

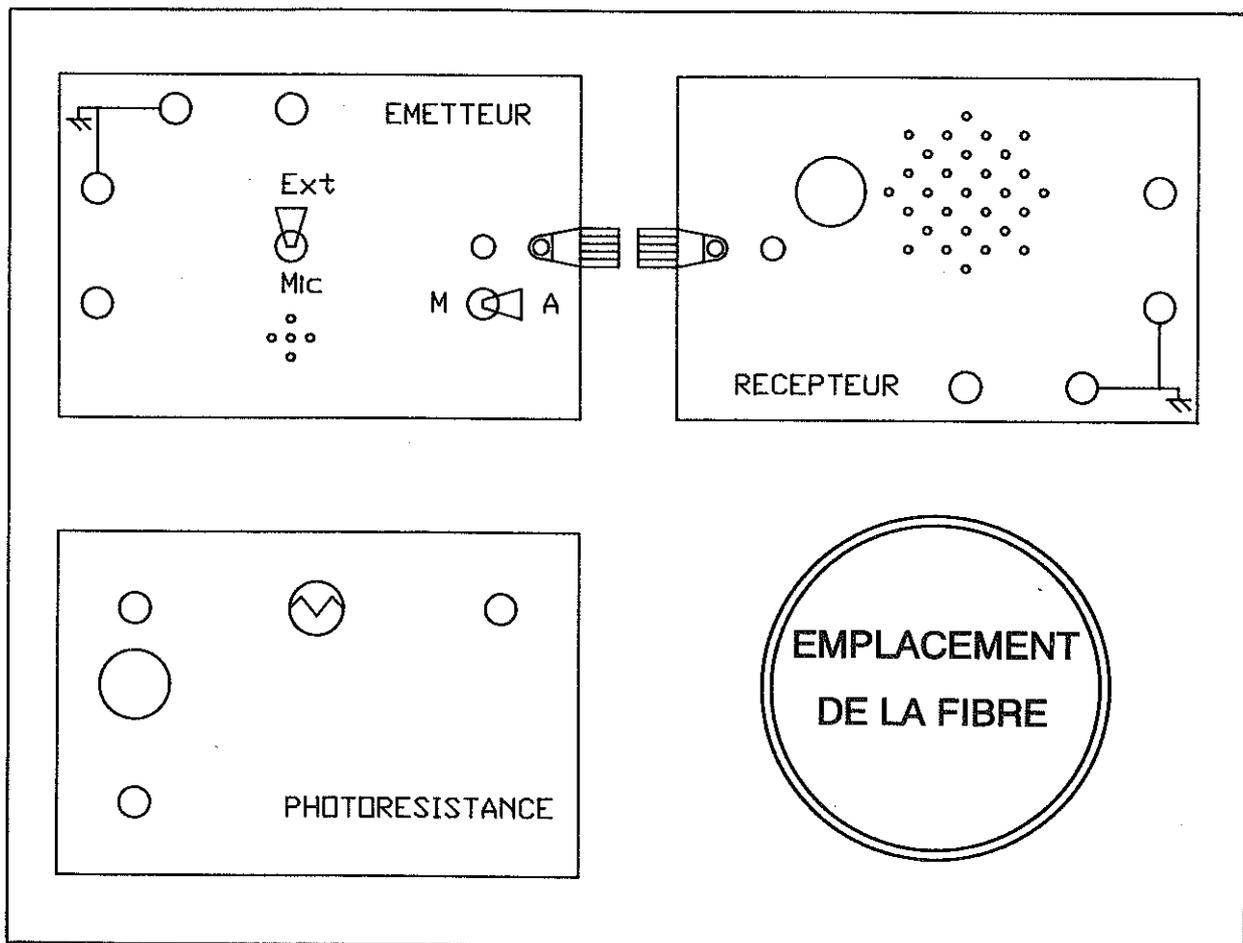
JEULIN

EMISSION TRANSMISSION
RECEPTION DE SIGNAUX

FIBROPTONIC

Réf. 202 012

Marc CHAPELET
Agrégré de Physique



Cet ensemble d'accessoires optoélectroniques permet d'illustrer et d'étudier :

- l'émission de signaux,
- leur transmission par fibre optique
- leur réception.

Il permet aussi de déterminer la fréquence de divers phénomènes vibratoires.

Les manipulations proposées sont simples et souvent spectaculaires. Elles sont du niveau lycée : classe de 1^oS, 1^oA et B, T A et B, DEUG.



SIÈGE SOCIAL
RUE JACQUES-MONOD
ZI N°1- NÉTREVILLE
ÉVREUX
FRANCE

ADRESSE POSTALE
BP 1900
27019 ÉVREUX CEDEX
FRANCE

TÉL. NATIONAL : (16) 32 29 40 00
INTERNAT. : +(33) 32 29 40 00
FAX NATIONAL : (16) 32 29 40 99
INTERNAT. : +(33) 32 29 40 99
MINITEL 36 14 JEULIN

SOMMAIRE

- PRINCIPE DESCRIPTION	
- MISE EN SERVICE	
- PROPAGATION D'UN SIGNAL INFRAROUGE DANS L'AIR	Fiche 01
- PROPRIETES OPTIQUES ET GEOMETRIQUES D'UN SIGNAL INFRAROUGE	Fiche 02
- PROPAGATION D'UN SIGNAL ELECTROMAGNETIQUE DANS UNE FIBRE OPTIQUE	Fiche 03
- TELEPHONIE PAR FIBRE OPTIQUE	Fiche 04
- TRANSMISSION D'UN SIGNAL PERIODIQUE	Fiche 05
- DETECTION ET TRANSMISSION PAR FIBRE OPTIQUE	Fiche 06
- MESURE DE PERIODES	Fiche 07
- DETECTION DE VARIATIONS LUMINEUSES	Fiche 08
- VIBRATIONS ET OSCILLATIONS MECANIQUES	Fiche 09
- SPECTROSCOPIE	Fiche 10
- PHOTOMETRIE	Fiche 11
- COLORIMETRIE	Fiche 12
- CINETIQUE CHIMIQUE	Fiche 13

COMPOSITION

- 1 module émetteur
- 1 fibre optique (5 mètres environ)
- 1 module récepteur
- 1 module photorésistance
- 1 notice comprenant 25 expériences
- 1 mallette de rangement

PRINCIPE - DESCRIPTION

Lors des séances de travaux pratiques, il est possible de faire travailler simultanément 2 groupes d'élèves : par exemple, l'un manipule avec l'émetteur et le récepteur tandis que l'autre effectue des mesures de périodes avec le module photorésistance.

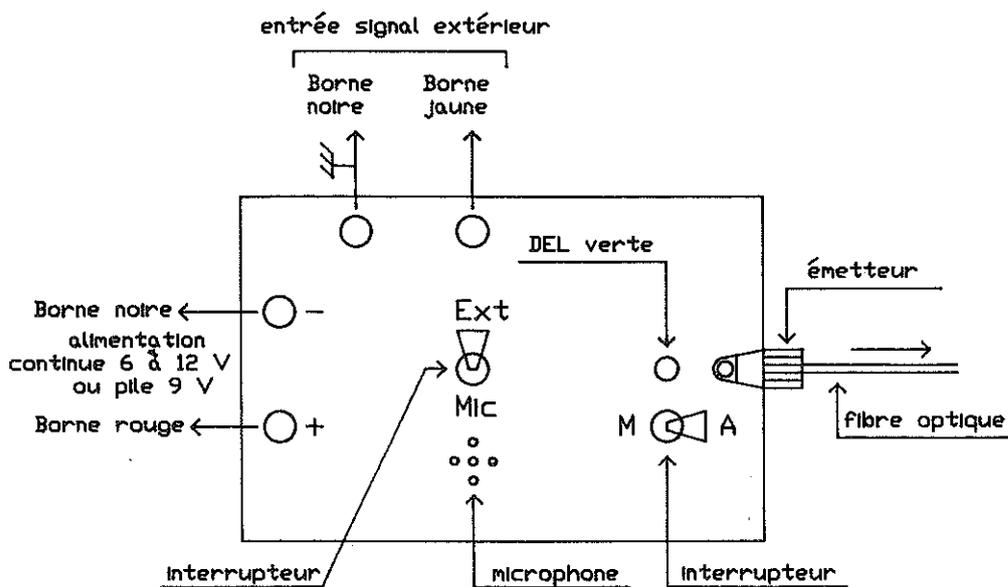


Figure 1 : le module émetteur

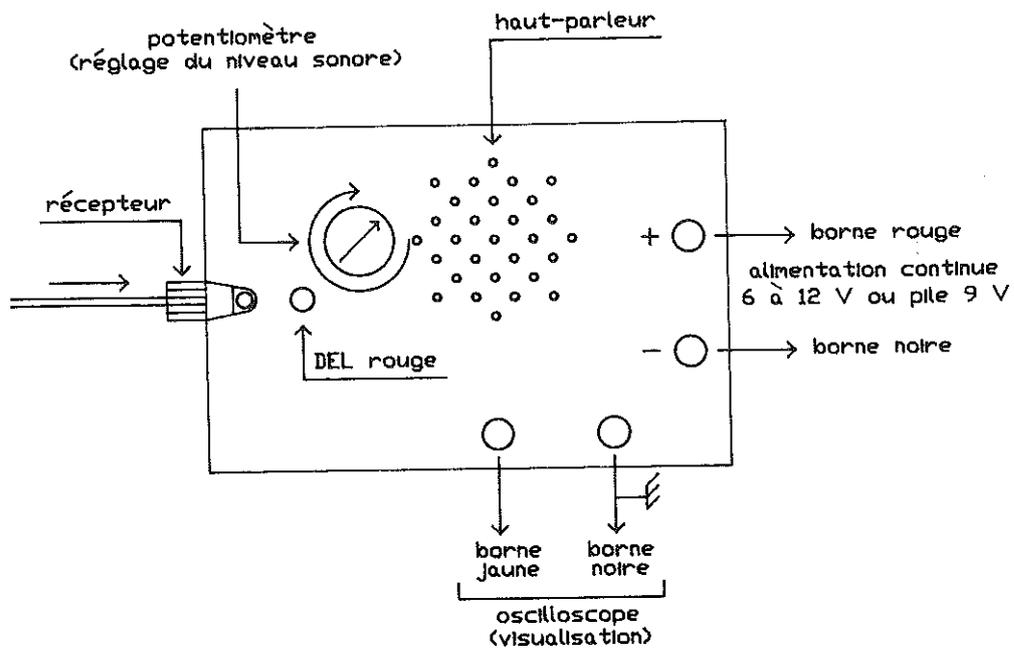


figure 2 : le module récepteur

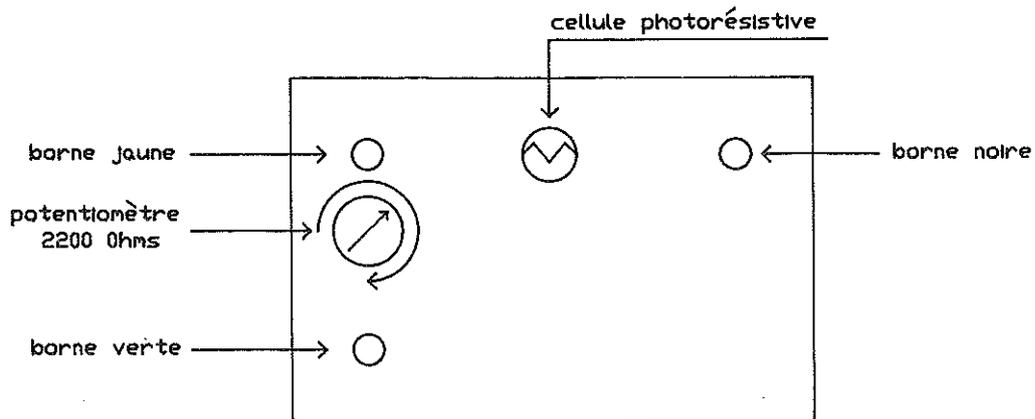


figure 3 : le module photorésistance

MISE EN SERVICE

. Alimentation :

Les deux modules émetteur et récepteur doivent être alimentés par un générateur délivrant une tension continue et constante dont la valeur est comprise entre 6 et 12 volts. Il est donc possible de les alimenter avec un seul générateur, même s'il est plus pédagogique de bien séparer le circuit d'entrée du circuit de sortie, en utilisant 2 générateurs ou 2 piles de 9 V.

