

TP6- LIAISON A FIBRE OPTIQUE

PRESENTATION	2
0- TRAVAIL PREPARATOIRE à faire avant le TP	2
1- DESCRIPTION DE LA LIAISON A FIBRE OPTIQUE UTILISEE.....	3
2- ETUDE DE LA LINEARITE D'UNE LED EN EMISSION	4
3- ETUDE DU SPECTRE D'EMISSION DE LA LED ROUGE.....	5
4- ETUDE DYNAMIQUE DE LA LIAISON : Mesure de temps de montée.....	7
5- COMPARAISON DE L'ATTENUATION PAR UNE FIBRE R / IR.....	9
ANNEXES	13
Annexe A1- Liste du matériel utilisé	13
Annexe A2- Oscilloscope Tektronix TDS :.....	14
Annexe A3- Acquérir un spectre avec le logiciel BWSpec	17
Annexe A4- Résultat d'étalonnage du spectromètre BRC-112E.....	18
Annexe A5- Radiomètre Delta-Ohm DO9721	19
Annexe A6- Photos.....	21

Ouvrir une session sur l'ordinateur :

Utilisateur : **etmp**

Mot de passe : **mesures**

TP6- LIAISON A FIBRE OPTIQUE

PRESENTATION

Sujet

Etudier expérimentalement quelques propriétés des composants d'une chaîne de transmission à fibre optique plastique :

Vérifier la linéarité en émission d'une LED, mesurer des temps de montée d'une chaîne de transmission à fibre, mesurer le spectre d'émission d'une LED, comparer l'atténuation d'une fibre optique selon la couleur etc.

Objectifs

- Réaliser des expériences en maîtrisant ses paramètres (ici I et f)
- Mesurer des temps de montée d'un système optoélectronique.
- Utiliser et exploiter un spectromètre et un radiomètre..
- Maîtriser les fonctions avancées d'un oscilloscope numérique (mesures, curseur, correction par moyenne, utilisation des mémoires, export...).
- Exploiter des mesures complexes en faisant des corrections justifiées.
- Utiliser des données numériques spécifiées par le constructeur d'un composant.

Consignes et sécurité

- **Au démarrage du PC** : un utilitaire rafraîchit et ouvre le répertoire de travail « **E:\MesDocs** ». Ce dossier contient le texte complet du TP en couleur avec ses annexes.
- ATTENTION aux FIBRES OPTIQUES : consignes §1.3
- Eteindre tous les appareils en fin de TP

Plan du TP

- 1- Description de la liaison à fibre optique utilisée p 3
- 2- Etude de la linéarité d'une LED en émission p 4
- 3- Etude du spectre d'émission de la LED rouge p 5
- 4- Etude dynamique de la liaison : mesure de temps de montée p 7
- 5- Comparaison de l'atténuation par une fibre R / IR p 9

Annexes :

Version en couleur dans E:\MesDocs

- A1- Liste du matériel utilisé p 13
- A2- Oscilloscope Tektronix TDS : mise en mémoire, capture d'écran sur clé USB p 14
- A3- Acquérir un spectre avec le logiciel BWSpec p 17
- A4- Résultat d'étalonnage du spectromètre BRC-112E p 18
- A5- Radiomètre Delta-Ohm DO9721 p 19
- A6- Photos p 21

0- TRAVAIL PREPARATOIRE à faire avant le TP

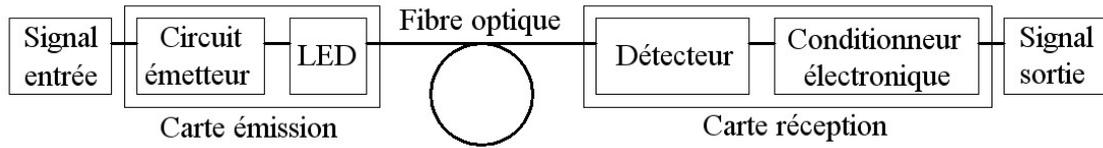
Le texte du TP en couleur, ses annexes complètes et les logiciels de simulation sont accessibles sur Internet par <http://mpsn.free.fr>

- Lire attentivement le texte de TP p2-12.
Revoir les définitions du TD3 du module « Capteur S1 »

1- DESCRIPTION DE LA LIAISON A FIBRE OPTIQUE UTILISEE

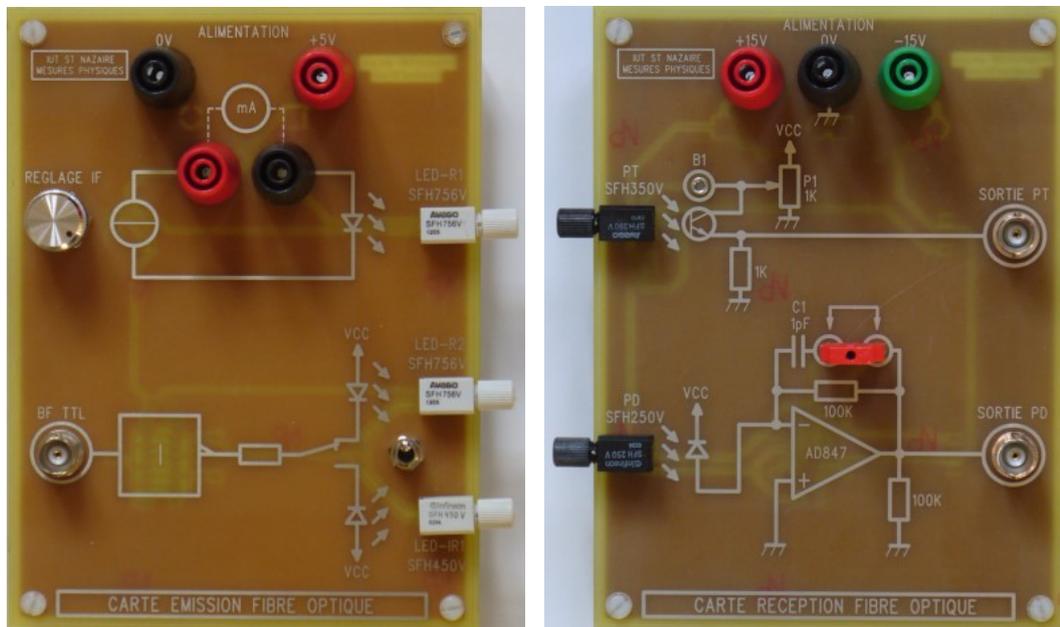
1.1- Organisation matérielle d'une liaison type

Une chaîne de transmission à fibre optique plastique POF peut être organisée ainsi :



- Le signal électrique d'entrée est soit continu (issu d'un diviseur de tension sur la « carte émission »), soit périodique (issu d'un « générateur BF » extérieur : signal carré TTL à fréquence f).
- Le signal optique produit par une LED (Rouge ou Infra Rouge IR) peut être observé à l'extrémité d'une fibre optique de liaison (radiomètre, analyseur de spectre, détecteur Photodiode PD ou Phototransistor PT).
- Le signal électrique produit par la « carte de réception » est observé à l'oscilloscope numérique.

1.2- Cartes électroniques disponibles

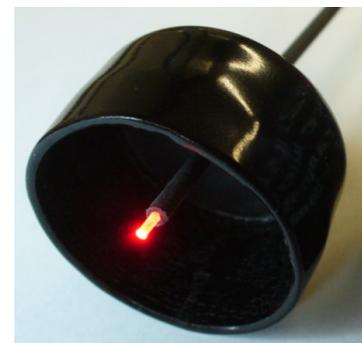


1.3- Fibre optique plastique : POF PMMA

- Dimension d'une fibre optique plastique type :
- diamètre de fibre : 1,0 mm
 - diamètre extérieur de la gaine mécanique : 2,2 mm

- Matériaux d'une fibre plastique PMMA :
- cœur de la fibre : PMMA (polyméthylméthacrylate)
 - gaine optique (cladding) : résine fluorée
 - gaine mécanique de protection : polyéthylène de couleur noire

Ouverture numérique typique : **0,46**
 Température d'utilisation : -40°C à +85°C



LA FIBRE OPTIQUE DOIT ETRE MANIPULEE AVEC SOIN
La fibre ne doit pas être pliée, forcée etc.
ATTENTION A VOS COUDES !

2- ETUDE DE LA LINEARITE D'UNE LED EN EMISSION

2.1- Principe de l'étude

Processus d'émission de lumière par une LED

Un électron se déplaçant sous l'effet d'un courant électrique qui traverse dans le sens direct la jonction d'une diode électroluminescente LED, a une probabilité élevée et constante de convertir toute son énergie cinétique en énergie lumineuse par l'émission d'un seul photon.

