

T.P. numéro 3 :

Transmission d'un signal par une fibre optique .

Buts du TP : le but de ce troisième TP est d'étudier la transmission d'un signal à travers un système constitué par un photoémetteur + une fibre optique + un photorécepteur. On commencera par donner l'intérêt des fibres optiques par rapport à la transmission par fil ou par câble coaxial (TP n°2) en lisant l'annexe 1 .

I – Informations sur la fibre optique.

Après avoir lu l'annexe 1, citez deux avantages de l'utilisation de la fibre optique sur le système câble (électrique ou coaxial).

Avantages de la transmission par fibre optique :

-
-

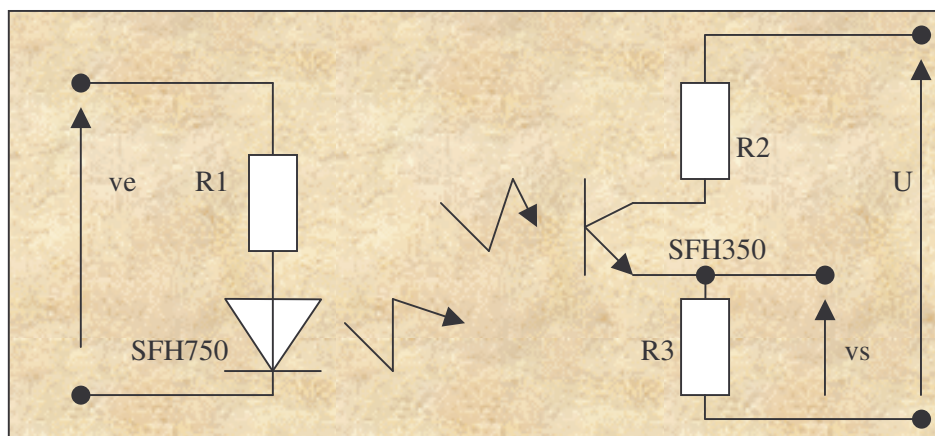
Donnez les trois grands types de fibre optique et précisez le cas où on utilise une fibre optique monomode.

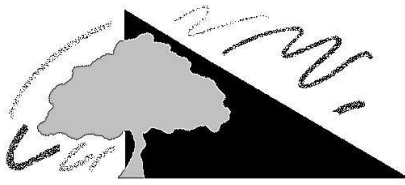
II – Description de la maquette ligne de transmission optique.

La maquette est constituée :

- d'un photoémetteur : une photodiode. SFH750
- de la fibre optique
- d'un photorécepteur : le phototransistor. SFH350

Ainsi que de plusieurs résistances qui permettent de limiter le courant à des valeurs acceptables pour les composants.





On suppose que $v_e(t)$ est un signal carré [0-8 V] et de fréquence $f = 100$ Hz.

La tension de seuil de la diode SFH750 est de $V_D = 2$ V.

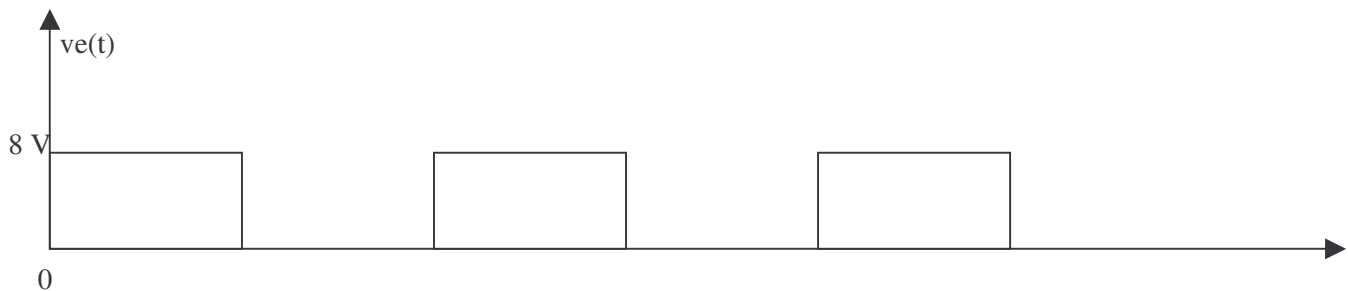
Quelle valeur doit-on donner à R_1 pour que le courant dans la photodiode ne dépasse pas $I = 10$ mA ?