. Test du module émetteur :

Il suffit de connecter ses bornes rouge et noire à l'alimentation et de manoeuvrer l'interrupteur marche-arrêt situé à côté du photoémetteur. Lorsque la diode électroluminescente verte est allumée, un signal infrarouge à 0,85 micromètre de longueur d'onde est émis par le photoémetteur.

. Test du module récepteur :

Il suffit de l'alimenter sous 6 à 12 V entre ses bornes rouge et noire (il est inutile de brancher la fibre optique). La DEL rouge doit être éteinte. Dès que l'on éclaire le photorécepteur à l'aide d'une lampe de poche par exemple, la DEL rouge s'allume; le récepteur a reçu un signal lumineux.

. La fibre optique :

VERSION N°1

Pour relier avec la fibre optique les 2 boîtiers d'émission et de réception, il faut :

- desserrer les 2 écrous en plastique bleu et noir
- faire passer la fibre qui sera guidée jusqu'à ce que ses extrémités se positionnent contre les diodes émettrice et réceptrice situées à l'intérieur des embouts en plastique bleu et noir des boîtiers émetteur et récepteur
- resserrer sans forcer les 2 écrous (figure 4).

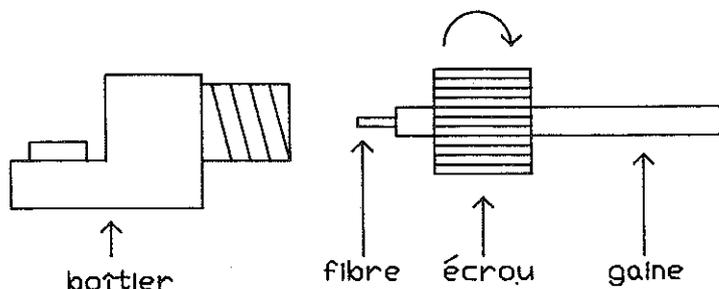
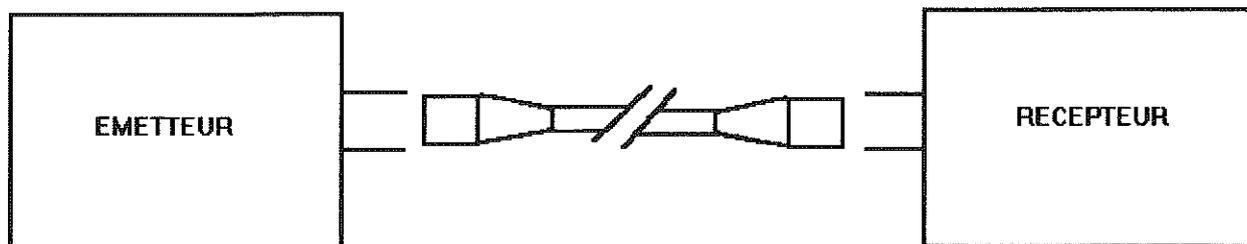


figure 4 : installation de la fibre optique

VERSION N° 2

Pour relier avec la fibre optique les 2 boîtiers d'émission et de réception, il suffit d'introduire chacun des deux embouts de la fibre dans chacun des deux boîtiers.



2°) Comment couper une fibre optique :

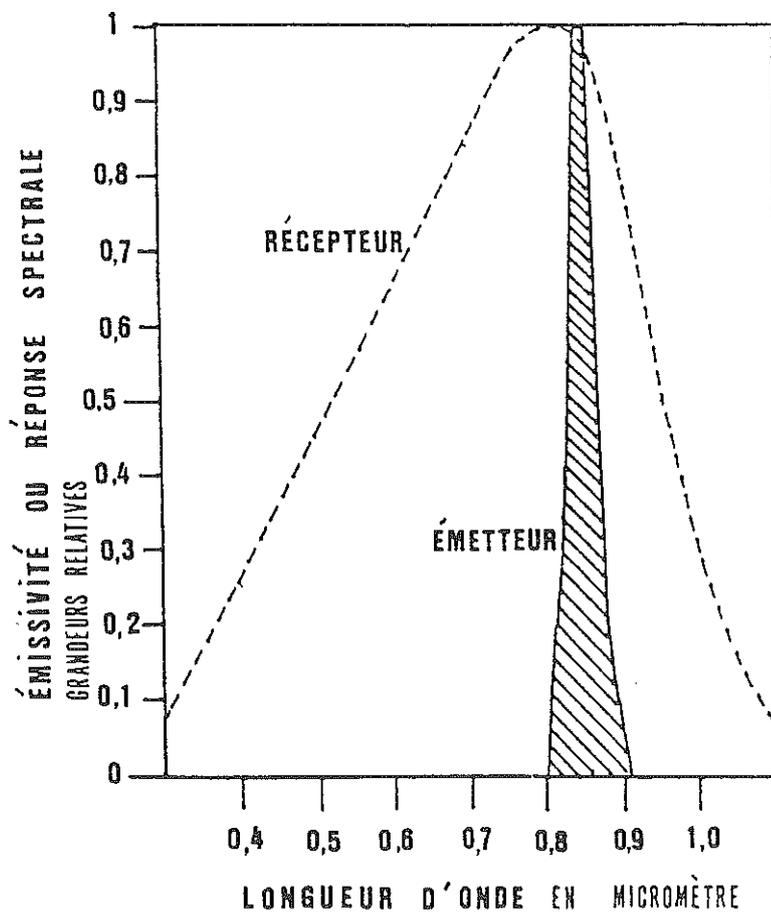
- Les 2 extrémités de la fibre ont été minutieusement dénudées et dépolies. Mais si pour une raison quelconque, on désire la couper, il faut retailler soigneusement l'extrémité sectionnée.

- A l'aide d'un "cutter", dégagez l'extrémité transparente de la gaine protectrice noire sur une longueur de 5 à 10 mm.

- La trancher de façon à ne laisser dépasser la fibre que de 3 mm hors de sa gaine.

- Pour accroître le coefficient de transmission de la fibre, il est conseillé de polir l'extrémité avec un papier de verre à grain très fin. Le polissage pourra être achevé avec un chiffon imbibé de miror.

3°) Caractéristiques spectrales du photoémetteur et du photorécepteur



FIBROPTONIC	PROPAGATION D'UN SIGNAL INFRAROUGE DANS L'AIR	FICHE .01
-------------	-----------------------------------------------	-----------

BUT

Expérimentation sur la propagation d'un signal infrarouge dans l'air et les milieux transparents

Le photoémetteur délivre un signal infrarouge d'une centaine de nanomètres de largeur spectrale, centré sur 850 nm de longueur d'onde. L'émissivité spectrale du photoémetteur correspond sur la figure 5 à la région hachurée. La fibre optique de diamètre 1 mm, transmet sans absorption excessive ce signal. Le photorécepteur a une sensibilité spectrale très étendue du proche UV (300 nm) à l'infrarouge (1 100 nm), avec un maximum vers 820 nm (figure 5).

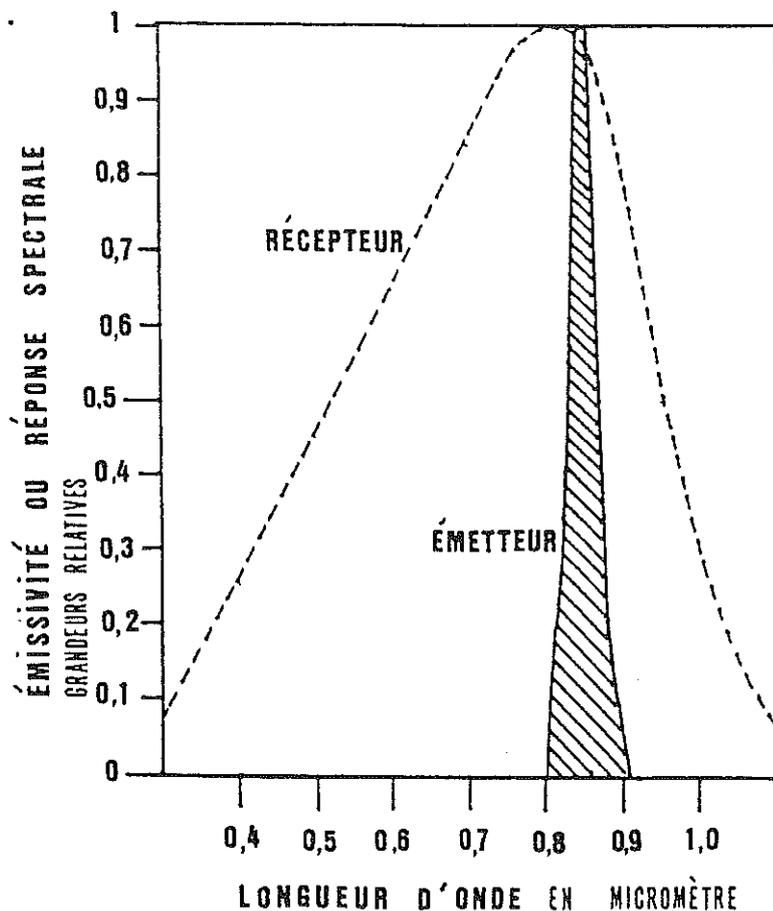


figure 5 : Caractéristiques spectrales du photoémetteur et du photorécepteur

Expérience N° 1

1° Matériel :

- Emetteur
- Récepteur
- Alimentation continue 6,9 ou 12 V
(la fibre optique n'est pas utilisée)

2° Montage et manipulation

- alimenter l'émetteur et le récepteur (relier les bornes rouges au + du générateur et les bornes noires au -).

- mettre l'interrupteur situé à côté du connecteur de l'émetteur sur M (marche), la DEL verte doit s'allumer et si l'on regarde à l'intérieur du connecteur bleu, on voit une lueur rouge dans la version N° 1 qui correspond à la partie visible du signal émis.

- la DEL rouge du récepteur doit être éteinte puisque celui-ci ne reçoit pas de signal.

- placer, juste en face l'un de l'autre, les 2 connecteurs (figure 6). La DEL rouge du récepteur doit s'allumer. Le signal infrarouge a traversé l'espace qui sépare le photoémetteur du photorécepteur. Au delà de 20 mm d'écartement (si on alimente en 12 volts) la DEL du récepteur s'éteint).

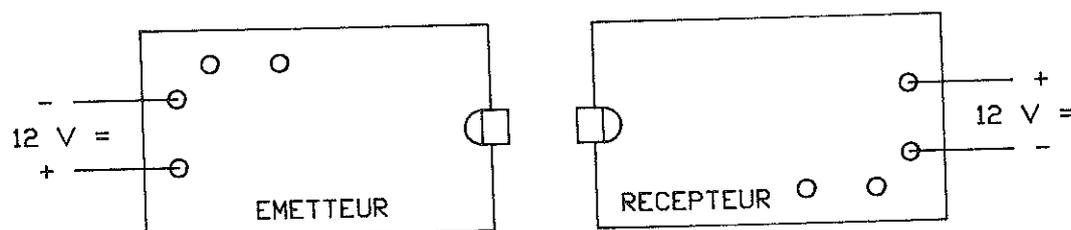


figure 6 : Propagation dans l'air d'un signal infrarouge

3°) Expériences complémentaires

- l'introduction d'une feuille de papier interrompt la propagation du signal.
- l'introduction d'une lame de verre entre le photoémetteur et le photorécepteur n'empêche pas la propagation (essayer avec divers matériaux).

4° Conclusion

- un signal situé dans le proche infrarouge se propage dans l'air et dans le verre (attention certains milieux transparents dans le visible ne le sont plus dans l'infrarouge à certaines longueurs d'onde, le verre par exemple.)

FIBROPTONIC	PROPRIETES OPTIQUES ET GEOMETRIQUES D'UN FAISCEAU INFRAROUGE	FICHE 02
-------------	-----------------------------------------------------------------	-------------

BUT

Etudier la directivité d'un faisceau infrarouge et ses propriétés optiques
Détection acoustique.

Expérience n°2

Propagation rectiligne d'un faisceau infrarouge

1°) Matériel :

- Emetteur
 - Récepteur
 - Alimentation continue 6 V ou 12 V
 - Générateur de fonction (délivre une tension sinusoïdale à une fréquence comprise entre 1 000 et 2 000 Hz)
- On n'utilise pas la fibre optique.

2°) Montage :

- placer l'émetteur et le récepteur face à face (figure 7)
- alimenter l'émetteur et le récepteur en 6 V ou en 12 V continu (ici 12 V est préférable)
- mettre l'interrupteur situé à côté du connecteur de l'émetteur sur marche (M), la DEL verte doit s'allumer
- mettre le second interrupteur, qui commande le microphone, sur EXT (voir figure 7)
- brancher le générateur de fonctions entre les bornes jaune et noire (noire à la masse du générateur de fonctions). L'amplitude du signal sinusoïdal est de l'ordre de 1 volt.