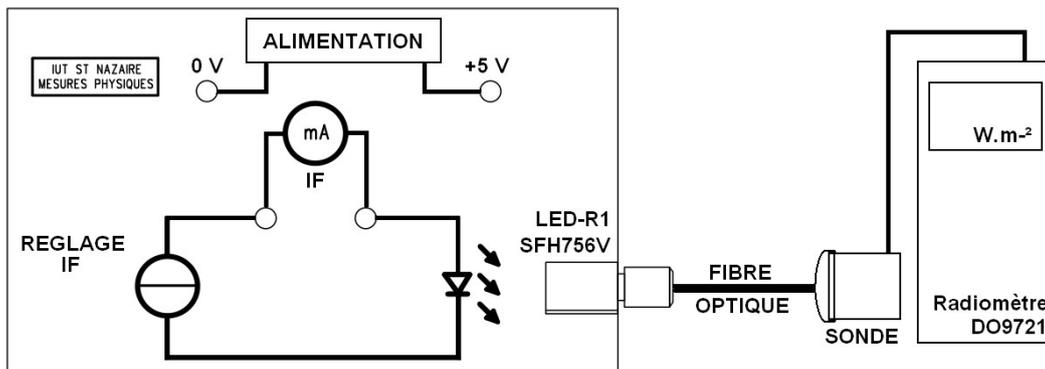
- L'intensité du courant électrique I_F traversant la surface de jonction de la LED est par définition le « nombre d'électrons par seconde » traversant multiplié par la « charge élémentaire » : $I_F = N_e \times e$
- Le nombre de ces photons émis par seconde N_p est a priori proportionnel à ce nombre d'électrons N_e .
- Le flux d'énergie produit par la LED est $F_e = N_p \times hc/\lambda$ (où hc/λ est l'énergie constante d'un photon)

→ Le flux F_e émis par la LED devrait a priori être proportionnel à son courant direct I_F .

Principe de la mesure

- On impose un courant direct I_F mesuré à l'aide d'un ampèremètre en mode continu DC (F pour « Forward », c'est-à-dire « Direct » en français, opposé à R pour « Reverse », c'est-à-dire « Inverse »).
- Le flux de lumière produit par la LED est injecté dans une fibre optique au niveau de son connecteur.
- La lumière propagée par la fibre éclaire la sonde d'un radiomètre qui mesure l'éclairement énergétique produit, soit $E = F_e / A$ où A est la surface utile (non connue) de son photodétecteur.

→ On cherche donc à tester l'hypothèse : $E_{\text{mesuré}}$ est proportionnel au courant direct I_F d'une LED



2.2- Réalisation de l'expérience

Réglage du montage

- Alimenter la carte d'émission en 0 V et +5 V.
- Brancher un ampèremètre, régler en mode mA DC.
- Relier la LED-R1 et la sonde de sorte que l'extrémité de la fibre soit en face du centre de la zone blanche de la sonde.
- Mettre en marche le radiomètre ; faire varier I_F sur la plage disponible, constater les variations d'éclairement.

Réalisation des mesures

Q2.1a- Réaliser une série de 10 mesures correctement répartie sur la plage d'intensité I_F disponible. Regrouper les résultats dans un tableau.

Exploitation des mesures

Q2.1b- Tracer la représentation $E = f(I_F)$ sur papier millimétré. Tracer la meilleure droite (visuellement) passant par les points et l'origine. Estimer la pente.

L'hypothèse d'un flux émis F_e proportionnel au courant direct I_F d'une LED est-elle vérifiée ?

Q2.1c- Faire le lien avec la figure 3 ci-contre, extraite de la notice de FSH756V

Noter que ici $I_F < I_{Fmax}$ en continu, soit 50 mA.

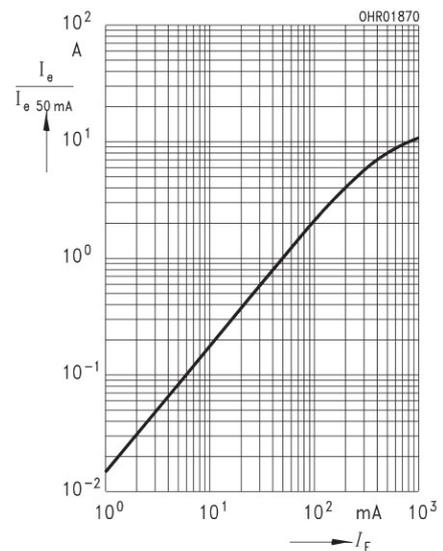


Figure 3. Relative Output Power, $I_e/I_e(50 \text{ mA}) = f(I_F)$ single pulse, duration = 20 μs

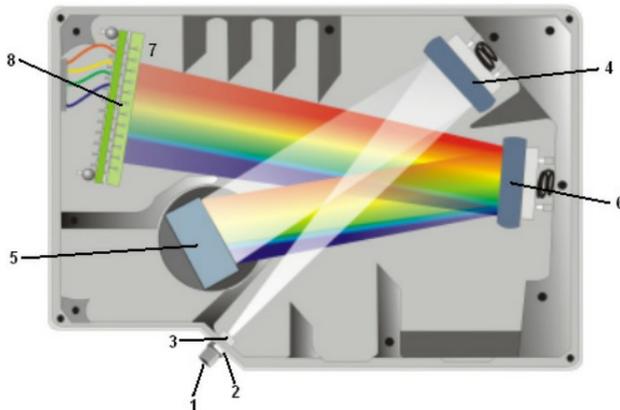
Attention :
 graphe en échelle Log-Log...
 $\text{Log}(y) = \text{Log}(a * x^n)$? $n=1$?

Gestion du temps et documentation de votre Compte-Rendu de TP :

- L'étudiant 1 trace le graphe papier Q2.1b.
- Pendant ce temps, l'étudiant 2 met en place le montage du §3.2 : il lit l'Annexe 3 sur le logiciel BWSpec puis commence l'essai.

3- ETUDE DU SPECTRE D'EMISSION DE LA LED ROUGE

3.1- Principe du spectromètre utilisé



Spectromètre BRC112E - VIS

La lumière à analyser sort de la fibre de liaison au connecteur (1). Le filtre (3) ne laisse passer que sa partie visible. La fente (2) est au foyer objet d'un miroir sphérique (4), de sorte que le faisceau de lumière éclaire sous incidence constante le réseau optique (5) qui réfléchit un faisceau aux couleurs dispersées (7). Repris par le miroir (6), les différentes composantes colorées de la lumière éclairent les 2048 pixels alignés du CCD (8).

Le signal électrique de chaque pixel est numérisé en 16 bits sur une échelle de $2^{16} = 65536$ valeurs. Chacun des pixels est associé lors de l'étalonnage initial du spectromètre à une longueur d'onde du spectre **visible**. La mesure de spectre est ainsi faite avec une **résolution de 1 nm**.

→ Le spectre est représenté avec λ en abscisse et la valeur numérisée N en ordonnée (plage 0 / 65535)

3.2- Acquisition du spectre d'émission de la led rouge SFH756V

Montage expérimental

Voir la photo page 5.

- Alimenter La LED rouge LED-R1 avec le minimum de courant disponible, $I_F < 4$ mA
- Placer l'extrémité de la fibre de liaison du spectromètre en face de la sortie de la LED.

Enregistrement du spectre d'émission

Q3.2a- Réaliser l'acquisition d'un spectre convenable de la lumière issue de SFH756V selon les explications de l'Annexe 3.

Déterminer les coordonnées du maximum, soit λ_{peak} et N_{max} . Attention : la raie mesurée doit être grande (faible influence du « bruit ») mais non saturée (max typiquement entre 40000 et 60000 ?)

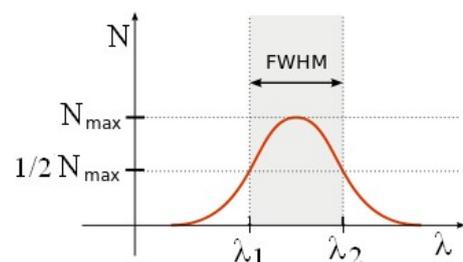
Il sera judicieux de répéter au moins trois fois l'acquisition pour juger de la reproductibilité de la mesure.

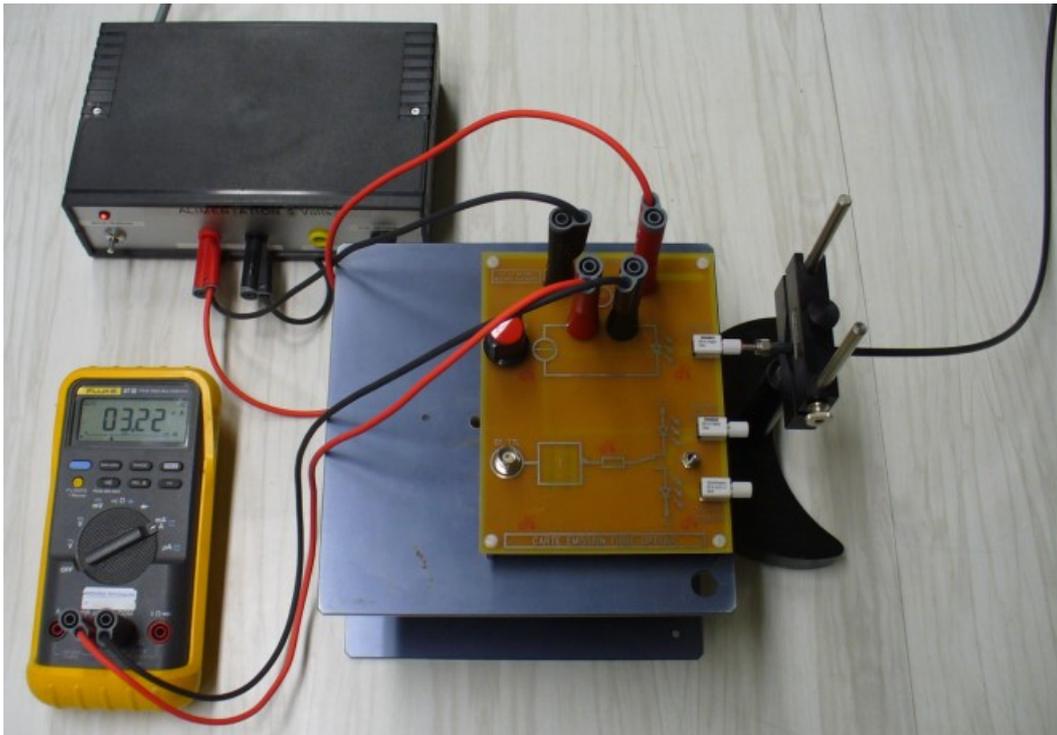
Ouvrir le fichier tp6-essai.odt situé dans E:\MesDocs, le compléter et insérer une copie d'écran significative dans votre rapport.