Est-ce le cas sur la maquette ?

On suppose que le phototransistor fonctionne en saturé bloqué :

- Si il n'y a pas de courant dans la photodiode, le phototransistor ne reçoit pas de lumière et est bloqué : que vaut alors v_s ?
- Si un courant suffisant circule dans la photodiode, il est saturé et $V_{ce} = V_{cesat}$: que vaut alors v_s en fonction de U et de V_{cesat} si on suppose que la tension aux bornes de R_2 est petite ($R_2 \ll R_3$) ?

Tracer la tension v_s sur le chronogramme ci-dessous en prenant comme valeurs théoriques $U = 10$ V et $V_{cesat} = 0,5$ V.



Effectuer le montage et mesurer V_{cesat} réel.

Augmenter la fréquence et noter les changements dans la forme de $v_s(t)$.

Diminuer la fréquence et conclure sur la bande de fréquences où le signal est correctement transmis.

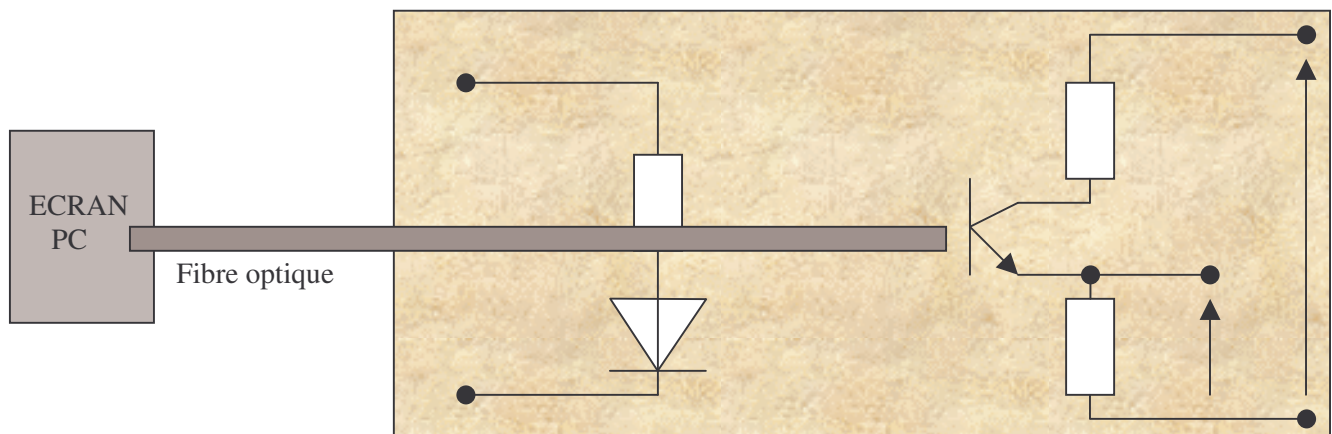
Mettre pour $v_e(t)$ un signal sinusoïdal positif de 2 à 4 V. Qu'obtient-on en sortie ? Augmenter la fréquence et conclure.

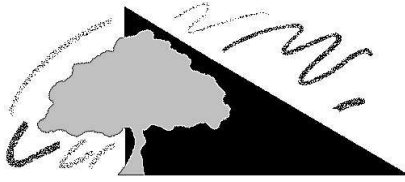
III – Utilisation de la fibre optique : mise en évidence du rafraîchissement de l'écran d'un ordinateur.