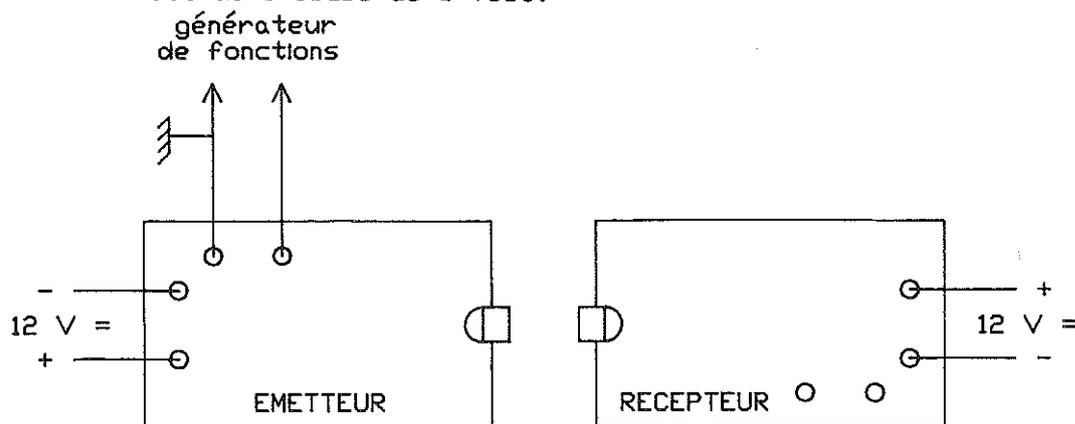


figure 7 : Montage illustrant la propagation rectiligne d'un faisceau infrarouge

3°) Manipulation :

- après avoir réglé le potentiomètre du boîtier récepteur au gain maximal, on essaie d'aligner le photorécepteur et le photoémetteur. Lorsque ceux-ci sont parfaitement alignés, un signal sonore retentit même si l'écart entre les connecteurs bleu et noir atteint 10 à 15 cm. Par contre, la DEL rouge ne s'allume que pour des distances inférieures à 20 mm.

4°) Conclusion :

L'alignement critique de l'émetteur et du récepteur montre la grande directivité du faisceau infrarouge émis. Cette expérience illustre aussi la transformation d'un signal électrique en un signal infrarouge au niveau du boîtier émetteur, la propagation dans l'air d'un signal infrarouge et au niveau du récepteur l'opération inverse, qui transforme le signal infrarouge reçu en signal acoustique émis par le haut-parleur.

Expérience n°3

Réflexion d'un faisceau infrarouge. Détection acoustique

- on reprend l'expérience précédente mais en n'alignant plus l'émetteur et le récepteur. Les 2 boîtiers sont séparés de quelques centimètres. On introduit alors une lame de verre ou un petit miroir plan que l'on oriente, jusqu'à ce qu'un signal sonore retentisse (figure 8). On peut ainsi illustrer la loi de Descartes pour la réflexion d'une onde électromagnétique, qui n'appartient pas au domaine visible.

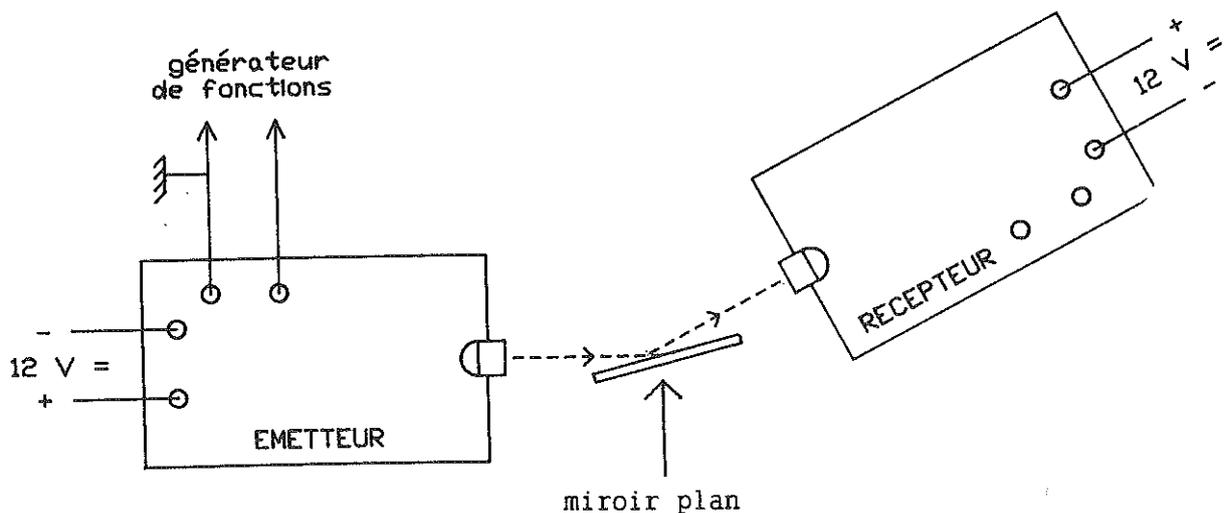


figure 8 : Réflexion d'un faisceau infrarouge

Expérience n°4

Réfraction d'un faisceau infrarouge. Détection acoustique

- par rapport à la manipulation précédente, il suffit de remplacer le miroir plan par un prisme ou un demi-cylindre en plexiglas ou en verre. L'angle au sommet du prisme doit être de 30° ou 45° pour éviter d'obtenir trop facilement la réflexion totale du faisceau. On oriente le prisme par petits mouvements autour d'un axe vertical, jusqu'à ce qu'un signal sonore retentisse (figure 9). S'il n'est guère possible de procéder à des mesures précises d'angles, on peut tout de même montrer que la réfraction en incidence oblique correspond à une déviation du faisceau lors d'un changement de milieu.

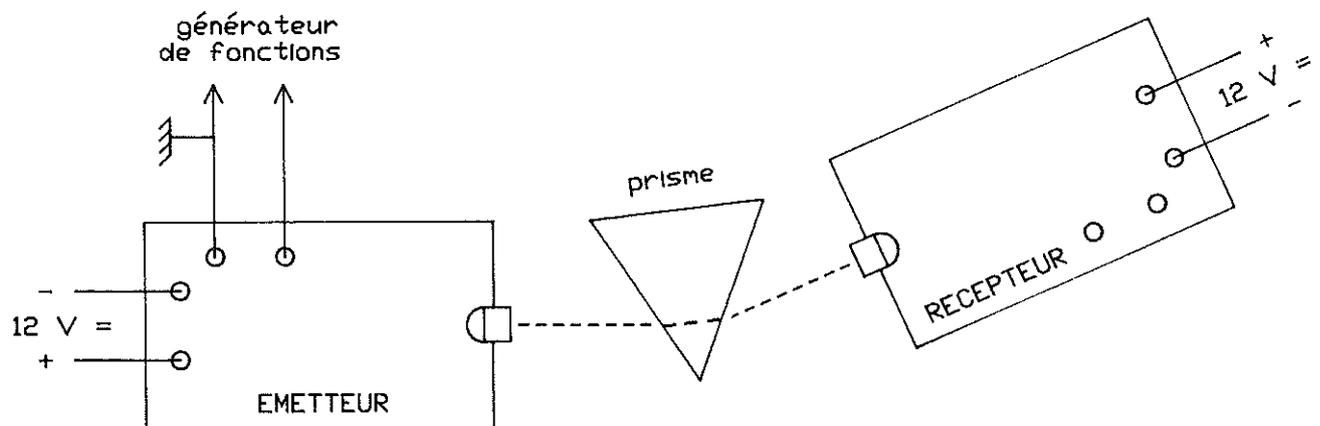


figure 9 : Réfraction d'un faisceau infrarouge

FIBROPTONIC	PROPAGATION D'UN SIGNAL ELECTROMAGNETIQUE DANS UNE FIBRE OPTIQUE	FICHE 03
-------------	---------------------------------------------------------------------	-------------

BUT

Transformation de signaux de nature différente, transport de l'information, visualisation.

L'émetteur émet un signal infrarouge à 0,85 micromètre de longueur d'onde, mais l'information initiale, qui crée ce signal peut être de différente nature : électrique, acoustique, lumineuse ... Au niveau du récepteur, le signal infrarouge est transformé en un signal acoustique audible ou en un signal électrique visualisé à l'oscilloscope. La réponse spectrale de la fibre est assez étendue, la fibre transmet aussi les rayonnements situés dans le domaine visible.

Expérience n°5

Propagation par fibre optique. Détection d'un signal lumineux

1°) Matériel

- Fibre
- Récepteur
- Alimentation continue 6,9 ou 12 V
- Lampe de poche (ou laser hélium-néon)

2°) Montage et manipulation

- alimenter le récepteur (bornes rouge et noire)
- connecter la fibre au récepteur (on n'utilise pas le boîtier émetteur)
- éclairer l'extrémité de la fibre à l'aide d'une lampe de poche (figure 10).

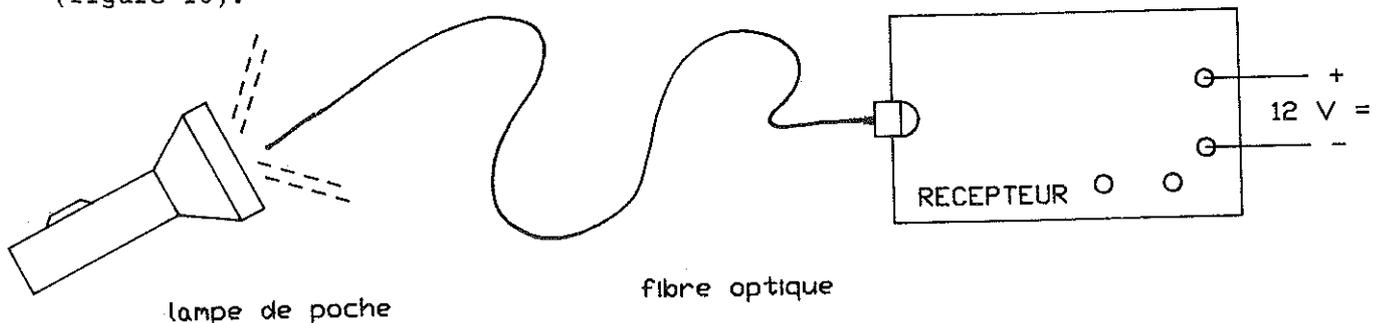


figure 10 : Détection d'un signal lumineux par le récepteur

3°) Observations et conclusion :

- la DEL rouge du récepteur doit s'allumer
- la fibre optique a transmis l'information lumineuse au photorécepteur. Le signal lumineux dont le maximum d'émission se situe vers 0,57 micromètre a été détecté. La fibre ne transmet donc pas que des signaux infrarouges.

Expérience n°6

Transmission optique d'une information logique

1°) Matériel :

- Emetteur
- Récepteur
- Fibre optique connectée à l'émetteur et au récepteur
- Alimentation continue 6, 9 ou 12 V
- Oscilloscope

2°) Montage :

- alimenter l'émetteur et le récepteur (borne rouge au +, borne noire au -)
- bien connecter la fibre aux 2 boîtiers (voire figure 4)
- mettre l'interrupteur du microphone sur la position EXT.

3°) Manipulation :

- basculer alternativement l'autre interrupteur (position M - A = marche - arrêt).
- lorsque l'interrupteur est sur M, la DEL verte s'allume, un signal infrarouge est envoyé dans la fibre. Ce signal est détecté par le photorécepteur, la DEL rouge s'allume.
- si on débranche la fibre optique, le signal infrarouge n'est plus détecté : la DEL rouge s'éteint.
- ces 2 états de logique binaire (état 1 : DEL allumée/ état 0 : DEL éteinte) peuvent être visualisés à l'oscilloscope. Pour cela, on relie les bornes jaune et noire du récepteur à l'oscilloscope (jaune : voie A et noire à la masse de l'appareil). Le sélecteur de l'oscilloscope doit être mis en position DC. Lorsque les DEL sont allumées, l'amplitude du signal à l'oscilloscope atteint 0,4 à 0,7 V (dépend de la tension d'alimentation de l'émetteur et du récepteur et de la longueur de la fibre optique).
- la figure 11 montre l'aspect du signal détecté à l'oscilloscope lorsqu'on bascule rapidement l'interrupteur (M-A) du boîtier émetteur.

