le démultiplexeur optique est le dispositif dont nous avons besoin pour séparer ces canaux et les livrer à l'utilisateur approprié. Il fait appel à une fonction indispensable qui est le filtrage, pour sélectionner un canal parmi plusieurs porteuses du Multiplexeur. La lumière sera guidée et emprisonnée dans des cavités résonantes, ensuite elle sera extraite vers les guides de sorties (figure 14).



**Figure 14 :** Démultiplexage en longueur d'onde WDM à l'aide de cavités résonantes.

## **Références**

- Fadi Choueikani « Étude des potentialités de couches minces sol-gel dopées par des nanoparticules magnétiques pour la réalisation de composants magnéto-optiques intégrés » Thèse de doctorat,(2008) Saint-Etienne, France
- François Parsy « Contribution à l'intégration d'un isolateur optique sur verre : fonctions réciproques et non réciproques de contrôle de la polarisation » Thèse de doctorat,(2013) Grenoble, France
  - Elodie JORDAN « Dimensionnement et réalisation d'un rotateur de polarisation à évolution de mode en optique intégrée sur verre » Thèse de doctorat,(2016) Grenoble, France
- Sami Baraketi, Ingénierie des réseaux optiques SDH et WDM et Etude Multicouche IP /MPLS sur OTN sur DWDM, Thèse de doctorat, Université de Toulouse, 2015.
- Bali Sif Eddine et Boukhenef Amir « Contribution a la modélisation d'une démultiplexeur en longueur d'onde à base de cristaux photoniques » Mémoire de master encadrée par LABBANI Amel, Université de constantine , 2018

## Web

- <http://www.o-eland.com/French%20Version/passive/list.htm>
- <https://elfcams.com/product/attenuateur-a-fibre-optique-fixe-monomode-lc-upc>
- <https://www.telenco-distribution.com/pr25695/attenuateur-variable-sm-double-fenetre-1310-1550nm-sc-apc-longueur-1m>
- <https://www.idil-fibres-optiques.com/fr/product/attenuateur-optique-variable/>
- <http://www.nano-giga.fr/wdm-circulateurs-et-isolateurs/>
- [https://fr.wikipedia.org/wiki/Circulateur\\_\(optique\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Circulateur_(optique))
- <http://french.sfpfibermodule.com/quality-7722224-3-ports-fiber-optics-components-circulator>
- [https://dondon.vvv.enseirb-matmecca.fr/TPmesures/coursoptique/TP\\_fibre%20optique2.htm](https://dondon.vvv.enseirb-matmecca.fr/TPmesures/coursoptique/TP_fibre%20optique2.htm)
- <https://community.fs.com/blog/how-do-different-fiber-optic-couplers-work.html>
- [http://sesp.esep.pro/fr/pages\\_polarisation/polariseurs.html](http://sesp.esep.pro/fr/pages_polarisation/polariseurs.html)
- <https://www.123couleurs.fr/explications/explications-lumi%C3%A8re/tl-polarisation/>
- <https://www.gatinel.com/recherche-formation/la-nature-de-la-lumiere-approche-historique/polarisation-de-la-lumiere>
- <http://www.nano-giga.fr/faraday-miroirs-collimateurs-de-fibres/>
- <https://www.fiberoptics4sale.com/blogs/wave-optics/99205446-faraday-effect>