Q3.2b- Déterminer à l'aide des curseurs la « pleine largeur à mi-hauteur » (FWHM Full Width at Half Maximum), soit $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$

avec $\lambda_1 < \lambda_2$ pour lesquelles $N(\lambda_1) = N(\lambda_2) = N_{max}/2$

Compléter la feuille d'essai.





Comparaison aux « données constructeur » disponibles :

Les feuilles de données de SFH756V par Avengo indiquent :

page 2

Peak Wavelength

Spectral Bandwidth

page 1

Description

The SFH756 is a low-cost transmitter for simple optical data transmission with polymer optical fiber. The 650nm LED allows for speeds up to 10MBd.

λ_{Peak}	660	nm
$\Delta\lambda$	25	nm

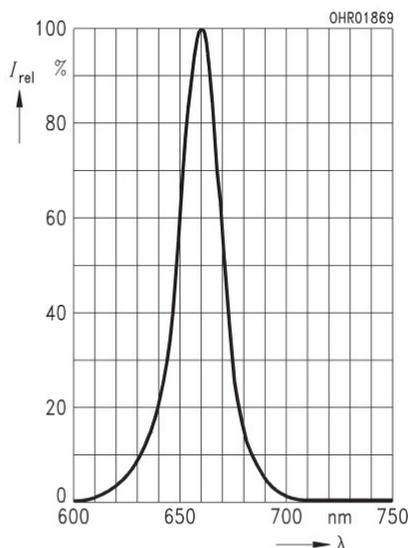
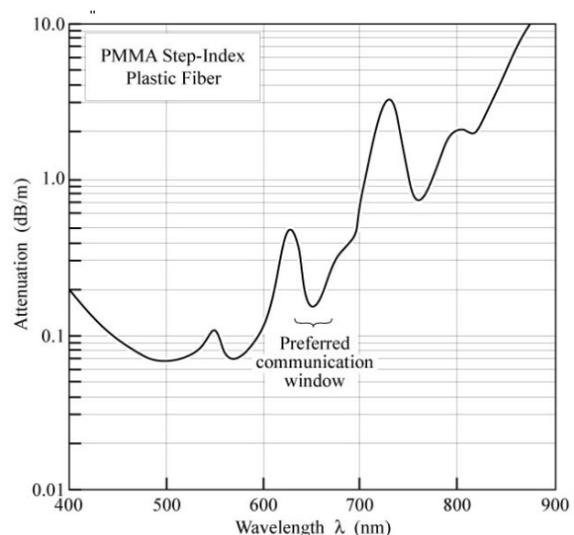


Figure 1. Relative Spectral Emission $I_{rel} = f(\lambda)$

page 3



Une courbe d'atténuation d'une POF PMMA type

d'après **Light emitting diodes** par E. F. Schubert (Cambridge Univ- Press)

Q3.2c- Après avoir pris connaissance de l'Annexe 4 sur l'étalonnage du spectromètre, commenter la qualité de vos propres mesures. Comparaison critique avec les « données Avengo » disponibles ? Que penser de plus de l'intérêt de ce composant en communication ?

4- ETUDE DYNAMIQUE DE LA LIAISON : Mesure de temps de montée.

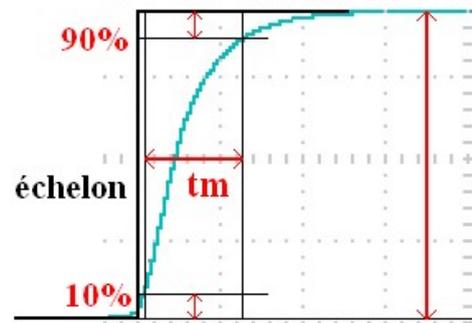
4.1- Principe de l'étude

Limitation dynamique des LED et des détecteurs (Photodiode et Phototransistor)

Les composants optoélectroniques utilisés sur ces cartes exploitent les propriétés de jonction PN réalisées avec des semi-conducteurs spécifiques. Ces jonctions PN présentent systématiquement un effet capacitif.

La capacité de jonction couplée avec la résistance de charge du composant définit une constante de temps caractéristique $\tau = R C_0$.

Les temps de montée et de descente d'un composant sont ainsi proportionnels à cette constante de temps caractéristique (cf. TD Capteurs S1 : $t_m \approx t_d \approx 2,2 \tau$ pour un capteur du 1^{er} ordre).



Temps de montée entre 10% et 90% : $t_{r\ 10/90}$. (risetime)
durée pour croître de 10% à 90% de la valeur finale

Temps de descente entre 90% et 10% : $t_{f\ 90/10}$. (falltime)
durée pour décroître de 90% à 10% de la valeur initiale

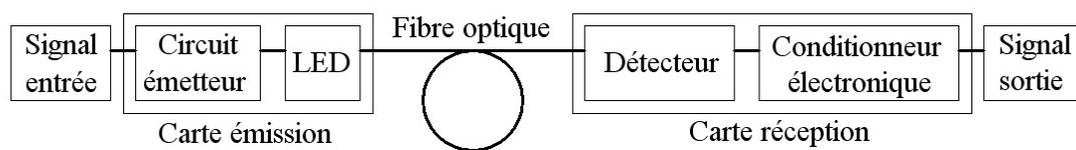
On trouve des ordres de grandeur significatifs dans les feuilles de données des composants du TP (cf. classeur) :

Photodiode SFH250V	Phototransistor SFH350V	LED IR SFH450V	LED R SFH756V
$C_0 \approx 11 \text{ pF}$ $t_m \approx 10 \text{ ns}$	$C_0 \approx 20 \text{ pF}$ $t_m \approx 10 \text{ à } 20 \text{ } \mu\text{s}$	$C_0 \approx 40 \text{ pF}$ $t_m \approx 1 \mu\text{s}$	$C_0 \approx 30 \text{ pF}$ $t_m \approx 0,1 \text{ } \mu\text{s} = 100 \text{ ns}$

exemple de SFH756V Avago p2 à 25°C (Switching time : durée de commutation)

Switching Times ($R_G = 50 \text{ } \Omega$, $I_{F(Low)} = 0.1 \text{ mA}$, $I_{F(High)} = 50 \text{ mA}$)		μs
10% to 90%	t_R	0.1
90% to 10%	t_F	0.1

Éléments de la chaîne de liaison à fibre optique



Soit ici les deux chaînes testables qui diffèrent essentiellement par le photodétecteur (PD ou PT) :

L'essai portera sur la chaîne la plus performante :

Générateur BF TTL / Circuit Logique / **LED R** / Fibre Optique / **PhotoDiode** / Ampli Op / Oscilloscope

Un essai similaire pourrait être fait avec la chaîne :

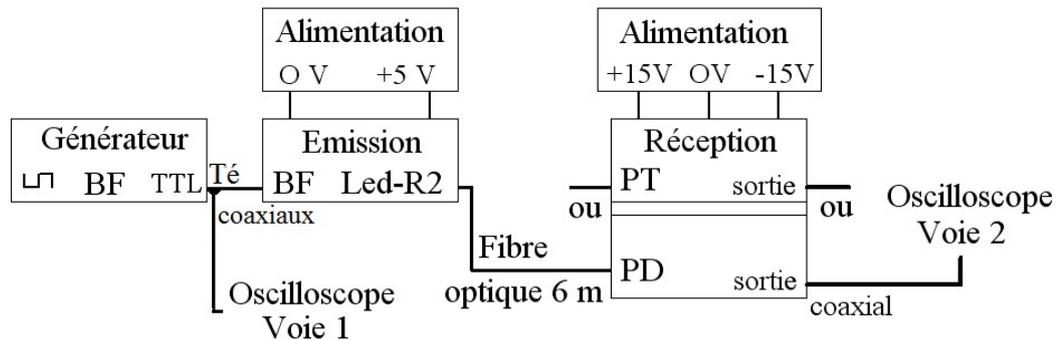
Générateur BF TTL / Circuit Logique / **LED R** / Fibre Optique / **PhotoTransistor** / Oscilloscope

→ Le principe de l'étude est de mesurer le temps de montée d'une **chaîne dans sa globalité**.

→ L'analyse des résultats et la comparaison aux valeurs typiques des principaux composants utilisés peut permettre d'identifier l'éventuel « maillon faible » de cette chaîne.

4.2- Réalisation de l'expérience

Montage expérimental



- Alimenter les deux cartes électroniques.
- Réaliser les branchements électriques à l'aide de câbles coaxiaux et d'un T-branchement pour dédoubler le signal TTL.
- Régler en voie 1 un signal de référence **carré** à 100 kHz (amplitude fixe).
- Mettre en place la fibre optique sur les deux connecteurs LED-R2 et PD (faire vérifier par l'enseignant).
- Régler la voie 2 pour observer un signal « carré » de sortie correct.
- Augmenter la fréquence jusqu'à visualiser correctement la déformation du signal

Réalisation des mesures : liaison R / PD

- Afficher le menu des « Mesures » automatiques et régler pour la voie 2 : fréquence, moyenne, crête à crête et temps de montée

Q4.2a- Faire une mesure significative du temps de montée de la chaîne R / PD. Exporter une copie d'écran vers la clé USB (procédure en Annexe 2). Compléter la feuille d'essai.