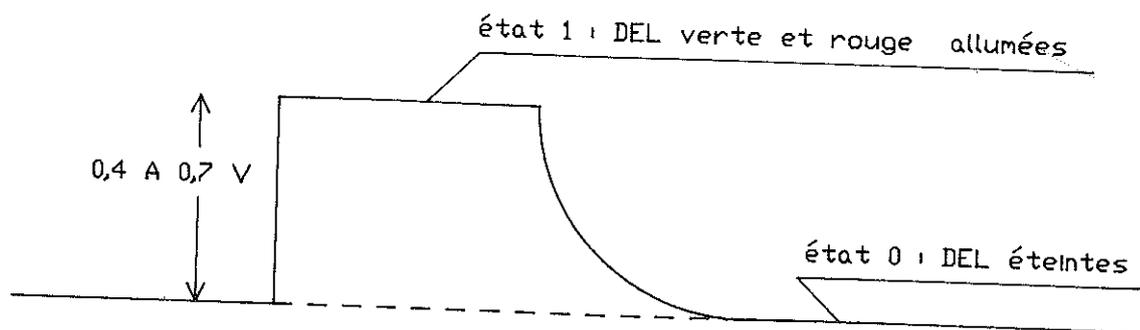


figure 11 : Oscillogramme correspondant à la commutation rapide pour passer de l'état logique 0 à l'état 1.

FIBROPTONIC	TELEPHONIE PAR FIBRE OPTIQUE	FICHE 04
-------------	---------------------------------	-------------

BUT

Découvrir le principe de la téléphonie (transmission par fil) par fibre optique.

Expérience n° 7

1°) Matériel :

- émetteur
- récepteur
- fibre
- alimentation continue 6, 9 ou 12 V

2°) Manipulation

- dérouler au maximum la fibre optique : les boîtiers d'émission et de réception sont écartés de 5 m. Mettre l'interrupteur du microphone sur MIC et l'interrupteur de l'émetteur sur M (marche). Les 2 DEL verte et rouge doivent s'allumer.

- un élève parle dans le microphone de l'émetteur (figure 12)

- le récepteur est placé sur une table au milieu des élèves. Le son est parfaitement perçu si le niveau sonore (que l'on règle à l'aide du potentiomètre situé sur le boîtier récepteur) est suffisant.

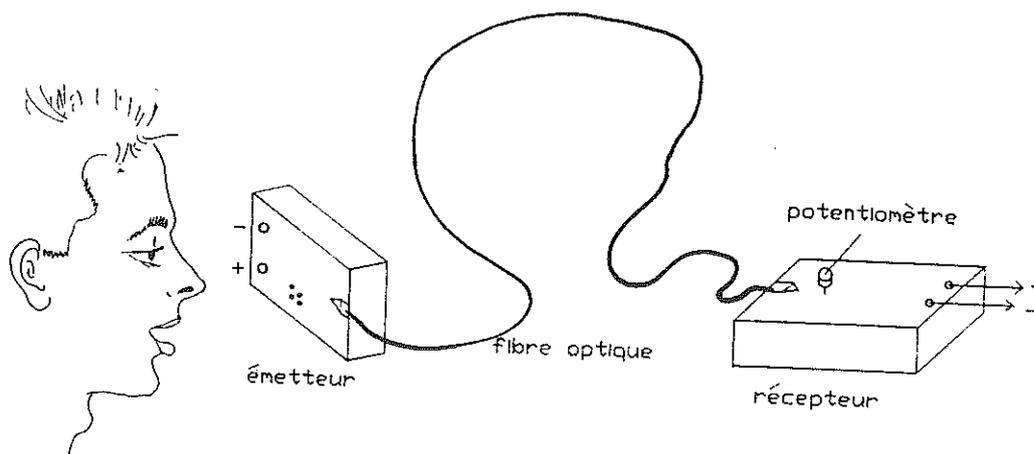


figure 12 : téléphone à fibre optique

3°) Conclusion :

Le signal sonore émis module le signal infrarouge qui se propage dans la fibre. A la réception, le signal infrarouge est "démodulé" et le signal sonore est alors reconstitué.

4°) Variante :

L'élève siffle avec régularité, le signal reçu peut être visualisé en connectant un oscilloscope aux bornes jaune et noire du récepteur.

Cette expérience illustre donc : l'émission, la propagation d'un signal infrarouge, la réception et la modulation.

FIBROPTONIC	TRANSMISSION OPTIQUE D'UN SIGNAL PERIODIQUE	FICHE 05
-------------	------------------------------------------------	-------------

BUT

Illustrer la transmission d'un signal électrique, par fibre optique.

Expérience n° 8

1°) Matériel :

- Emetteur
- Récepteur
- Fibre
- Alimentation 6, 9 ou 12 V
- Générateur de signaux sinusoïdaux ou rectangulaires
- Oscilloscope

2°) Montage et manipulation

- régler le générateur de fonctions de manière à ce qu'il délivre un signal sinusoïdal ou rectangulaire, d'amplitude crête à crête comprise entre 50 et 300 mV, et de fréquence de 1 000 à 2 000 Hz.

- connecter le générateur de fonctions aux bornes jaune et noire de l'émetteur (noire à la masse). Mettre l'interrupteur du microphone sur la position EXT et l'autre interrupteur sur M. La DEL verte doit s'allumer, la rouge aussi (signal reçu).

- le niveau sonore se règle avec le potentiomètre du récepteur. Il est possible de le mettre à zéro : il ne sort aucun son.

- pour visualiser le signal reçu, il faut connecter l'oscilloscope aux bornes jaune et noire du boîtier récepteur (noire à la masse de l'oscilloscope). Se reporter à la figure 13.

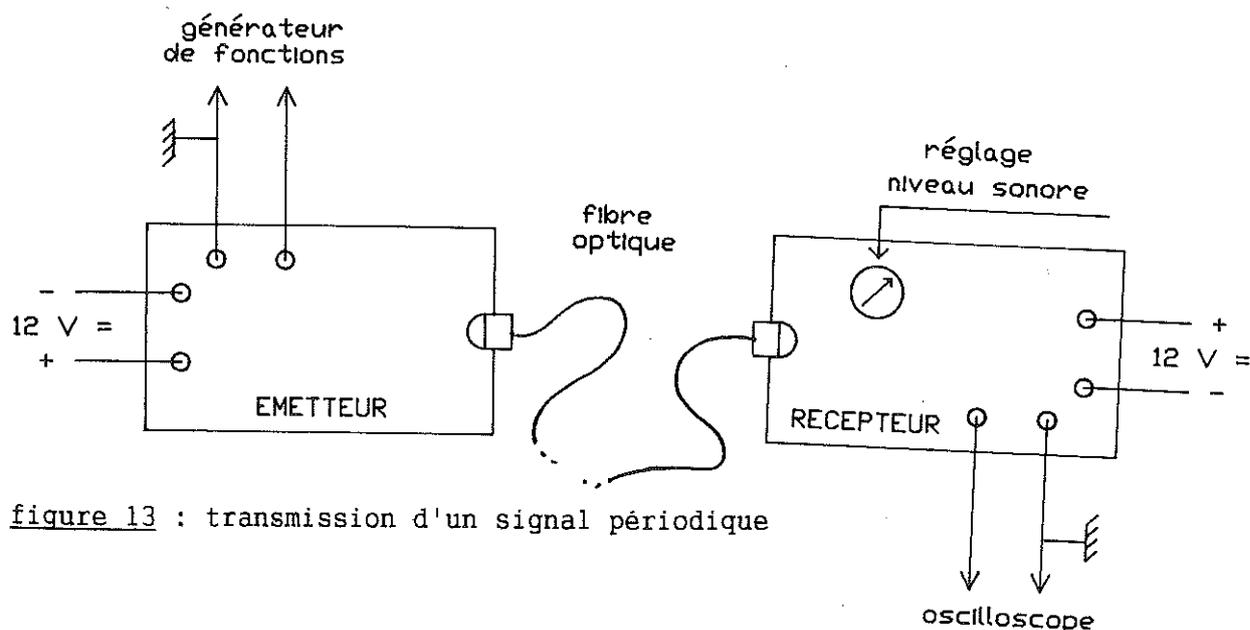


figure 13 : transmission d'un signal périodique

3°) Observations :

- le signal détecté est aussi périodique, il peut être légèrement déformé. La déformation dépend de la nature du signal (rectangulaire ou sinusoïdal), de son amplitude, de sa fréquence (entre 10 Hz et 50 kHz) et de la valeur de la tension d'alimentation de l'émetteur et du récepteur.

- la fibre optique est donc traversée par un signal électromagnétique (infrarouge) modulé par un signal périodique de nature tout à fait différente.

- en basculant rapidement à grande cadence l'interrupteur marche-arrêt situé sur le boîtier émetteur, on crée des salves de sinusoïdes facilement audibles.

FIBROPTONIC	DETECTION ET TRANSMISSION PAR FIBRE OPTIQUE	FICHE 06
-------------	------------------------------------------------	-------------

BUT

Utiliser la fibre optique pour transmettre un signal détecté par un capteur.

Expérience n° 9

1°) Matériel :

- Emetteur
- Récepteur
- Module photorésistance
- Alimentation continue 6 V (ou 9 V)
- Fibre optique
- Lampe de poche
- Oscilloscope

2°) Montage :

- connecter la fibre optique à l'émetteur et au récepteur (figure 4)
- mettre l'interrupteur microphone du boîtier émetteur sur EXT
- brancher la photorésistance (bornes jaune et noire) en série avec l'alimentation continue 6 V aux bornes rouge et noire de l'émetteur (figure 14).
- alimenter sous 6 V le récepteur.

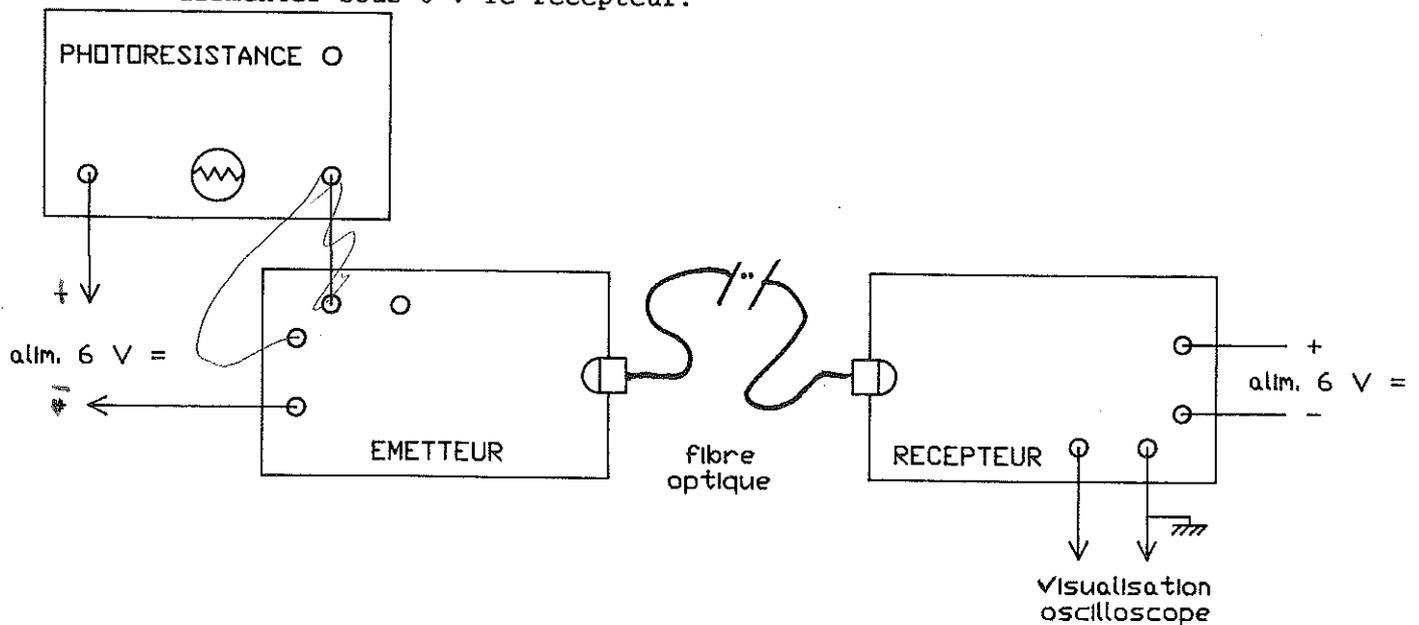


figure 14 : montage pour détecter et transmettre une variation d'éclairement

3°) Manipulation

- quand on bascule l'interrupteur de l'émetteur sur M, la DEL verte ne s'allume que si l'on éclaire suffisamment la photorésistance. Un signal infrarouge traverse alors la fibre optique et la DEL rouge s'allume aussi.