En dirigeant la fibre optique sur un endroit éclairé d'un écran d'ordinateur, on constate des pics de tension espacés de 14 à 20 ms. Le spot lumineux sur un écran de type VGA met environ 14 ms avant d'éclairer à nouveau ce même point. Le rafraîchissement complet de l'écran dure environ 14 ms, ce qui correspond à 70 (1/14 ms) images/seconde. Pour mettre en évidence le balayage horizontal du spot lumineux, il suffit de diriger l'extrémité de la fibre optique sur le faisceau lumineux. Commencer par donner les différentes fréquences de rafraîchissement possibles pour votre PC (aller dans « affichage », « propriétés avancées », « carte » et « taux de rafraîchissement »)

Mettez le taux de rafraîchissement de l'écran à $f = 85$ Hz.

Effectuer alors le montage suivant et retrouver le temps de rafraîchissement de l'écran de votre PC à partir du chronogramme de $v_s(t)$:





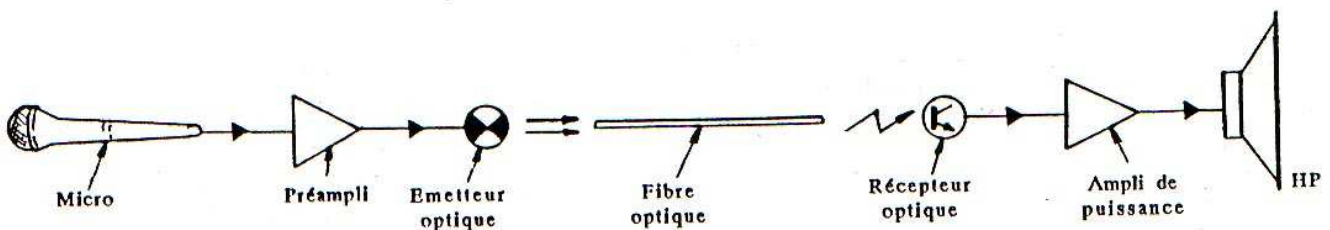
Changer la fréquence de rafraîchissement de l'écran ($f = 75$ Hz, puis $f = 60$ Hz) et reprendre le chronogramme de $v_s(t)$. Vérifier que la fréquence de $v_s(t)$ est bien la même que celle du rafraîchissement de l'écran.

Peut-on faire la même chose avec l'écran de votre oscillo ? (TDS 210) Pourquoi ?

IV – Utilisation n°2 de la fibre optique : transmission de la parole

On veut étudier comment le signal « voix humaine » est transmis à travers une fibre optique.
Pour cela, il est nécessaire d'utiliser un capteur transformant la voix en signal électrique : c'est le micro noté MICEL.

La voix humaine est un signal sinusoïdal dont la fréquence est comprise entre 20Hz et 20 kHz.
Le schéma global est le suivant :

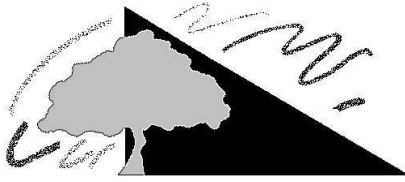


Le préampli est le module nommé CHS2 et l'ampli de puissance est le module CHS 5. On les alimentera en [0-10 V].

On placera les modules émetteur et récepteur loin l'un de l'autre et on placera le bouton « volume » de l'ampli CHS 5 au minimum pour éviter l'effet LARSEN.

Effectuer le montage complet en branchant d'abord la sortie de l'ampli CHS 5 sur l'oscillo.
Parler dans le micro et enregistrer le signal d'entrée et le signal de sortie.

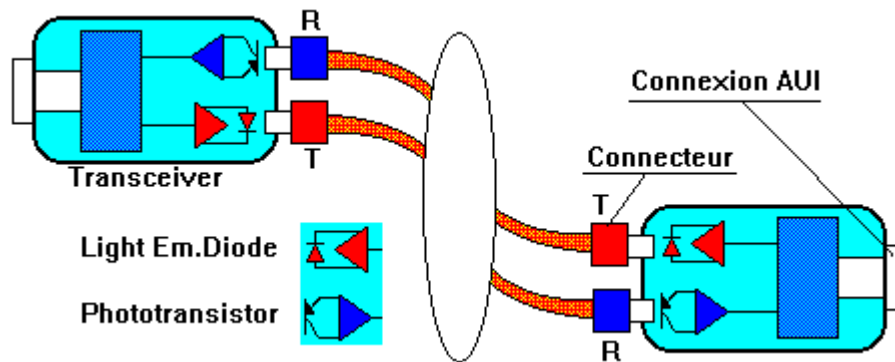
Placer ensuite le Haut Parleur avec deux longs fils (loin du micro) et vérifier que la transmission est bonne en comparant le signal avant et après la fibre optique. (attention à l'effet LARSEN !!)