- Afficher maintenant le menu « Curseurs »

Q4.2b- Dilater l'axe des temps pour faire une mesure complémentaire du temps de montée en utilisant la définition rappelée au §3.1 et en plaçant les deux curseurs de temps.

La lecture de Δt donne la durée entre les positions des curseurs 1 (placé à 10%) et 2 (placé à 90%).

Exporter une seconde copie d'écran vers la clé USB.

Compléter la feuille d'essai.

Commenter vos résultats. Quel composant limite les performances dynamiques de la chaîne ?

MESURES	CURSEURS
CH2 Fréq. ? kHz	Type Temps
CH2 Moyenne ? mV	Source ?
CH2 C-C ? V	Δt ? μs $\frac{\Delta V}{\Delta t}$ kHz ΔV mV
CH2 Tps montée ? ns	Curseur 1 ? μs mV
CH1 Inactive Aucune	Curseur 2 ? μs mV

Gestion du temps et documentation de votre Compte-Rendu de TP :

- L'**étudiant 1** intègre les 2 copies d'écran (2 par pages) au rapport.
- Pendant ce temps, l'**étudiant 2** commence la partie 5.

5- COMPARAISON DE L'ATTENUATION PAR UNE FIBRE R / IR

5.1- Principe de l'expérience

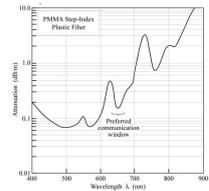
Comme le montre la courbe utilisée au §3.2, l'atténuation par une fibre optique plastique dépend assez fortement de la couleur de la lumière utilisée.

La carte d'émission disponible permet des essais à 650 nm (R) et à 950 nm (IR).

Le montage utilisé précédemment au §4 peut être utilisé à plus basse fréquence avec des signaux bien carrés. La mesure de l'amplitude des signaux de sortie permet alors de mesurer l'atténuation par la fibre optique.

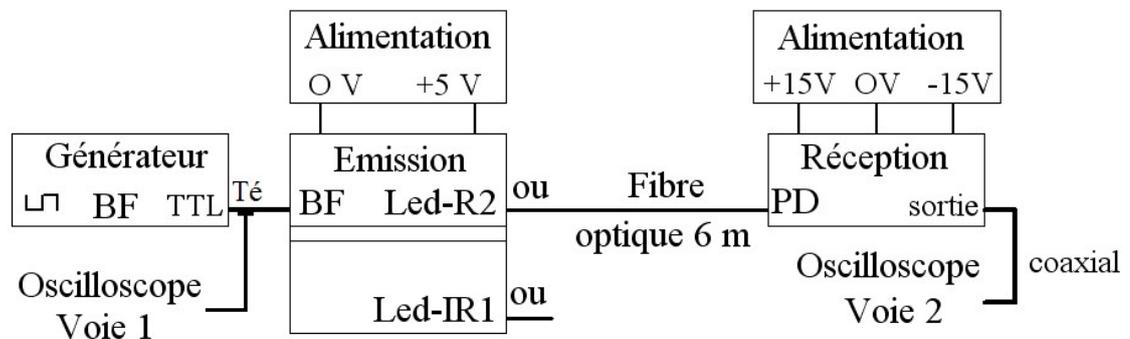
Cependant il faut absolument tenir compte du fait que les LED n'émettent pas le même flux (en W) et que la photodiode n'a pas la même sensibilité à ces deux couleurs.

→ La mesure envisagée nécessite donc des corrections spécifiques basées sur les informations disponibles dans les feuilles de données des composants et sur les schémas.



5.2- Réalisation de l'expérience

Montage expérimental



- On conserve les branchements comme au §4. La Led-IR1 et la photodiode PD sont reliées par la fibre de 6 m.

- Régler la fréquence du générateur BF à 25 kHz

(choix suggéré par la feuille de SFH756V qui évoque des essais avec des impulsions de 20 μ s → $T = 2 \times 20 \mu s = 40 \mu s$ et donc $f = 1/T = 25 \text{ kHz}$).

Réalisation des mesures

- retirer le signal Voie 1 de l'écran (1 appui long sur CH1 Menu).

Q5.2a- Occuper au mieux l'écran avec le signal Voie 2 dû à la LED IR1.

Mesurer alors l'amplitude du bruit avec les curseurs. Noter sur la feuille d'essai.

Utiliser une acquisition moyennée pour diminuer l'effet du bruit (diminution de l'incertitude par \sqrt{n} ici $n = 4, 16, 64, 128$).

Mesurer l'amplitude crête à crête du signal issu de la photodiode, soit $U_{S,IR}$.

Compléter la feuille d'essai, **faire de même** pour toutes les mesures et calculs ultérieurs.

Q5.2b- Brancher la fibre sur la Led-R2.

Occuper à nouveau au mieux l'écran avec le signal.

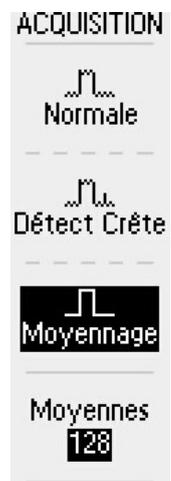
Mesurer ensuite l'amplitude crête à crête du signal issu de la photodiode, soit $U_{S,R}$.

Q5.2c- Repasser en mode d' »Acquisition » normale (non moyennée)

Mettre en mémoire le signal de l'essai « Rouge » sur Ref A (cf. Annexe A2) . Afficher RefA à l'écran.

En conservant le même réglage de sensibilité Voie 2 (en V/Div) reconnecter à la Led-IR1 et obtenir le signal non moyenné en le décalant un peu.

Exporter l'écran montrant les deux signaux PD R et IR vers la clé USB.



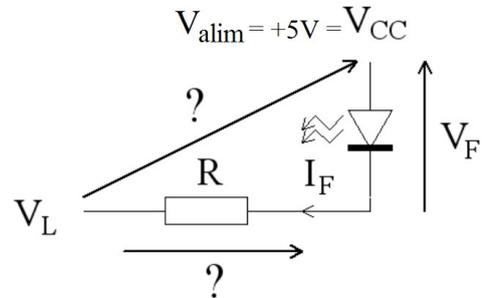
5.3- Calcul des flux énergétiques injectés par les LED R et IR

- L'étudiant 1 calcule les applications numériques pour la LED Rouge au §5.3 , §5.4 et §5.5
 - L'étudiant 2 calcule les valeurs numériques correspondantes pour la LED IR.

Calcul de l'intensité électrique parcourant les LED R et IR dans cette expérience

La LED doit être parcourue par un courant direct I_F pour émettre obtenu lorsque la tension alimentant la diode en série avec R sera supérieure à V_F .

→ la sortie du composant logique commandant la LED doit donc être au niveau logique bas (L pour Low) avec $V_L \approx 0,2 V$ car alors $V_{CC} - V_L > V_F$.



Q5.3a- Ecrire la loi des maille et en déduire l'expression de I_F en fonction de $V_{CC} - V_L$, V_F et R.

Cas de la LED Rouge

Q5.3b- Calculer l'intensité I_{FR} en mA pour $V_{FR} = 1.8 V$, $R_R = 538 \Omega$, $V_{CC} = 5 V$ et $V_L = 0,2 V$.

Cas de la LED IR

Q5.3c- Calculer l'intensité I_{FIR} en mA pour $V_{FIR} = 1.5 V$, $R_{IR} = 68 \Omega$, $V_{CC} = 5 V$ et $V_L = 0,2 V$.

Sensibilité en émission et flux énergétiques émis par les LED R et IR

Le flux F_{IN} injecté dans la fibre est la « grandeur physique de sortie » de la LED. I_F en est la « grandeur physique d'entrée ».

Attention au paradoxe apparent des noms (IN « en entrée » pour la fibre mais « en sortie » pour la LED...)

La sensibilité en émission de la LED est (cf. module Capteurs du S1) : $S_{LED} = \frac{\Delta G_{SORTIE}}{\Delta G_{ENTREE}}$

$S_{LED} = \frac{\Delta F}{\Delta I} \approx \frac{F_{IN} - 0}{I_F - 0} = \frac{F_{IN}}{I_F}$ car on regarde les variations des grandeurs par rapport à la situation

$I = 0$ où il n'y a pas de lumière émise. Donc on calcule ici $S_{LED} = \frac{F_{IN}}{I_F}$ en $W.A^{-1}$

Cas de la LED Rouge

Q5.3d- Calculer $S_{LED R}$ à partir de valeurs $F_R = 200 \mu W$ pour $I_{FR} = 10 mA$, indiquées dans les feuilles de données de SFH756V.

Output Power Coupled Into Plastic Fiber Φ_{IN} 200 μW
($I_F = 10 mA$)

Q5.3e- En déduire le flux $F_{IN R}$ injecté dans la fibre optique par la LED Rouge lors de cette expérience.

Cas de la LED IR

Q5.3f- Calculer $S_{LED IR}$ à partir de valeurs $F_{IR} = 90 \mu W$ pour $I_{FIR} = 10 mA$, indiquées dans les feuilles de données de SFH450V.

Output Power Coupled into Plastic Fiber Φ_{IN} 90 μW
($I_F = 10 mA$)

Q5.3g- En déduire le flux $F_{IN IR}$ injecté dans la fibre optique par la LED IR lors de cette expérience.

5.4- Calcul des flux énergétiques reçus par la photodiode R et IR

Sensibilité de la photodiode en réception

le flux énergétique F_{OUT} sortant de la fibre optique est la « grandeur physique d'entrée » de la photodiode alors que le photocourant I_{PD} généré par la photodiode en est la « grandeur physique de sortie ».