- lorsque la photorésistance est éclairée avec une lampe de poche, le signal reçu visualisé à l'oscilloscope a une amplitude de 0,3 à 0,6 V, pour une tension d'alimentation de 6 V.

- si on éclaire la photorésistance avec une lampe de poche et qu'on anime celle-ci d'un mouvement régulier oscillant, les DEL verte et rouge s'allument et s'éteignent alternativement. Le signal observé à l'oscilloscope est approximativement périodique.

APPLICATIONS DIVERSES

Expérience n° 10

Alarme à distance déclenchée par la lumière

Ce montage peut servir de réveil sensible à la lumière du jour.

1°) Matériel :

- Emetteur
- Récepteur
- Fibre optique
- Alimentation 6, 9 ou 12 V
- Lampe de poche
- Module photorésistance
- Générateur BF de signaux sinusoïdaux (0,5 V d'amplitude et 1 à 2 kHz en fréquence).

2°) Montage et manipulation

- reprendre le montage de la figure 14 en connectant le générateur de signaux aux bornes noire et jaune de l'émetteur (noire à la masse du GBF). Il est nécessaire que l'un des 2 appareils (alimentation ou GBF) possède une masse dite flottante à cause du montage côté émetteur.

- mettre les 2 interrupteurs sur EXT et sur M (boîtier émetteur)
- mettre le niveau sonore au maximum (potentiomètre du récepteur)
- éclairer alors la photorésistance avec une lampe de poche, l'alarme se déclenche (le niveau sonore est plus important et le seuil de déclenchement plus bas si on utilise une alimentation continue de 12 V). On pourra déplacer rapidement et alternativement de gauche à droite puis de droite à gauche la lampe au-dessus de la photorésistance.

Expérience n° 11

Exploration d'un spectre à l'aide d'une fibre optique

1°) Matériel :

- Projecteur de diapositives
- Fente de 1 mm de large découpée dans un carton au format 5 x 5 cm
- Réseau à 140 traits/mm ou prisme de verre
- Récepteur
- Fibre
- Alimentation 6, 9 ou 12 V continu (l'émetteur n'est pas utilisé)
- Oscilloscope.

2°) Montage et expérience :

- alimenter le récepteur
- placer la fente verticale dans le projecteur de diapositives
- faire la mise au point de l'image de la fente sur un écran en carton situé à 1,5 m (environ) du projecteur.
- fixer le réseau (traits verticaux) contre l'objectif de projection. Plusieurs bandes colorées apparaissent; ce sont les spectres de lumière blanche dans les différents ordres du réseau (un seul spectre avec un prisme)
- déplacer l'écran de manière que les divers spectres soient à demi-coupés par le bord supérieur de l'écran; explorer le spectre d'ordre 1 en déplaçant tangentiellement à l'écran l'extrémité de la fibre optique (figure 15)
- pour visualiser le signal reçu, on branchera un oscilloscope (sélecteur sur DC) aux bornes jaune et noire du récepteur.

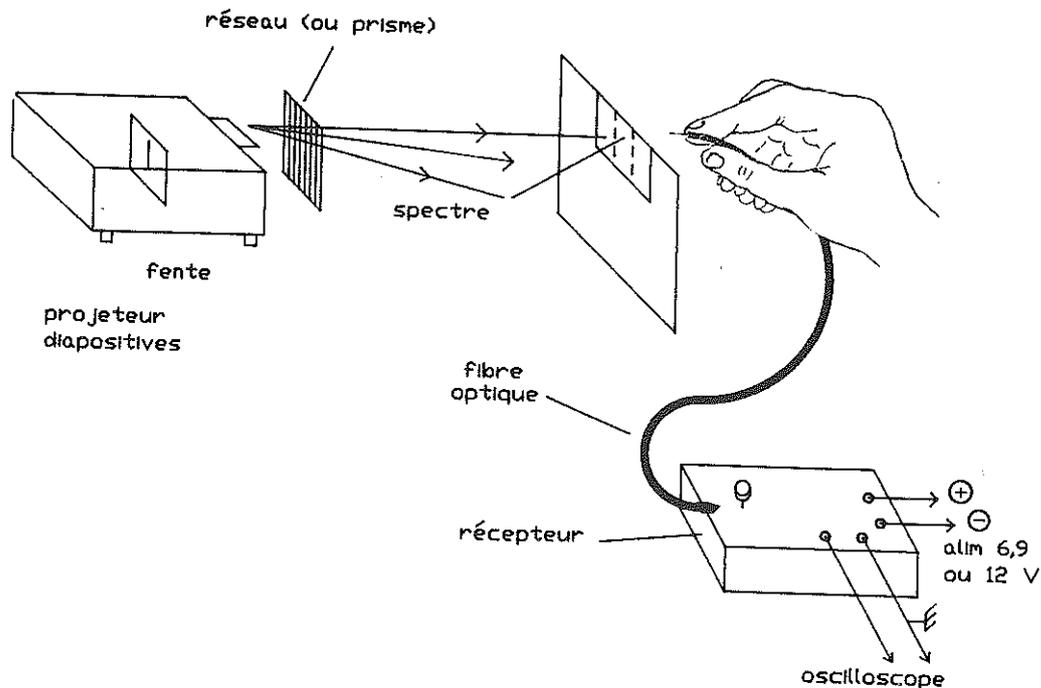


figure 15 : exploration d'un spectre de lumière blanche avec une fibre optique

3°) Observations

- la réponse spectrale de l'ensemble : fibre optique + photorécepteur est faible dans le bleu-violet; elle est maximale dans le rouge et l'infrarouge.

- cette expérience permet de montrer qu'il existe du rayonnement en dehors du domaine visible, au-delà du rouge : l'infrarouge.

- l'amplitude du signal reçu est fonction de la qualité optique et de l'état de surface de l'extrémité de la fibre. Celle-ci doit être parfaitement polie et transparente. L'amplitude du signal dépend aussi de la puissance lumineuse de la source de lumière blanche et de la distance du projecteur à la fibre optique.

- pour augmenter le signal, on peut déconnecter la fibre, qui absorbe tout de même une fraction du rayonnement électromagnétique, et explorer directement le spectre avec le seul module récepteur.

- d'autre part, avec un réseau comme système dispersif, une grande partie de la lumière émise est perdue dans les différents ordres non explorés par la fibre. De plus, lorsqu'on explore l'infrarouge d'ordre 1 (longueur d'onde supérieure à 800 nanomètres), celui-ci se superpose au rayonnement violet-bleu d'ordre 2 (longueur d'onde supérieure à 400 nm). Il est donc préférable d'utiliser un prisme qui donne un seul spectre très lumineux et évite les problèmes de chevauchement d'ordres, mais qui a l'inconvénient de disperser davantage le bleu que le rouge.

FIBROPTONIC	MESURES DE PERIODES	FICHE 07
-------------	---------------------	-------------

BUT

Déterminer la période de systèmes périodiques, à l'aide des trois modules du fibroptonic et d'un oscilloscope.

Expérience n° 12

1°) Matériel :

- Emetteur
- Récepteur
- Fibre optique connectée aux boîtiers précédents
- Photorésistance
- Alimentation continue 6, 9 ou 12 V
- Oscilloscope
- Source lumineuse : lampe de poche, laser ...
- Divers systèmes vibrants : lame vibrante ...

2°) Montage :

- mettre les interrupteurs de l'émetteur sur M et sur EXT
- alimenter en continu émetteur et récepteur, la photorésistance étant introduite dans le circuit d'alimentation de l'émetteur (figure 16) entre les bornes noires de l'alimentation et de l'émetteur.
- Si on éclaire la photorésistance, les 2 DEL doivent s'allumer.
- brancher l'oscilloscope entre les bornes jaune et noire du récepteur. L'oscilloscope doit pouvoir visualiser les composantes variables alternatives et continues (sélecteur sur DC).
- pour une tension d'alimentation de 6 V, le signal atteint 0,5 V d'amplitude; lorsque la photorésistance est éclairée par une lampe de poche.

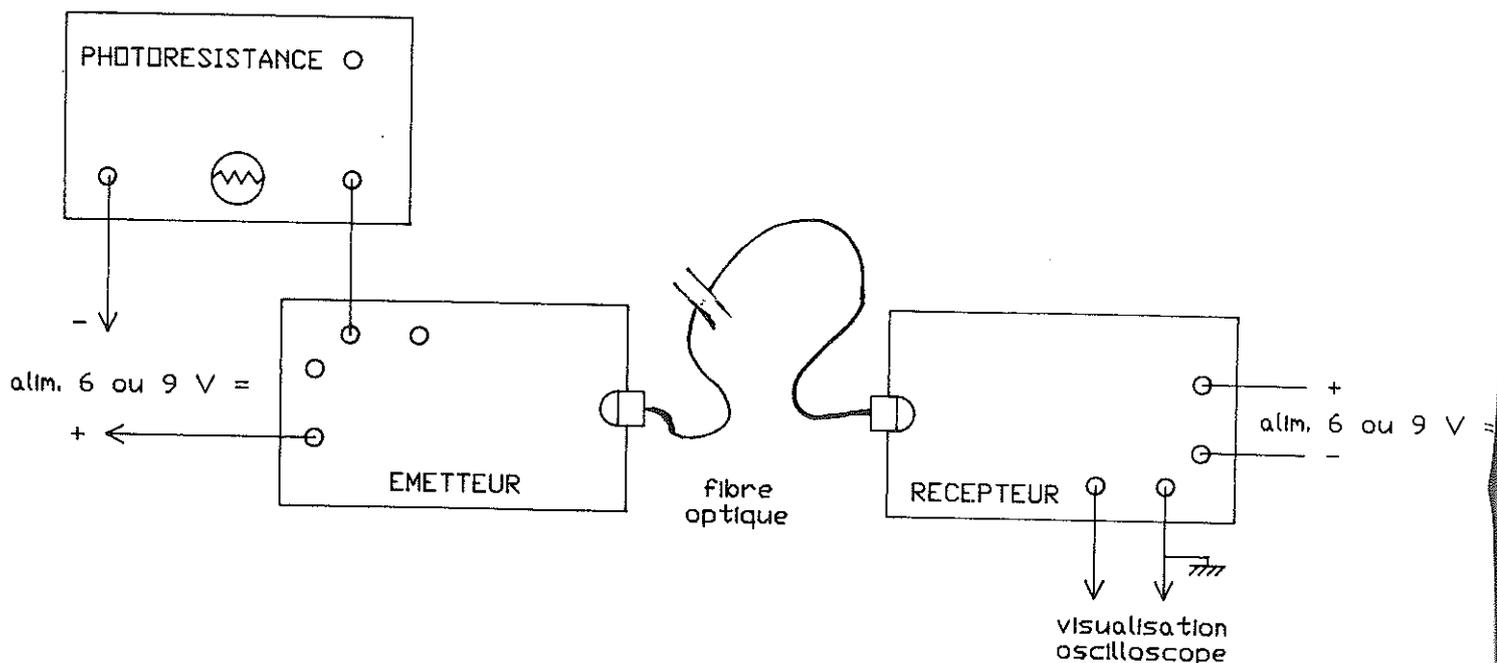


figure 16 : montage pour déterminer la période de phénomènes mécaniques vibratoires basse fréquence.

3°) Manipulation :

- éclairer la photorésistance avec une lampe ou mieux avec un faisceau laser.
- intercepter le faisceau lumineux avec le vibreur dont on veut déterminer la période (lame de scie, ressort...)
- écarter le vibreur de sa position d'équilibre et observer le signal reçu à l'oscilloscope (figure 17)
- le vibreur coupe le faisceau 2 fois par période, la période du vibreur est donc égale au double de la période du signal vu à l'oscilloscope.
- si au repos, la lame du vibreur ne coupe plus le faisceau laser, l'aspect du signal peut être modifié (figure 18).