Annexe 1: principe de fonctionnement d'une fibre optique.

La fibre optique fait partie d'un ensemble de ligne de transmission de données en utilisant les ondes lumineuses comme support. Pour véhiculer un signal électrique, il faut donc un système qui change le signal électrique en signal lumineux (émetteur), un « câble » de signal lumineux (fibre optique) et un système qui transforme le signal lumineux en électricité (photorécepteur).

Exemple pour une liaison ethernet :



Le transceiver optique a pour fonction de convertir des impulsions électriques en signaux optiques véhiculés au coeur de la fibre. A l'intérieur des deux transceivers partenaires, les signaux électriques seront traduits en impulsions optiques par une LED et lus par un phototransistor ou une photodiode.

On utilise une fibre pour chaque direction de la transmission.

Les émetteurs utilisés sont de trois types:

- Les LED *Light Emitting Diode* qui fonctionnent dans le rouge visible (850nm). C'est ce qui est utilisé pour le standard Ethernet. C'est le cas de la diode du TP
- Les diodes à infrarouge qui émettent dans l'invisible à 1300nm
- Les lasers, utilisés pour la fibre monomode, dont la longueur d'onde est 1300 ou 1550nm

Le principe de fonctionnement des fibres optiques est basé sur la transmission des rayons lumineux dans des milieux d'indice optique différent : d'après ce principe, lorsqu'un rayon lumineux passe d'un milieu à un autre dont l'indice de réfraction est plus faible, il peut être réfléchi. De plus, lorsque l'angle d'incidence du rayon lumineux est plus grand que l'angle critique, la lumière est réfléchie en totalité et il n'y a aucune perte de lumière (figure 3.1).

La réflexion totale interne est régie par deux facteurs : les indices de réfraction des deux milieux et l'angle critique. Ces facteurs sont reliés par l'équation suivante :

$$\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

En connaissant les indices de réfraction des deux matériaux de l'interface, l'angle critique peut facilement être calculé.

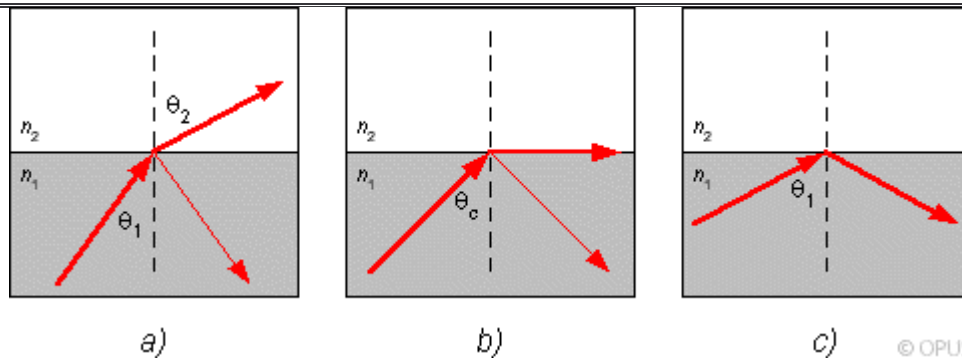
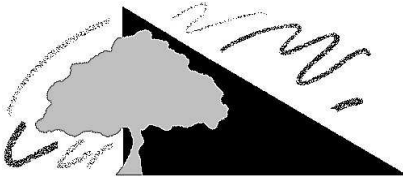


Figure 3.1 a) Réfraction d'un rayon lumineux pour $\theta_1 < \theta_c$, le rayon incident est aussi partiellement réfléchi dans le premier milieu; b) rayon critique lorsque $\theta_1 = \theta_c$; et c) réflexion totale interne pour $\theta_1 > \theta_c$.