Attention au paradoxe apparent des noms (OUT « en sortie » pour la fibre mais « en entrée » pour PD...)

La sensibilité en réception de la photodiode est selon sa définition :

$$S_{PD} = \frac{\Delta I}{\Delta F} \approx \frac{I_{PD} - I_{Dark}}{F - 0} \approx \frac{I_{PD}}{F}$$

lorsqu'il n'y a pas de lumière reçue, le photocourant « de noir » est

négligeable ($I_{Dark} = 1 \text{ nA} \ll 3 \text{ ou } 4 \text{ }\mu\text{A}$). On calcule donc ici $S_{PD} = \frac{I_{PD}}{F_{OUT}}$ en A.W^{-1}

Cas de la PD dans le Rouge

Q5.4a- Calculer $S_{PD R}$ à partir des valeurs $I_{PD R} = 3 \text{ }\mu\text{A}$ pour $F_{OUT R} = 10 \text{ }\mu\text{W}$ reçu (à 650 nm).

Photo Current ($\Phi = 10 \text{ }\mu\text{W}$ coupled from the end of a plastic fiber, $V_R = 5 \text{ V}$)

$\lambda = 660 \text{ nm}$	I_P	3	μA
$\lambda = 950 \text{ nm}$	I_P	4	μA

Cas de la PD dans l'IR

Q5.4b- Calculer $S_{PD IR}$ à partir des valeurs $I_{PD IR} = 4 \text{ }\mu\text{A}$ pour $F_{OUT IR} = 10 \text{ }\mu\text{W}$ reçu (à 950 nm).

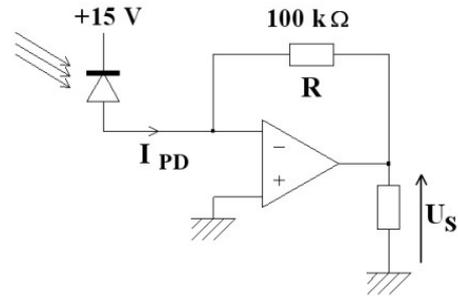
Cf. feuilles de données de SFH250V

Calcul des flux énergétiques reçus

- La photodiode est polarisée en inverse et génère donc un photocourant I_{PD} proportionnel au flux énergétique reçu F_{OUT} .

En fonctionnement idéal, le montage produit une tension de sortie $U_S = - R \times I_{PD}$ (cf. Cours EON S2)

→ On mesure alors : $U_{S PD} = - R \times S_{PD} F_{OUT}$



Remarquer que le signe – revient à décaler le signal d'une demi-période. Concrètement on calcule en **valeur absolue** à partir d'une valeur positive de la tension crête à crête.

Cas de la PD dans le Rouge

Q5.4c- Calculer le flux reçu lors de l'expérience $F_{OUT R}$ calculé à partir de votre mesure de tension crête à crête de U_S réalisée pour Q5.2b (en rouge).

Cas de la PD dans l'IR

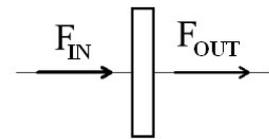
Q5.4d- Calculer le flux reçu lors de l'expérience $F_{OUT IR}$ calculé à partir de votre mesure de tension crête à crête de U_S réalisée pour Q5.2a (en IR).

5.5- Calculs des atténuations R et IR

Calcul de l'atténuation A

Notion étudiée dans le Ch1 §1 du Cours.

Le flux diminue lorsque la lumière traverse le matériau $F \downarrow$



Atténuation $0 < A = \frac{F_{OUT}}{F_{IN}} < 1$ ex : si $A = 0,1$ seul 10% du flux ressort.

Q5.5a- A partir de vos résultats précédents pour F_{IN} et F_{OUT} , calculer l'atténuation A_R de cette fibre de 6 m de long dans le rouge.

De la même façon, calculer A_{IR} pour l'IR

Q5.5b- De combien de fois la fibre atténue-t-elle plus dans l'IR que dans le rouge ?

Calcul de l'atténuation linéique $A_{dB/m}$

On a $A_{dB.m^{-1}} = -\frac{10}{L} \log_{10}(A)$ en dB.m^{-1}

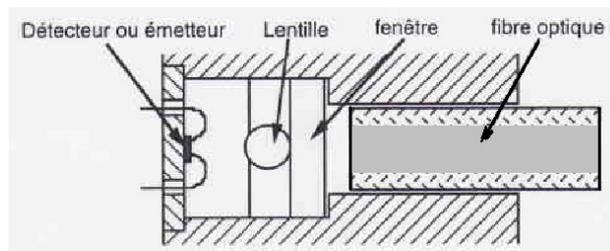
Q5.5c- Calculer pour cette fibre de 6 m l'atténuation linéique constatée dans le rouge. Commenter. Quelle autre cause d'atténuation peut-on envisager pour cette fibre ?

5.6- Optimisation du couplage composant / fibre optique

Q5.6a- Quelle est l'ouverture numérique de ce type de fibre PMMA et son angle d'acceptance θ_{\max} ?
 Que représentent concrètement ces nombres ?
 Esquisser une figure représentant la fibre et cet angle.

Remarque : on montrera en TD que $ON = \sin\theta_{\max} = \frac{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{n_0}$ où n_1 est l'indice du cœur, n_2 l'indice de la gaine optique et n_0 l'indice de l'air extérieur. En général, les indices ne sont pas détaillés dans la documentation et seule l'ON est spécifiée pour la fibre (cf. §1.3 au début du TP).

Q5.6b- Quelle amélioration technique concernant le flux de lumière entrant dans la fibre est apportée par la lentille « boule » au niveau de ce composant ?



Esquisser une figure représentant le faisceau capté par la lentille et entrant dans la fibre optique.

ANNEXES

Annexe A1- Liste du matériel utilisé

Matériel utilisé

- Cartes électroniques dédiées regroupant deux LEDS rouge et infrarouge, une photodiode PIN, un phototransistor et les circuits annexes décrits dans le texte.
- Jeu de fibres optiques plastiques PMMA diamètre 2.2mm de différentes longueurs.
- Alimentations +5V / 0V et +15V / 0V / -15V pour les cartes.
- 7 fils bananes
- Multimètre (mA).
- Générateur BF (Française d'Instrumentation).
- Oscilloscope numérique à **sortie USB**, type Tektronix série 2000.
- 3 câbles coaxiaux
- Radiomètre DeltaOhm DO9021 et sa sonde LP741 RAD + protection de sonde percée
- Spectromètre Edmund BRC112E et sa fibre optique de liaison.
- Support de fibre, pied « demi-lune », support « Boy »
- Deux textes de TP avec Annexes et fiches techniques des divers composants (disponibles sur : http://www.infineon.com/products/fiber/index_plastic.htm)

Matériel informatique et logiciels utilisés

- Un ordinateur PC « Optique 8 » 32 bits sous Win 10 avec logiciel BWSpec 4.10
- Suite « Libre Office » et une version d'Excel
- Navigateur avec plugin java à jour.
- Un accès à l'imprimante réseau

Applets de simulation :

Fibre optique à saut d'indice

<http://subaru.univ-lemans.fr/AccesLibre/UM/Pedago/physique/02/optigeo/fibresaut.html>

Coupleur LED / Fibre optique

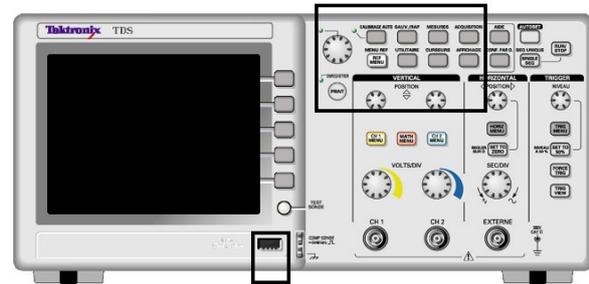
<http://subaru.univ-lemans.fr/AccesLibre/UM/Pedago/physique/02/optigeo/coupleur.html>

Annexe A2- Oscilloscope Tektronix TDS : mise en mémoire, capture d'écran sur clé USB

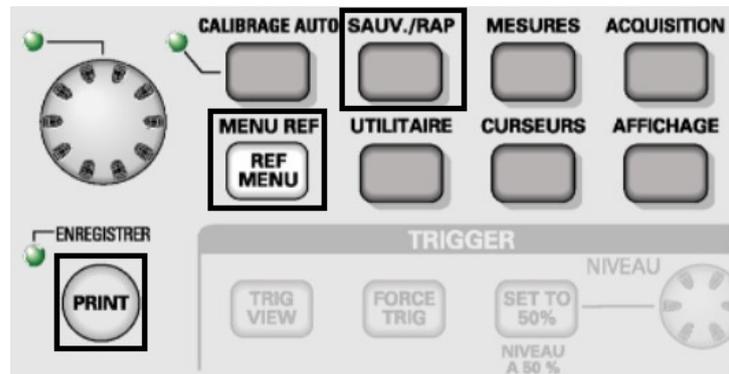
Les oscilloscopes des séries 1000 et 2000 utilisent les mêmes menus pour ce qui est de la mise en mémoire et de la capture d'écran.