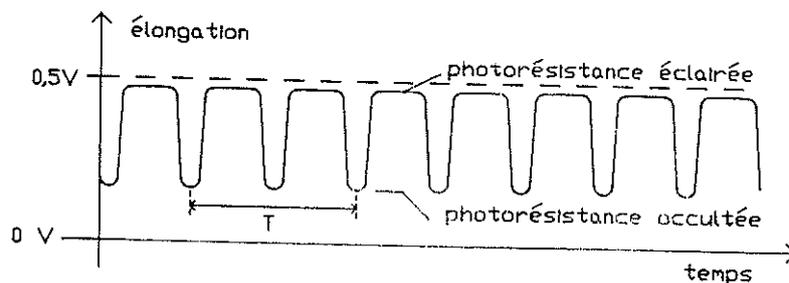


figure 17 : à chaque demi-période le faisceau lumineux est intercepté par la lame vibrante

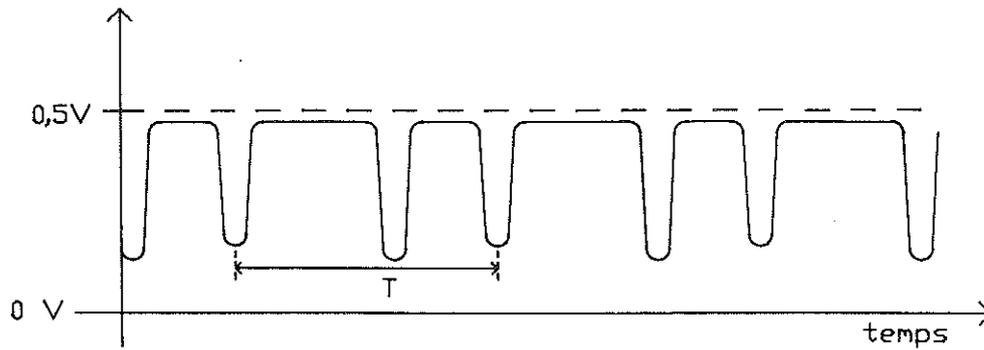


figure 18 : la lame vibrante intercepte le faisceau lumineux 2 fois par période, mais au repos, le vibreur ne coupe pas le faisceau

4°) Remarque :

Pour déterminer la fréquence délivrée par un stroboscope à flash ou à disque tournant muni de fentes, il suffit de diriger la lumière émise par le stroboscope vers la photorésistance et de visualiser le signal à l'oscilloscope.

5°) Utilisation de coupleurs optoélectroniques pour séparer électriquement 2 circuits :

Dans les montages électroniques, on est souvent confronté à des problèmes de masse (mise au potentiel 0 volt en certains points d'un circuit). L'emploi de composants optoélectroniques remédie à ces difficultés, en assurant une communication optique entre 2 circuits, qui ne peuvent pas avoir de point électrique commun.

Dans cet ensemble d'accessoires, l'émetteur et le récepteur ne sont pas reliés électriquement si chacun d'entre eux est alimenté par une pile 9 volts.

Avant l'avènement de ce type de composants, on utilisait des transformateurs de découplage.

FIBROPTONIC	DETECTION DE VARIATIONS LUMINEUSES	FICHE 08
-------------	---------------------------------------	-------------

BUT

Détecter une variation d'intensité lumineuse à l'aide d'une photorésistance.

PRECAUTIONS D'EMPLOI

La résistance de la photorésistance diminue lorsque celle-ci est éclairée. En plein soleil, la résistance est d'une dizaine d'ohms; dans l'obscurité, elle dépasse plusieurs centaines de milliers d'ohms. La photorésistance R est montée en série avec un potentiomètre R_V de 2,2 kilohms et une résistance R_0 d'une centaine d'ohms. Si U désigne la tension d'alimentation aux bornes de l'ensemble, la puissance électrique pour la photorésistance est :

$$P = \frac{R \cdot U^2}{(R + R_0 + R_V)^2}$$

. Cette puissance est maximale pour $R_V = 0$ et $R = R_0$ d'où

$$P_{max} = \frac{U^2}{4R_0}$$

Comme la puissance maximale indiquée par le fabricant est de 0,3 watt, on en déduit que U doit être inférieure à $(1,2 R_0)^{\frac{1}{2}}$ soit 12 V pour $R_0 = 120$ ohms

SOURCES LUMINEUSES DONT L'ECLAT VARIE PERIODIQUEMENT. MESURE DE PERIODES

Cette partie peut faire l'objet d'une séance de travaux pratiques. Les manipulations proposées sont simples à mettre en oeuvre et peu habituelles; les résultats sont immédiats.

1°) Matériel :

- Module photorésistance
- Alimentation continue 6, 9 ou 12 V
- Oscilloscope
- Lampe à incandescence 40 ou 60 W fonctionnant sur le réseau 220 V
- Lampe de poche (alimentation à piles)
- Voyant néon (type cage d'escalier) fonctionnant sur le réseau
- Tube fluorescent (éclairage salle de classe par exemple)
- Stroboscope mécanique ou un moteur continu muni d'un disque en carton percé de trous ou de fentes.
ou cinecolor Réf. 201 019

2°) Montage :

- alimenter la photorésistance sous 6 ou 9 V continu entre ses 2 bornes extrêmes noire et verte. Les 3 éléments du module étant des dipôles symétriques, le sens du branchement importe peu. On choisira donc de relier la borne noire au moins de l'alimentation et la verte au plus.
- connecter l'oscilloscope aux bornes de la photorésistance : borne noire à la masse de l'oscilloscope et borne jaune à la voie A (figure 19).

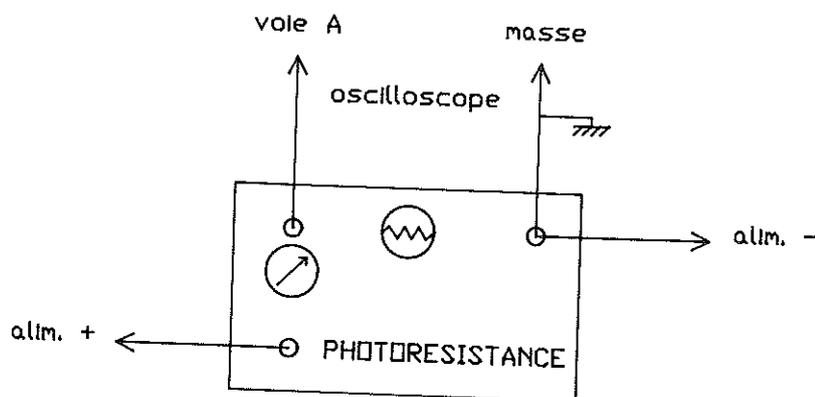


figure 19 : branchement du module photorésistance

Expérience n°13

Fluctuations de luminosité d'une lampe à incandescence fonctionnant sur le réseau.

- éclairer la photorésistance avec la lampe à incandescence distante d'une dizaine de centimètres.
- mettre l'oscilloscope en position AC (composante alternative seule) et amplifier.
- on observe une sinusoïde dont on règle l'amplitude avec le potentiomètre situé sur le boîtier (l'amplitude dépend de la distance de la lampe à la photorésistance).
- la période déterminée à l'oscilloscope est de 10 millisecondes (donc fréquence de 100 Hz soit le double de la fréquence réseau puisque la lampe s'allume à chaque alternance positive ou négative de la tension alternative du réseau).
- si on reprend la même expérience avec une lampe de poche (fonctionnant donc à piles), on n'observe plus de fluctuations.

Expérience n° 14

Variations périodiques de luminosité d'un voyant néon fonctionnant sur réseau

- reprendre l'expérience précédente en plaçant tout contre la photorésistance une petite lampe néon (éclat orangé) alimentée par le courant alternatif du réseau.

- ajuster l'amplitude du signal observé à l'oscilloscope avec le potentiomètre (voir figure 20). Déterminer la période, soit 20 ms.

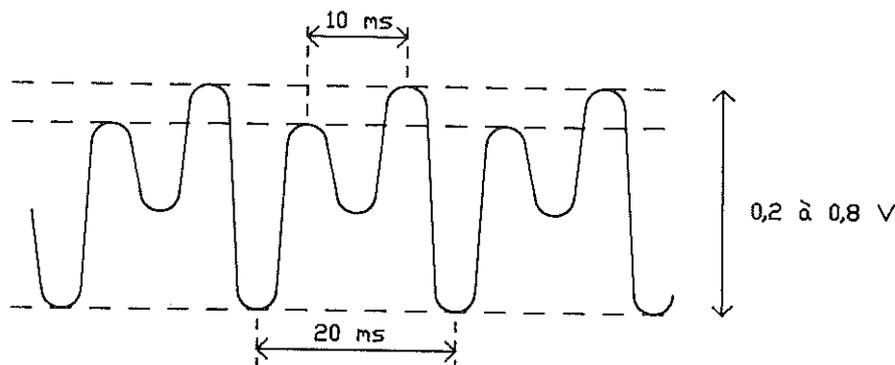


figure 20 : signal observé à l'oscilloscope lorsque l'on éclaire une photorésistance avec un voyant néon alimenté par le courant du secteur. La forme du signal dépend des conditions expérimentales

Expérience n° 15

Variations de luminosité d'un tube fluorescent alimenté par le courant du réseau.

- on reprend l'expérience précédente en éclairant la photorésistance avec un seul tube fluorescent (celui-ci délivre une lumière blanche, son spectre contient certaines raies du mercure en émission).

- la figure 21 montre l'allure du signal détecté à l'oscilloscope. On notera la dissymétrie du signal entre la phase d'allumage et la phase d'extinction du tube.

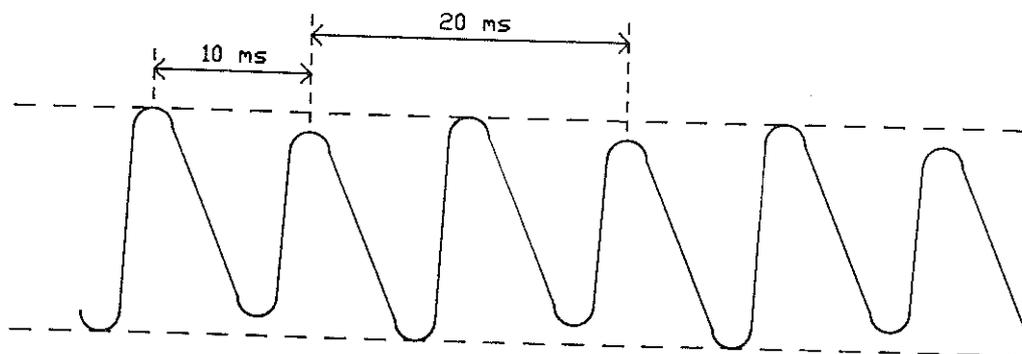


figure 21 : Signal correspondant aux fluctuations périodiques de luminosité d'un tube fluorescent alimenté par le courant du secteur. La forme du signal dépend des conditions expérimentales.

Expérience n° 16

Détermination de la vitesse de rotation du disque d'un stroboscope mécanique, étalonnage en fréquence.

- l'oscilloscope est en position AC.
- éclairer la photorésistance avec une lampe de poche ou avec une source lumineuse alimentée en courant continu.
- intercepter le faisceau qui éclaire la photorésistance avec le disque tournant du stroboscope mécanique.
- on observe un signal alternatif non sinusoïdal dont l'aspect dépend de la vitesse de rotation du disque, du nombre de fentes ou de trous, de la largeur de ces ouvertures ...
- le signal est tout de même périodique. Si le disque ne comporte qu'une ouverture, la fréquence mesurée correspond à la vitesse de rotation du moteur en tours par seconde. Si le disque comporte 4 ouvertures identiques, régulièrement réparties, la fréquence des éclairs du stroboscope est égale à 4 fois la vitesse de rotation du moteur.
- on peut donc appliquer cette expérience à la détermination de la vitesse de rotation d'un moteur. Il suffit de munir celui-ci d'un disque percé d'une seule ouverture.

FIBROPTONIC	VIBRATIONS ET OSCILLATIONS MECANIQUES	FICHE 09
-------------	------------------------------------------	-------------

BUT

Déterminer à l'aide du module photorésistance, la période d'un vibreur ou d'un oscillateur mécanique.

Utiliser une photorésistance pour étudier les mouvements mécaniques périodiques ou pseudopériodiques.

LES MANIPULATIONS DECRITES DANS CETTE PARTIE SONT FACILEMENT REALISABLES EN TRAVAUX PRATIQUES.

1°) Matériel :

- Module photorésistance
- Alimentation continue 6, 9 ou 12 V
- Oscilloscope
- Laser hélium-néon
- Petit morceau de miroir de quelques millimètres-carrés sur de l'adhésif double-face (un éclat de miroir convient très bien).
- Divers :
 - . Diapason
 - . Vibreur de Melde
 - . Lame de scie
 - . Ressort
 - . Haut-parleur d'une dizaine de cm de diamètre (récupération)
 - . Pendule simple constitué d'une bille attachée à un fil fin
 - . GBF pour alimenter le haut-parleur.