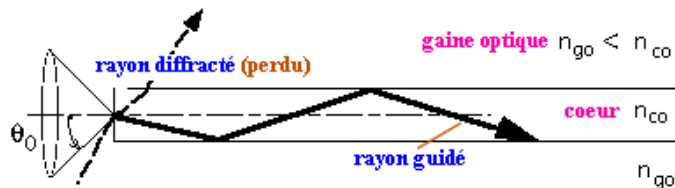
Physiquement, l'indice de réfraction d'une substance est le rapport entre la vitesse de la lumière dans le vide (c) et sa vitesse dans le matériau (v).

$$n = \frac{c}{v}$$

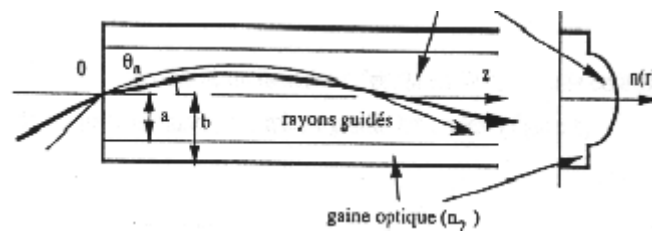
La lumière voyage donc plus rapidement dans un matériau avec un indice de réfraction plus petit. Il est à noter que l'indice de réfraction du vide est de 1. On dit aussi que l'indice de l'air est égal à 1 puisque la vitesse de la lumière dans l'air est à peu près égale à celle dans le vide. En comparaison, l'indice de réfraction de l'eau est de 1,33. Notez bien que l'indice de réfraction est une quantité qui n'a pas d'unité, puisqu'il s'agit d'un rapport entre deux vitesses, et qu'il est toujours plus grand ou égal à 1.

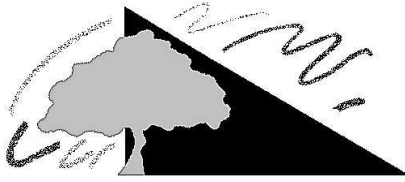
Il existe trois types de fibre optique

- **La fibre à saut d'indice** 200/380 constituée d'un coeur et d'une gaine optique en verre de différents indices de réfraction. Cette fibre provoque de par l'importante section du coeur, une grande dispersion des signaux la traversant, ce qui génère une déformation du signal reçu.