Série 1000 : monochrome

Série 2000 : écran et boutons « couleurs »



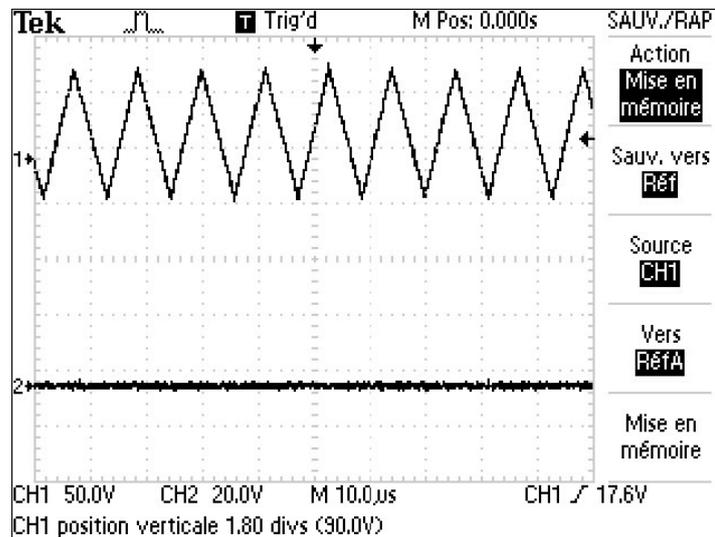
port du lecteur flash USB



A2.1- Mise en mémoire d'un signal acquis

Pour mémoriser CH1 vers Réf A

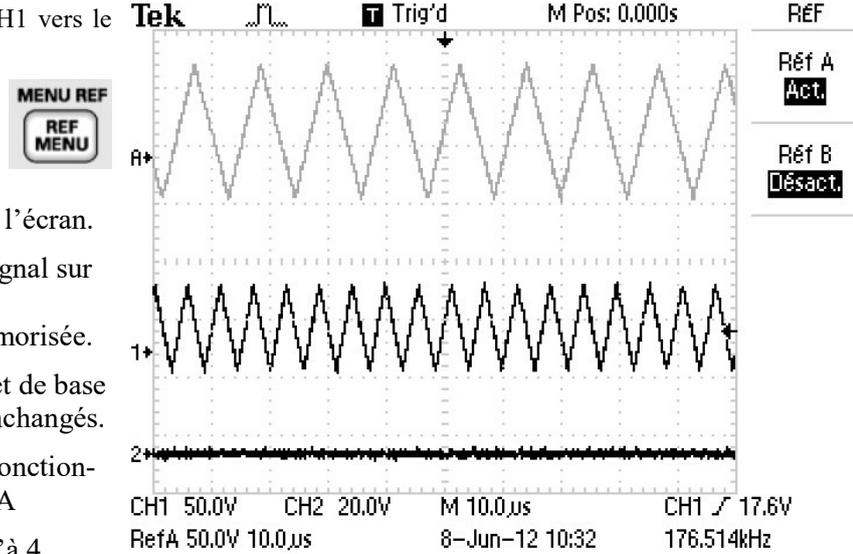
- Régler l'oscilloscope sur le signal à mémoriser, ici un triangle
- Appuyer sur le bouton « Sauvegarde / Rappel ». 
- Régler le menu « Action » par le bouton voisin sur « Mise en mémoire ».
- Régler le menu « Sauver vers » sur « Réf ».
- Régler la « source » du signal à mémoriser CH1, CH2 ou Math.
- Régler la mémoire de destination Réf A ou Réf B.
- Cliquer sur « Mise en mémoire ». Le message de confirmation est affiché très vite.



Manuel Oscilloscope p. 119 et 124.

Pour afficher le signal Réf A

- Déplacer le signal initial CH1 vers le bas de l'écran.
 - Appuyer sur le bouton « Réf Menu ».
 - Activer la voie Réf A : la voie est alors affichée sur l'écran.
 - Faire varier la source du signal sur CH1. Constaté que Réf A est mémorisée.
 - Les réglages d'amplitude et de base de temps de Réf A restent inchangés.
 - Les « Mesures Auto » ne fonctionnent pas en général sur Réf A
- On peut donc afficher jusqu'à 4 signaux sur l'écran (dont 2 mémorisés)



Pour enlever ou modifier le signal Réf A

- Désactiver la voie Réf A pour qu'elle ne soit plus affichée.
- Refaire le processus de mémorisation pour modifier le contenu de Réf A en l'écrasant

A2.2- Pour exporter une capture d'écran sur clé USB

Mise de la clé sur le port USB

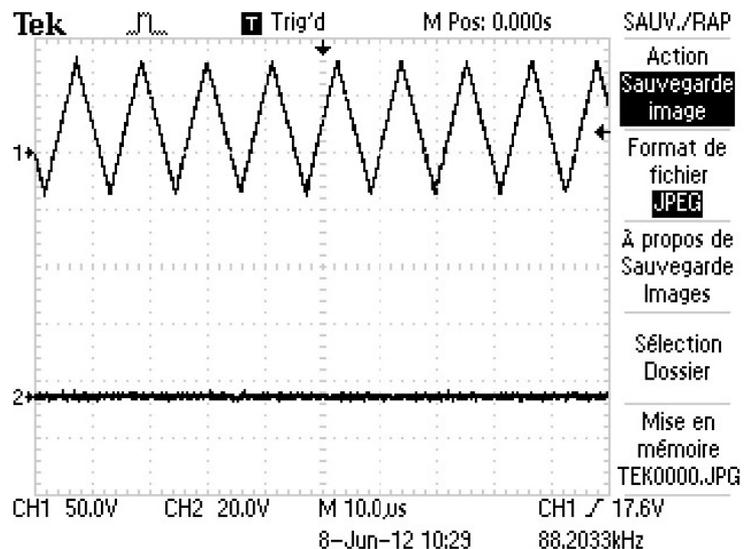
L'oscilloscope examine la partition (environ 30s pour la clé du laboratoire de faible taille). L'appareil accepte des clés jusqu'à 1 Go typ. Mais cela peut augmenter considérablement la phase préliminaire d'examen.

Manuel Oscilloscope p. 79.

Préréglage du format d'image

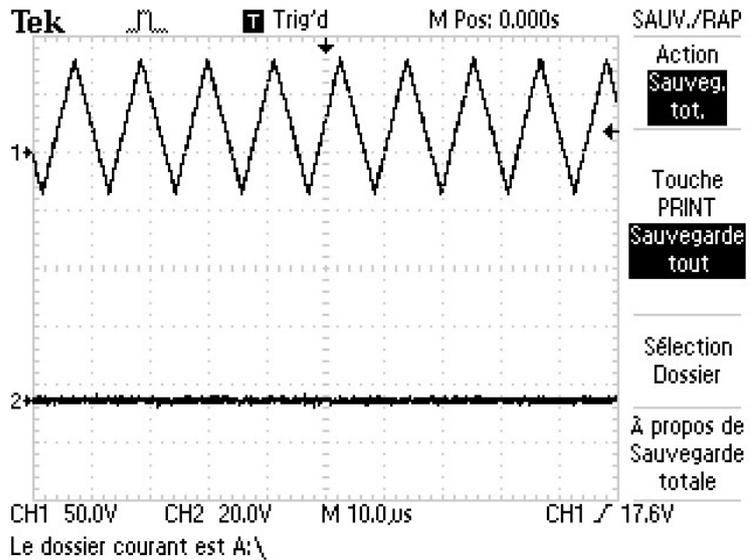
- Appuyer sur le bouton « Sauvegarde / Rappel ».
- Régler le menu « Action » sur « Sauvegarde image »
- Régler le type de fichier sur « JPEG » (éventuellement BMP)
- Ne pas aller dans les menus « Dossiers » etc.

Manuel Oscilloscope p. 87.



Préréglage du bouton « Print »

- Appuyer sur le bouton « Sauvegarde / Rappel ».
- Régler le menu « Action » sur « Sauvegarder tout ».
- Régler la Touch Print sur « Sauvegarder tout »
- Ne pas aller dans les menus « Dossiers » etc.



Manuel Oscilloscope p. 85 et 120.

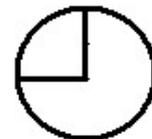
Export sur clé USB par le bouton « Print »

Indication « SAVE » :

- « Print » pour TDS 1002B
- Motif « Imprimante » pour TDS 2002C

- Un appuis sur le bouton « Print » exporte l'image sur la clé en 20 s environ. Patienter tant que l'horloge est apparente sur l'écran.