2°) Montage :

- alimenter la photorésistance sous 6, 9 ou 12 V continu (bornes noire reliée au moins de l'alimentation, et verte au plus)
- connecter l'oscilloscope entre les bornes jaune et noire de la photorésistance (noire à la masse et jaune en voie A).

Expérience n° 17

Détermination de la période des vibrations d'un diapason

- fixer sur l'une des branches du diapason le petit miroir adhésif (inutile si le métal est suffisamment réfléchissant).
- diriger le faisceau du laser sur ce miroir et intercepter le faisceau réfléchi avec la photorésistance (figure 22). Frapper le diapason.
- ajuster l'amplitude du signal détecté à l'oscilloscope avec le potentiomètre du module photorésistance (sélecteur oscillo. sur AC).
- frapper à nouveau le diapason et déterminer sa période à l'oscilloscope. En déduire la fréquence (440 Hz pour diapason "la 3"). A noter que le signal émis par un diapason non entretenu est pseudopériodique (et non périodique).

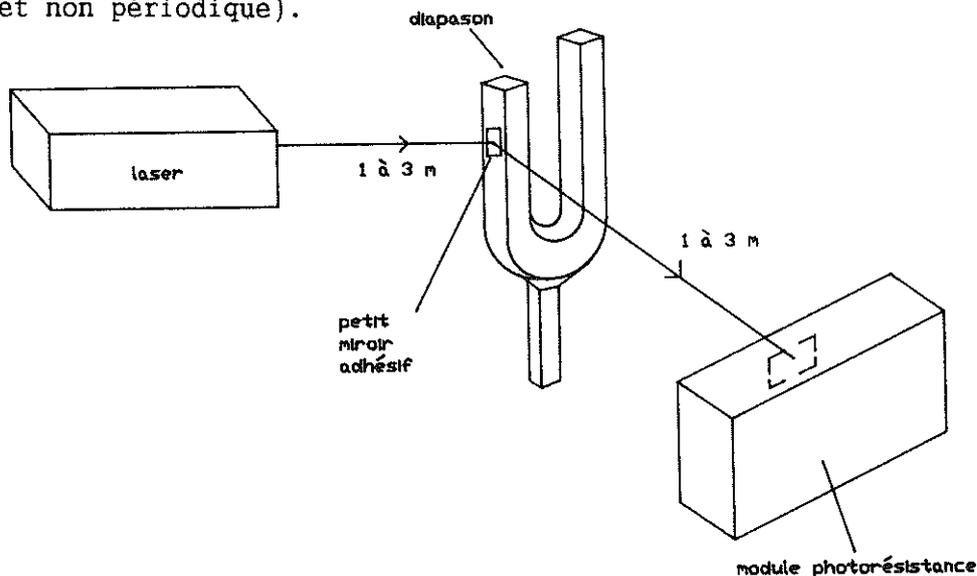


figure 22 : Détermination de la période des vibrations d'un diapason

Expérience n° 18

Détermination de la période d'un vibreur mécanique

- reprendre le montage précédent en remplaçant le diapason par un vibreur de Melde ou par une lame d'acier; le petit miroir adhésif sera fixé sur le vibreur.
- on montre ainsi que la fréquence d'un vibreur de Melde est de 100 Hz, lorsque celui-ci est alimenté par le courant alternatif du réseau (220 V - 50 Hz).
- on peut aussi vérifier que la fréquence du mode fondamental (celui qui est généralement excité) varie comme l'inverse du carré de la longueur de la lame vibrante. Dans ce dernier cas, l'excitation n'est pas entretenue.

Expérience n° 19

Vibrations de la membrane d'un haut-parleur

- reprendre le montage de la figure 22, en remplaçant le diapason par un haut-parleur dont la membrane apparente est de grand diamètre (10 cm par exemple). Fixer le petit miroir adhésif à mi-distance du centre et du bord de la membrane.

- alimenter le haut-parleur avec un générateur basse fréquence qui délivre un signal sinusoïdal. Régler la fréquence de manière à ce que l'amplitude des vibrations au niveau du miroir adhésif soit importante.

- le signal détecté par le module photorésistance et visualisé à l'oscilloscope est périodique. On mesurera sa période, que l'on pourra comparer aux indications du générateur de basse fréquence.

- en utilisant un second haut-parleur muni d'un miroir, qui intercepte aussi le faisceau laser, il est possible d'obtenir des figures de Lissajous par combinaison judicieuse de 2 fonctions périodiques. Il faut alors utiliser un second générateur BF.

Expérience n° 20

Oscillations d'un ressort. Mesure de la période

- diriger le laser sur la photorésistance et intercepter le faisceau avec la petite masse suspendue à l'extrémité du ressort (figure 23).

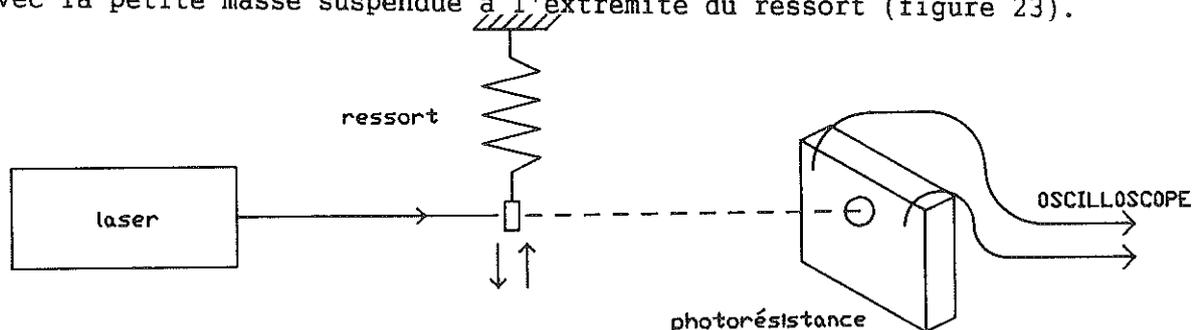


figure 23 : Montage pour déterminer la période des oscillations du ressort

- régler l'amplitude du signal détecté à l'oscilloscope à l'aide du potentiomètre du module photorésistance (oscillo. en AC).

- mettre le ressort en oscillation.

- selon la position relative du faisceau laser et de la masse au repos, on observe 1 ou 2 interruptions du faisceau par période d'oscillation (se reporter aux figures 17 et 18).

- avec cette manipulation on peut étudier l'influence de la masse accrochée au ressort sur la période. Pour l'influence de la constante de raideur, il faut changer de ressort.

- on peut aussi intercepter le faisceau laser au niveau des spires; il est alors nécessaire de connaître le nombre de spires qui interceptent le faisceau.

variante : remplacer le ressort par une corde vibrante qui coupe le faisceau laser et étudier l'action de la tension de la corde sur la période de vibration de la corde.

Expérience n° 21

Détermination de la période d'un pendule

- pour constituer le pendule, on accroche à un fil long de quelques centimètres une petite masse.
- dans le montage de la figure 23, on remplace le ressort par le pendule, la masse intercepte au repos le faisceau du laser. Le signal détecté à l'oscilloscope comporte donc 2 minima par période.
- cette expérience permet de vérifier la relation entre la période d'un pendule simple et sa longueur (T varie comme $L^{1/2}$).
- si l'oscilloscope comporte une base de temps assez performante : 0,1 s/cm et même 0,5 s/cm ou 1 s/cm, il est possible de déterminer des périodes bien plus longues et de s'intéresser à toutes sortes de pendules.

FIBROPTONIC	SPECTROSCOPIE	FICHE 10
-------------	---------------	-------------

BUT

Utiliser les propriétés de la photorésistance pour explorer un spectre de lumière blanche.

Expérience n° 22

1°) Matériel :

- Projecteur de diapositives
- Fente de 1 mm de large découpée dans un carton de format 5 x 5 cm
- Réseau de 140 traits/mm
- Module photorésistance
- Ecran blanc (en carton par exemple)
- Multimètre fonctionnant en ohmmètre (mesure de résistance)

2°) Montage et manipulation :

- placer la fente verticale dans le projecteur diapositives et régler la mise au point de manière à avoir une image nette de la fente sur l'écran situé à environ un mètre du projecteur.
- fixer le réseau tout contre l'objectif du projecteur (traits du réseau parallèles à la fente).
- intercepter le spectre d'ordre un par la photorésistance (figure 24). Munir la cellule photorésistive d'une petite fente découpée dans du ruban adhésif de couleur noire (largeur : 0,5 à 1 mm selon la puissance lumineuse de la source et la distance projecteur-photorésistance).
- brancher l'ohmmètre aux bornes noire et jaune de la photorésistance.

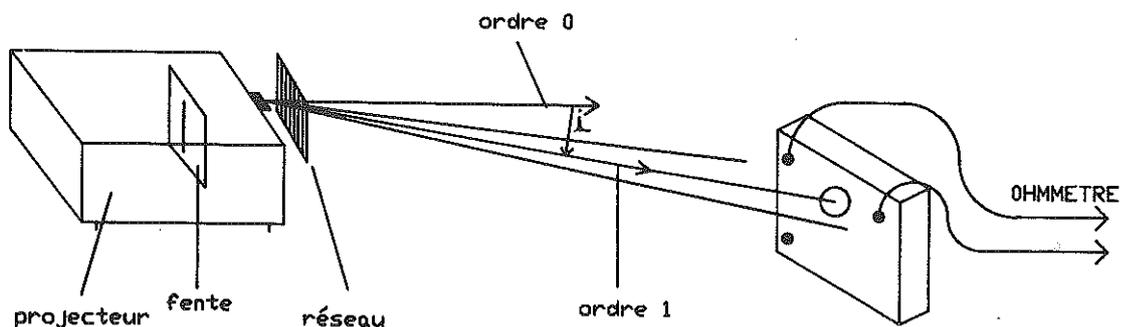


figure 24 : Exploration d'un spectre de lumière blanche avec une photorésistance

3°) Observations et résultats :

- on constate que la résistance de la cellule photorésistive varie quand on la déplace dans le spectre d'ordre 1. Dans le bleu-violet, la résistance est grande car la photocellule est peu sensible dans ce domaine de longueurs d'onde et la lumière émise par la lampe à halogène du projecteur est pauvre en rayonnement bleu-violet. La résistance est minimale dans le jaune et dans l'orange (figure 25). Remarquer aussi la sensibilité de la photorésistance au rayonnement proche infrarouge (760 à 800 nm).

- la courbe n° 25 résulte de la combinaison de la réponse spectrale de la photorésistance et de l'émissivité spectrale de la lampe du projecteur de lumière blanche. L'inverse de la résistance figure en ordonnée et la longueur d'onde en abscisse.

- pour établir une telle courbe, il faut étalonner le spectre d'ordre 1, obtenu avec un réseau, en utilisant la relation de dispersion des réseaux travaillant sous incidence normale soit :

$$\sin i = n.k.\lambda$$

avec λ longueur d'onde, k l'ordre (ici 1), n le nombre de traits soit 140 mm^{-1} et i angle entre l'ordre 0 et l'ordre 1 pour la longueur d'onde considérée (voir figure 24). On peut aussi employer le laser hélium-néon pour étalonner.

- remarque : au-delà de 800 nm dans l'ordre 1, il y a superposition avec les radiations d'ordre 2 de longueur d'onde supérieure à 400 nm.

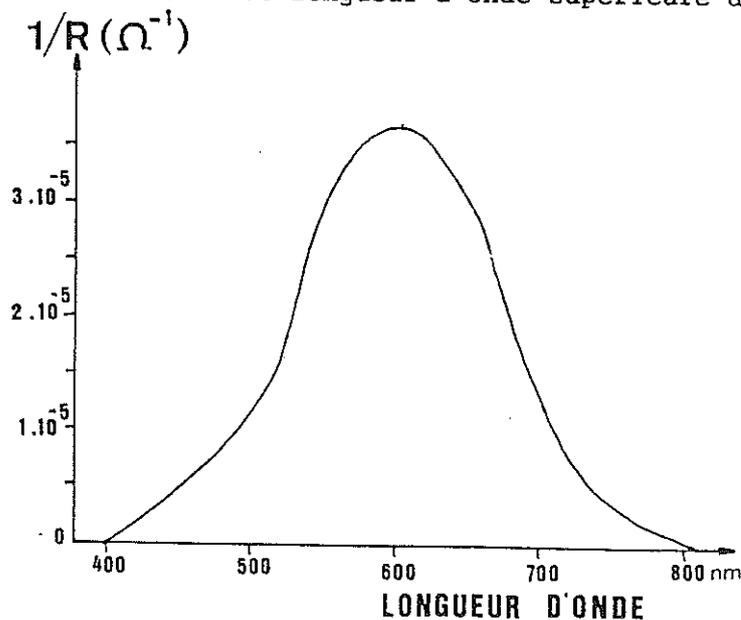


figure 25 : Courbe résultant de la combinaison de la réponse spectrale de la photorésistance et de l'émissivité de la source de lumière blanche

FIBROPTONIC	PHOTOMETRIE	FICHE 11
-------------	-------------	-------------

BUT

Utiliser un photorécepteur pour des mesures d'éclairement.