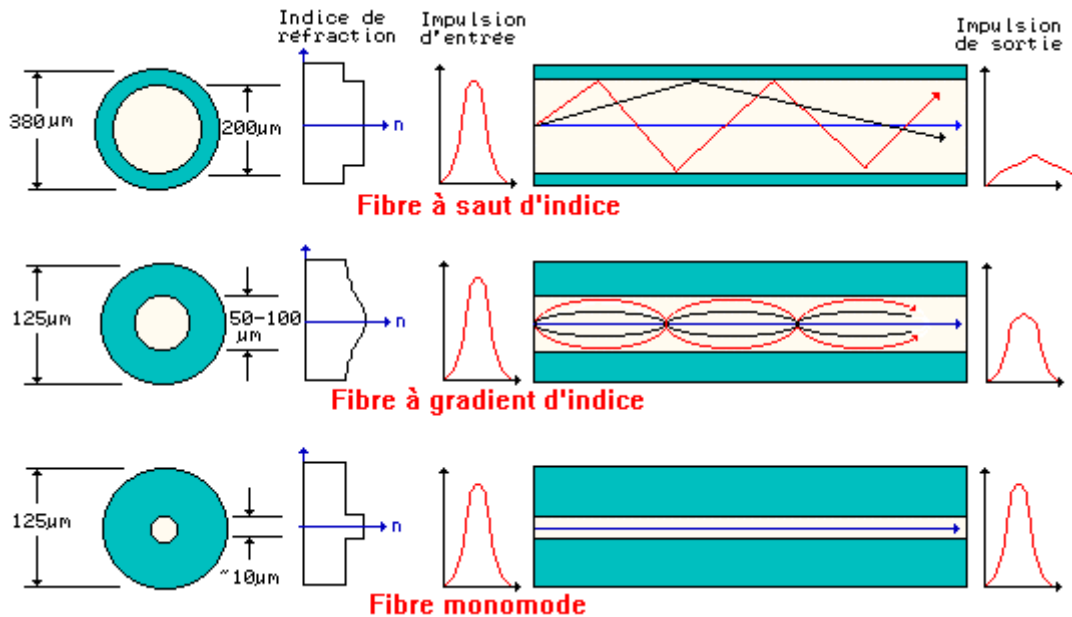


- **La fibre à gradient d'indice** dont le coeur est constitué de couches de verre successives ayant un indice de réfraction proche. On s'approche ainsi d'une égalisation des temps de propagation, ce qui veut dire que l'on a réduit la dispersion nodale. Bande passante typique 200-1500Mhz par km.



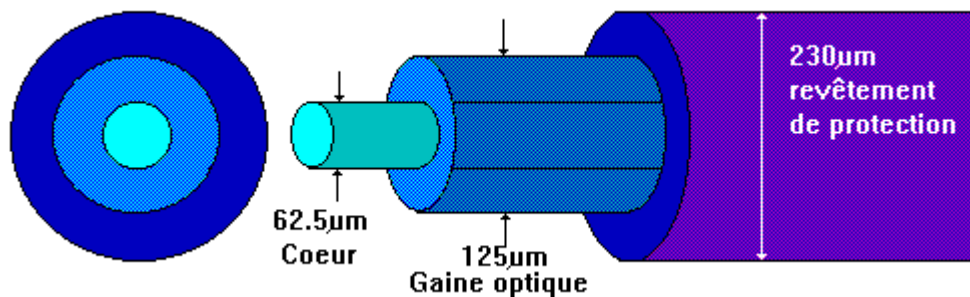


- La fibre **monomode** dont le coeur est si fin que le chemin de propagation des différents mode est pratiquement direct. La dispersion modale devient quasiment nulle. La bande passante transmise est presque infinie ($> 10\text{GHz/km}$). Cette fibre est utilisée essentiellement pour les sites à distance.

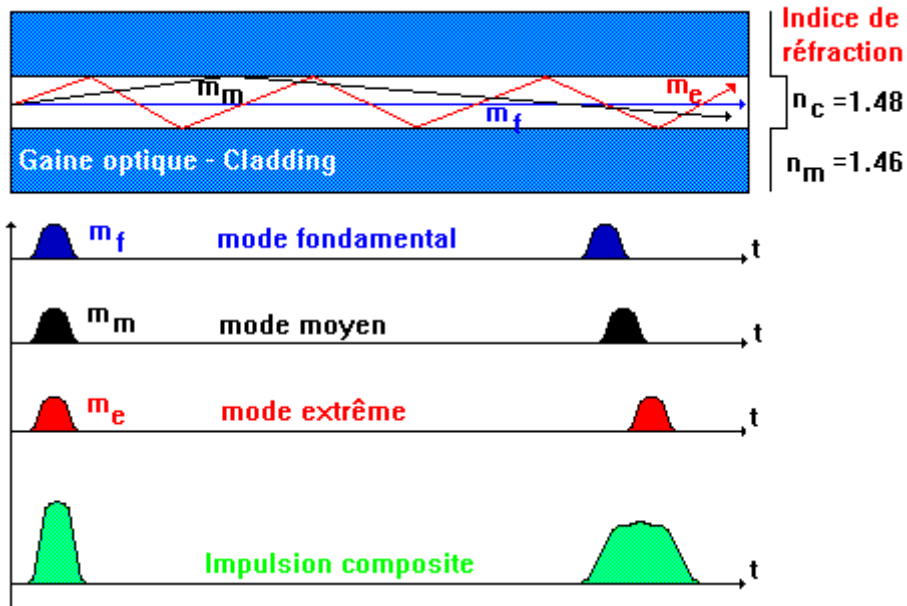
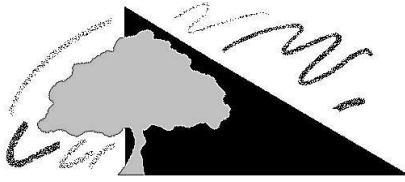