- Contenter vous de la numérotation automatique des images



Consignes à respecter :

**Merci de ne pas entrer dans les menus de réglages divers !
Le bouton « Utilitaire » est TABOU !**

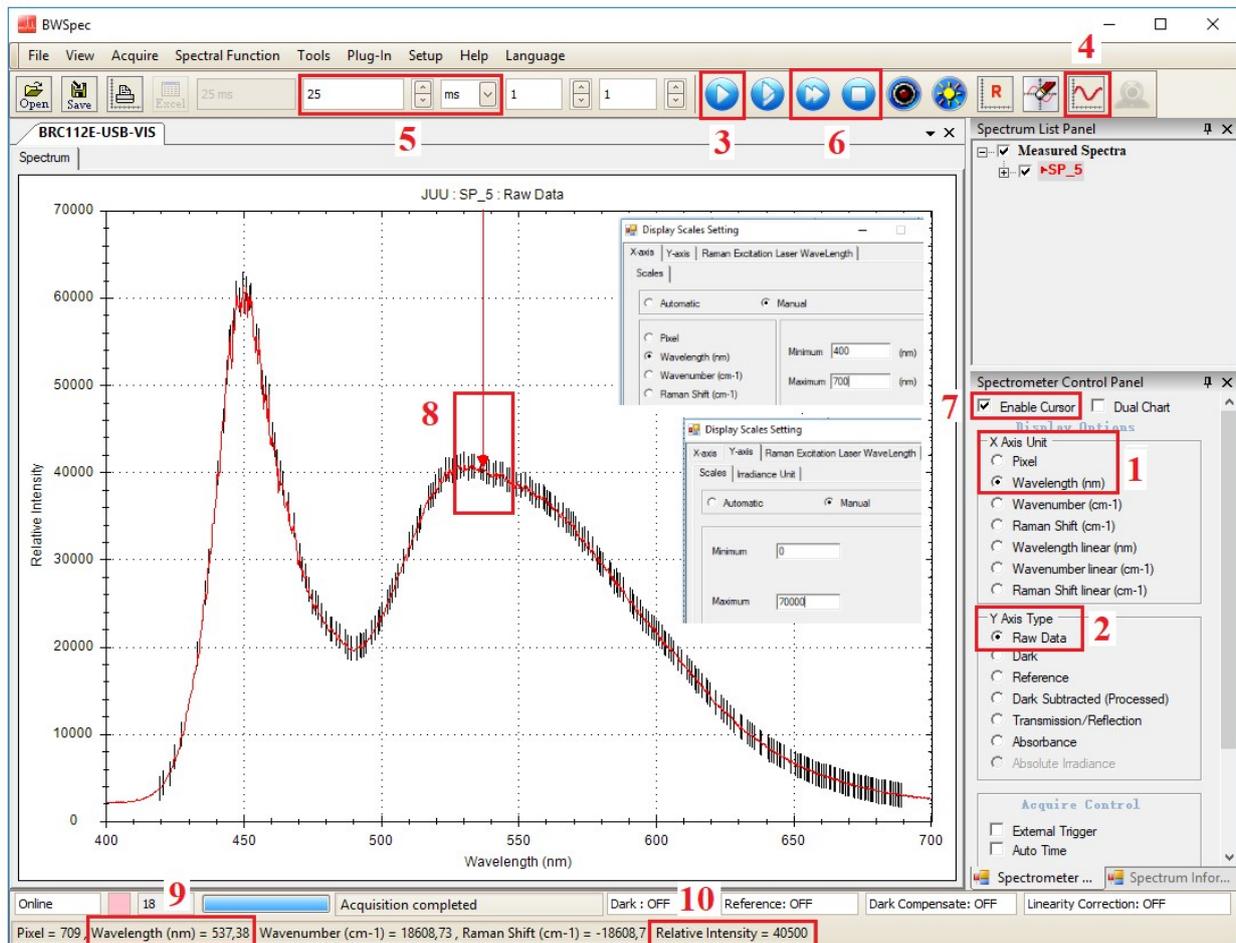


Annexe A3- Acquérir un spectre avec le logiciel BWSpec



Acquérir un spectre :

- 1- Parmi les options, choisir l'affichage du spectre en longueur d'onde, soit λ en nm ;
- 2- puis l'affichage du spectre en « Données brutes » (= « Raw data »).
- 3- Faire une première acquisition du spectre (▶) mal réglée « pour voir » l'allure de votre signal.
- 4- Régler les échelles : en Y, régler a priori la plage sur 0 -70000 ;
en X, adapter la plage de longueur d'onde à votre signal de mesure (ici le visible pour une LED blanche).
- 5- Adapter la durée d'exposition pour obtenir un signal grand mais non saturé (max entre 50000 et 60000)
- 6- Se faciliter le réglage d'exposition en utilisant le mode « acquisition répétée » pendant que l'on modifie le nombre de ms (▶▶ Démarrer, ■ Arrêter).



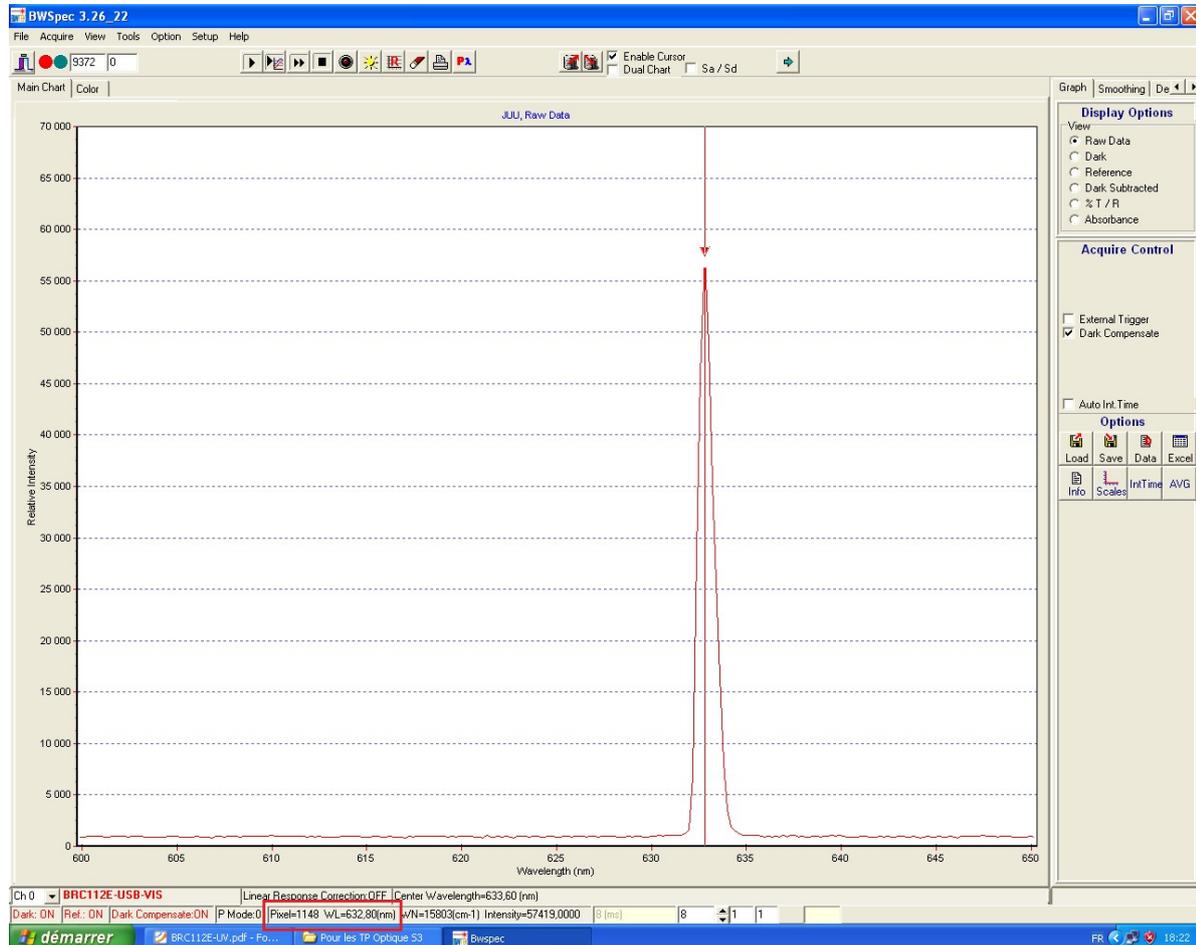
Mesurer sur le spectre :

- 7- Activer le curseur de mesure.
- 8- Positionner le curseur sur la courbe à votre convenance.
- 9- Lire en bas dans la ligne d'état la longueur d'onde du point courant (son abscisse en nm).
- 10- Pour le même point courant, lire aussi valeur numérisée du signal en ordonnée. Mesuré sur une « échelle de gris », ce nombre est indiqué sans unité ; il correspond en fait tout simplement au nombre produit par le convertisseur analogique numérique 16 bits numérisant le signal optoélectronique produit par le pixel correspondant du détecteur CCD du spectromètre (donc $0 < Y_{\max} < 65536 = 2^{16}$).

Remarque : Un point sur la courbe correspond à un pixel du détecteur. L'ensemble des données brutes proviennent de chacun des pixels du CCD. Seules les valeurs de λ correspondantes sont disponibles. Pour cet instrument, l'écart entre valeurs disponibles (ou « résolution ») est de 1 nm typiquement.

Annexe A4- Résultat d'étalonnage du spectromètre BRC-112E

Spectre d'émission de la raie de référence rouge à **632.8 nm** du laser Hélium-Néon



BWSpec 3.26_22

File Acquire View Tools Option Setup Help

Pixel Format Wavelength Format

Wavelength	Wavenumber	Raman Shift	Dark Data	Ref Data	Raw Data_1	DarkSub_1	% T/R_1	Absorbance_1	Compensate_1
630,00	15873	-2540	1017,70	23532,28	968,3053	-49,3994	0,0000	6,8165E+00	-25,0000
631,00	15848	-2515	1080,40	22667,96	1104,3148	23,9178	6,9252	1,1598E+00	-25,0000
632,00	15823	-2490	1059,93	22267,02	1602,0479	542,1134	159,2793	-2,0199E-01	-25,0000
633,00	15798	-2465	1010,15	21452,98	48393,1021	47382,9568	500,0000	-6,9897E-01	-25,0000
634,00	15773	-2440	1058,96	21206,09	3504,8840	2445,9255	486,8701	-6,8397E-01	-25,0000
635,00	15748	-2415	1000,07	20537,11	1050,4795	50,4069	16,1175	8,0817E-01	-25,0000
636,00	15723	-2390	1055,32	19998,94	900,9049	-154,4187	0,0000	6,8165E+00	-25,0000

Conclusion : écart de justesse inférieur à 1 nm pour une résolution spécifiée de 1 nm
 → l'étalonnage du spectromètre dans le rouge est optimal