Expérience n° 23

L'expérience décrite ici a pour but de préciser le comportement de la résistance de la "cellule" photorésistive en fonction de l'éclairement. Elle donne lieu à des mesures simples et relativement précises.

1°) Matériel :

- Module photorésistance
- Multimètre fonctionnant en ohmmètre
- Source lumineuse : lampe à incandescence 40 W à 100 W.

2°) Montage et manipulation :

- brancher l'ohmmètre aux bornes noire et jaune de la photorésistance.
- éclairer la photorésistance avec la lampe; D désigne la distance qui sépare la lampe de la photorésistance (figure 26).
- faire varier D tous les 10 ou 20 cm entre 0,20 m et 2,5 m et mesurer à chaque fois la valeur de la résistance R de la photorésistance.

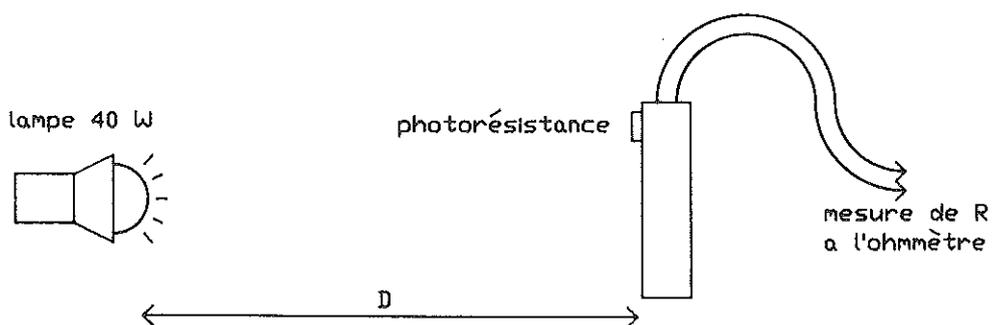


figure 26 : Mesure de la résistance R en fonction de l'éclairement

3°) Résultats :

- la figure 27 montre l'allure de la résistance R en fonction de la distance D pour 2 lampes de puissances différentes (40 et 75 W). On constate que R est une fonction linéaire de D. Puisque l'éclairement reçu au niveau de la photorésistance varie en $1/D^2$, on en déduit que R varie comme l'inverse de la racine carrée de l'éclairement donc en $1/E^{0,5}$.

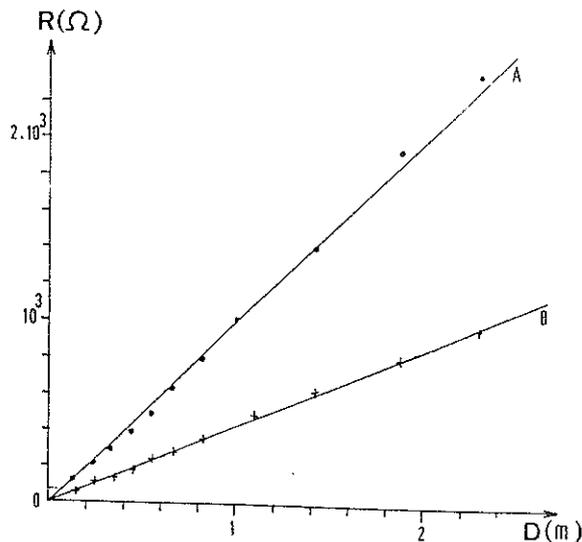


figure 27 : Courbe représentant la résistance R du photorécepteur en fonction de la distance D à la source lumineuse (A : lampe à incandescence de 40 W, B : lampe de 75 W).

4°) Remarques :

- on obtient des résultats similaires si on munit les sources de lumière de filtres colorés.
- la puissance des lampes (40 W par exemple) est une puissance électrique et non une puissance lumineuse.
- il est aussi possible de travailler à une distance D donnée, avec des lampes de diverses puissances électriques (25 - 40 - 60 - 75 - 100 - 150 W). Dans ce cas, on mesure la résistance R en fonction de la puissance électrique de la source lumineuse. On peut ainsi essayer d'établir une relation entre la puissance électrique de la lampe et le flux Φ émis.
- lors d'une prise de vue, la quantité de lumière qui impressionne la pellicule est réglée par le diaphragme; elle varie comme la surface du diaphragme donc comme le carré de l'ouverture. Si la quantité de lumière est mesurée à l'aide d'une photorésistance, on en déduit que la résistance de celle-ci est proportionnelle à la valeur du diaphragme (rappel de ces valeurs : 16 - 11 - 8 - 5,6 - 4 - 2,8 - 1,4). Cette propriété est utilisée en photographie.

FIBROPTONIC	COLORIMETRIE	FICHE 12
-------------	--------------	-------------

BUT

Déterminer approximativement la concentration d'une solution colorée à partir de solutions-témoins de concentration connue.

Expérience n° 24

1°) Matériel :

- Module photorésistance
- Ohmmètre
- Source de lumière blanche assez directive ou laser
- Jeu de cuves identiques en verre
- Différentes solutions de permanganate de potassium de concentrations comprises entre 10^{-4} et 10^{-1} mol/litre.

2°) Montage et manipulation :

- brancher l'ohmmètre aux bornes noire et jaune de la photorésistance.
- éclairer la photorésistance avec le faisceau lumineux.
- placer dans le faisceau une cuve en verre remplie d'une solution décimolaire de permanganate de potassium (solution étalon); mesurer la résistance R du photorésistor (figure 28).
- recommencer l'opération avec les autres solutions étalons jusqu'à 10^{-4} mol/l. A chaque fois, on vérifiera que la cuve est bien perpendiculaire au faisceau (pour cela, observer le spot réfléchi du laser) et que la distance de la source au photorécepteur est inchangée.
- tracer la courbe donnant la résistance R en fonction de la concentration C.
- introduire dans la cuve en verre la solution dont on veut déterminer la concentration, mesurer R, en déduire C avec la courbe établie précédemment.

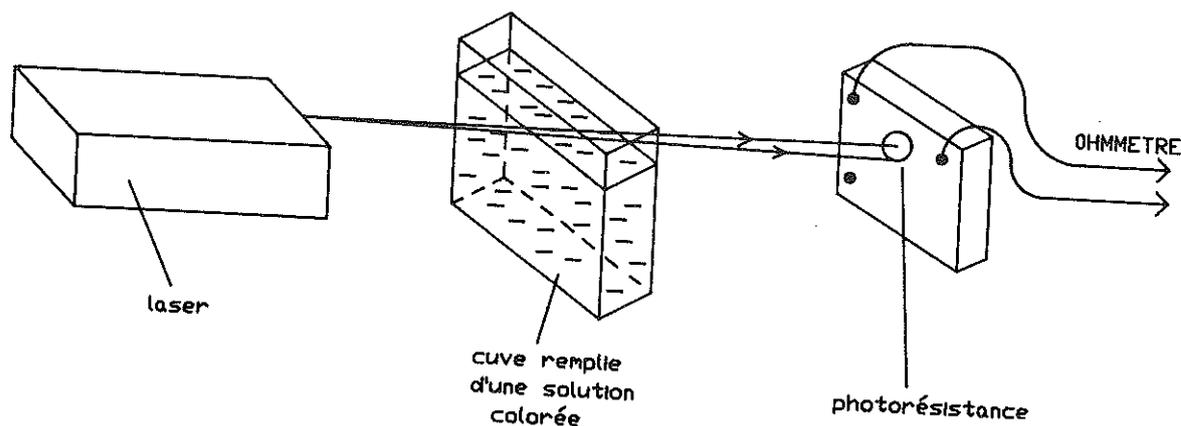


figure 28 : Détermination de la concentration d'une solution colorée par absorption

3°) Remarques :

- la précision atteint 5 % sur la concentration.
- on obtient aussi de bons résultats avec des solutions de sulfate de cuivre II.
- si on tourne la cuvette autour d'un axe vertical, l'épaisseur optique augmente et l'absorption aussi (loi de Beer-Lambert).
- si on utilise un laser, la distance du laser à la photorésistance doit être suffisante de façon à éclairer une portion conséquente du photorécepteur.
- attention à la lumière ambiante parasite

FIBROPTONIC	CINETIQUE CHIMIQUE	FICHE 13
-------------	--------------------	-------------

BUT

Etudier la cinétique de la réaction chimique entre l'iodure de potassium et le peroxydisulfate de sodium en solution, à l'aide de mesures photométriques.

Expérience n° 25

1°) Matériel :

- Module photorésistance
- Ohmmètre
- Source de lumière blanche assez directive ou laser
- Jeu de cuves identiques en verre
- Solution d'iodure de potassium à 0,5 mol/litre
- Solution de peroxydisulfate de sodium à 0,05 mol/litre.
- Chronomètre.

2°) Montage :

- mélanger 250 ml d'iodure de potassium et 250 ml de peroxydisulfate de sodium, la solution jaunit puis brunit lentement par formation d'iode (ions I_3^-). Attendre environ une heure (cela dépend de la température ambiante). La solution obtenue n'évoluant presque plus, on prépare alors par dilution, différentes solutions-étalons de concentration connue : a - 0,8 a - 0,6 a - 0,4 a - 0,2 a - 0,1 a - 0,05 a - 0,025 a ... (a désigne la concentration de la solution en ions I_3^- obtenue précédemment, soit 0,025 mol/litre. Le volume de chaque solution est de 50 ml.

- brancher l'ohmmètre aux bornes noire et jaune de la photorésistance.

- éclairer la photorésistance avec le faisceau lumineux (ajuster la distance de la source au photorécepteur de manière à ce que la surface éclairée ne soit pas trop petite).

- introduire dans le faisceau la cuve contenant une solution-étalon par exemple celle de concentration : a = 0,025 mol/l (se reporter à la figure 28); mesurer la valeur de la résistance R du photorésistor.

- recommencer l'opération avec chaque solution-étalon en vérifiant qu'il n'y a eu aucun changement dans la disposition relative du faisceau, de la cuve et de la photorésistance.

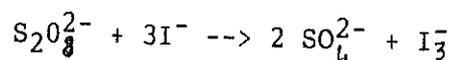
- tracer la courbe représentant R en fonction de la concentration en iode.

3°) Manipulation :

- prendre une cuve en verre et y introduire 25 ml de la solution de peroxydisulfate.
- préparer dans un bécher 25 ml d'iodure de potassium.
- placer la cuve ainsi remplie dans le faisceau lumineux; mettre le chronomètre à zéro.
- verser très rapidement le contenu du bécher dans la cuve et déclencher le chronomètre.
- au fur et à mesure que la solution brunit, la résistance lue à l'ohmmètre augmente. Noter les instants pour lesquels la résistance passe par l'une des valeurs qui ont précédemment permis de dresser la courbe d'absorption par les solutions étalons.
- donc en ces instants, la concentration en iode formé est parfaitement connue. Il ne reste plus qu'à construire la courbe de la concentration en iode en fonction du temps. Comme les ions iodure sont initialement en excès, la concentration finale en iode tend vers a.

4°) Remarques :

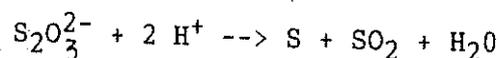
- l'équation de la réaction est :



- la température est un facteur cinétique : plus elle est basse, plus lente est l'évolution (essayer entre 10° et 40°C), même si la valeur limite "a" est inchangée.

- on peut aussi étudier l'influence de la concentration initiale en ions iodure ou en peroxydisulfate.

- ce montage permet aussi d'étudier la cinétique de la réaction entre l'acide chlorhydrique et les ions thiosulfate.



ou l'action des ions oxalate sur une solution de permanganate de potassium.