Le petit diamètre du coeur ($10\mu\text{m}$) nécessite une grande puissance d'émission, donc des diodes au laser qui sont relativement onéreuses.

Propagation de la lumière dans les trois types de fibres

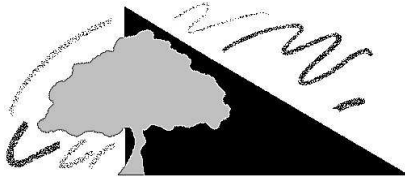


Constitution d'une fibre optique multimode



Propagation de la lumière dans une fibre à saut d'indice

Le dessin ci-dessus indique comment se produit la réflexion des signaux lumineux en fonction de leur angle d'émission. Ce qui démontre que le chemin parcouru n'a pas la même longueur pour tous les rayons. C'est ce que l'on appelle la dispersion nodale.



Utilisation en télécommunications

En télécommunications, la fibre optique est utilisée pour la transmission d'information, que ce soit des conversations téléphoniques, des images ou des données. Avant l'apparition de la fibre optique, tous les réseaux de communication étaient câblés avec des fils de cuivre ou des câbles coaxiaux. Aujourd'hui, de plus en plus d'entreprises se tournent vers la fibre optique, qui présente de nombreux avantages par rapport au cuivre. De nos jours, elle le remplace dans des milliers de réseaux à travers le monde.



Comparaison de la fibre optique et du fil de cuivre

Fibre optique	Fil de cuivre
matériau diélectrique	matériau conducteur
sensibilité nulle aux interférences électromagnétiques	grande sensibilité aux interférences électromagnétiques
faible atténuation du signal : 0,2 dB/km	forte atténuation du signal : 20 dB/km et plus
grande séparation entre les répéteurs pour les longues distances : 100 km	répéteurs rapprochés : 1 km
réseau flexible et s'adaptant facilement aux nouvelles technologies	réseau rapidement désuet
grande durabilité : plus de 20 ans	dégradation rapide par la corrosion
entretien facile et presque nul	nécessite beaucoup d'entretien
grande largeur de bande : grande quantité d'information transportée simultanément	largeur de bande limitée : la quantité d'information transmise est très limitée

Matériel utilisé pour le TP :



Fibre optique gainée
Hautelement flexible, amortissement faible. Phototransmission couplée sur des points inaccessible. Totalement libre de parasites et de potentiel. Transmission de données pour le traitement de textes, la transmission sonore et la technique de mesure. Caractéristiques : Ø de la fibre 1 mm, Ø de la gaine extérieure 2,2 mm. Amplificateur pour 650 nm, 0,3 dB/m. Type OKE 1000-S. Section 1 mm. Vendue au mètre.

Code	1 à 99	100 à +
18 33 85-33	Le mètre	2,40€ 1,66€



à partir de **1€68**
11,87

Modules semi-conducteurs spéciaux pour la transmission d'information optique
Spécialement prévus pour câble à fibre optique ayant un diamètre extérieur de 2,2 mm, le câble peut être directement branché dans le module, plus de douilles spéciales nécessaires.

Diode de câble à fibre optique (émetteur)
Type SFH750 / I_m µW : 7(I_b = 10 mA), I_pW : 0,12 - 0,05.

Code	1 à 9	10 à +
15 37 31-33	2,10€	1,79€

Récepteur de câble à fibre optique 850 nm
Diode SFH 250, U_m maxi 30 V.
18 89 61-33 **3,90€ 3,32€**
Transistor SFH 350, U_m maxi 50 V.
18 89 70-33 **2,60€ 2,21€**