Remarque : l'étalonnage a été réalisé avec le même spectromètre mais sous la version précédente du logiciel

Annexe A5- Radiomètre Delta-Ohm DO9721

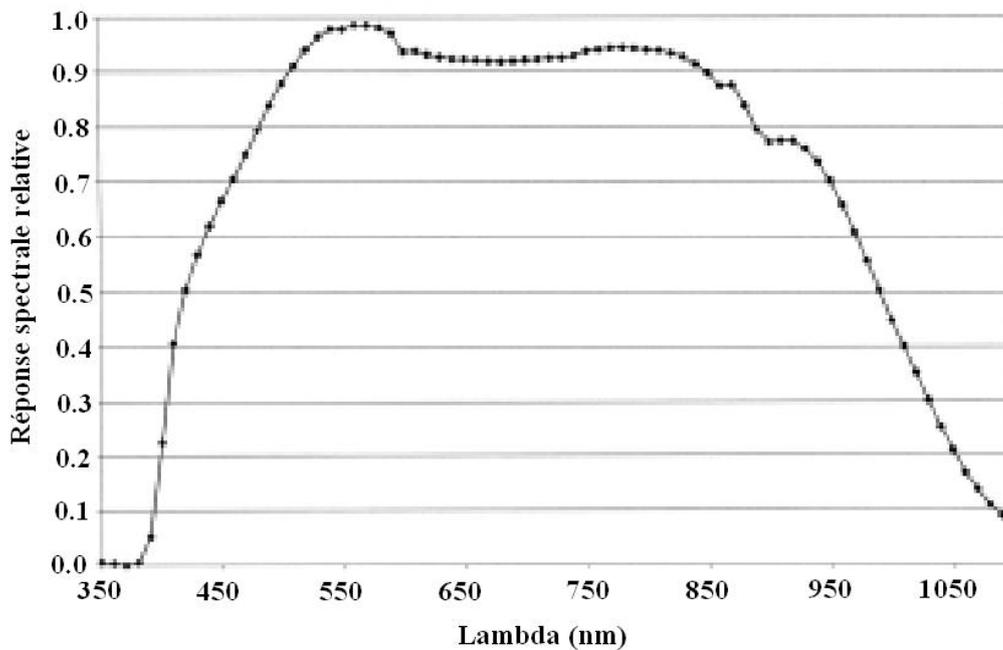
Sonde radiométrique LP 9021 rad

Extrait du Manuel p112

Working temperature :	-5...+50°C
Working relative humidity :	0...90% R.H. (no condensation)
Basic precision (instrument alone) :	0.2% + 1 digit on the measuring range

Extrait du Manuel p115

IRRADIANCE probe LP 9021 RAD	Mesure d'éclairement
Range :	10 mW/m ² ÷ 2,000 W/m ²
Spectral response :	450 ÷ 950 nm
Operating temperature range :	0 ÷ 50°C
Calibration incertitude (f1) :	<5%
Mean cosine error (f2) :	<6%
Non-linearity (f3) :	<1%
Error by display unit (f4) :	±1 digit
Fatigue (f5) :	<0.1%
α (temperature coefficient) (f6) :	<0.05%/K



Extrait du Manuel d'instruction Delta-Ohm DO9721 (disponible sur le site Internet Delta-Ohm)

Sonde radiométrique LP 9021 PHOT

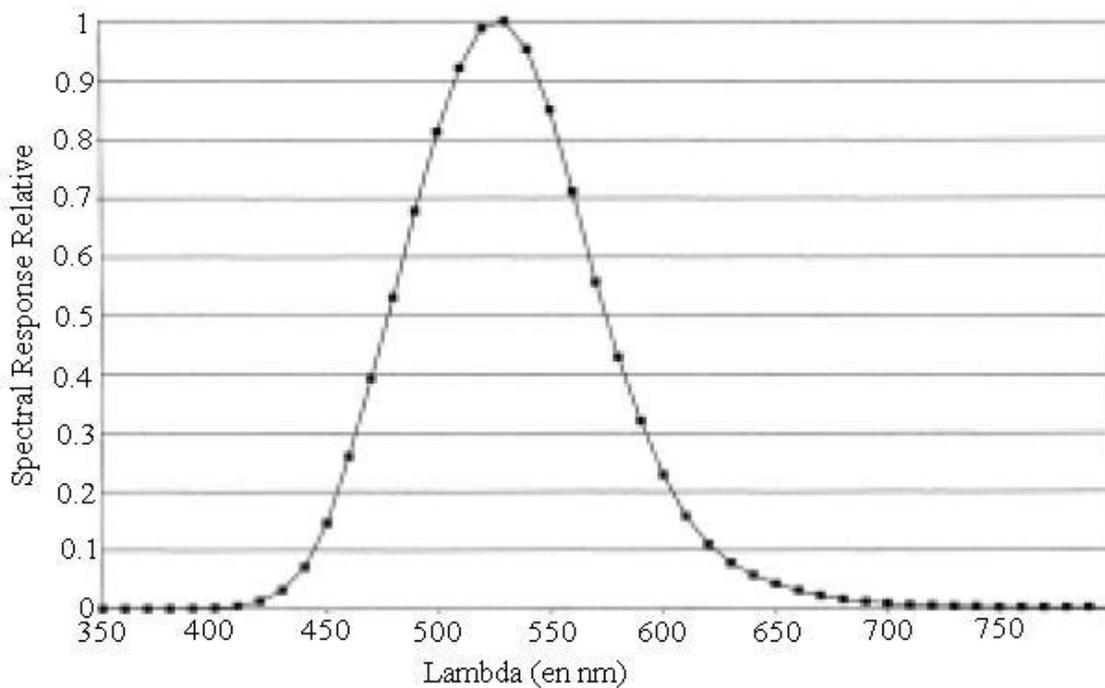
Extrait du Manuel p112

Working temperature :	-5...+50°C
Working relative humidity :	0...90% R.H. (no condensation)
Basic precision (instrument alone) :	0.2% + 1 digit on the measuring range

Extrait du Manuel p113

ECLAIREMENT

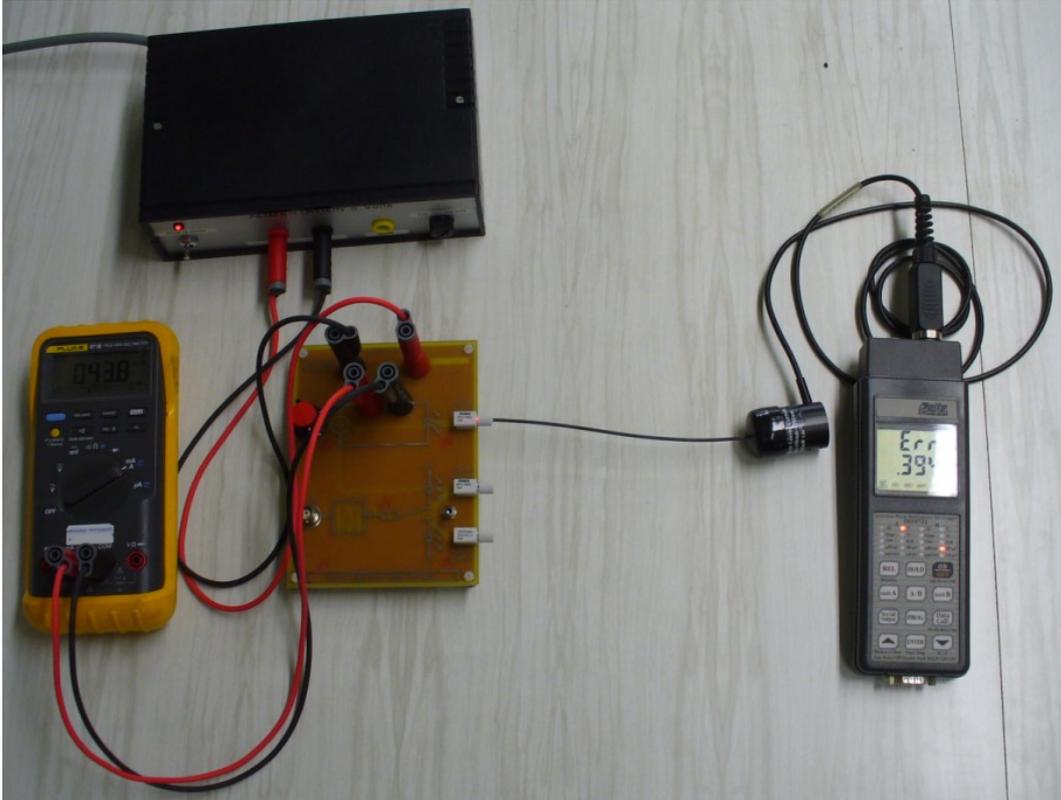
Range :	0÷200,000 lux
Spectral response :	corrected for Photopic Vision $V(\lambda)$
Operating temperature range :	0÷50°C
Calibration incertitude (f1) : (spectral matches with $V(\lambda)$ curve):	<8%
Mean cosine error (f2) :	<3%
Non-linearity (f3) :	<1%
Error by display unit (f4) :	< 0.5%
Fatigue (f5) :	<0.1%
α (temperature coefficient) (f6) :	<0.05%/K



Extrait du Manuel d'instruction Delta-Ohm DO9721 (disponible sur le site Internet Delta-Ohm)

Annexe A6- Photos

2.1- Etude de la linéarité d'une LED en émission p4



4.2- Acquisition du spectre d'émission de la led rouge SFH756V

