

# TP4- RADIOMETRIE

<b>PRESENTATION .....</b>	<b>2</b>
<b>0- TRAVAIL PREPARATOIRE à faire avant le TP .....</b>	<b>2</b>
<b>1- ETUDE RADIOMETRIQUE D'UNE SOURCE DE LUMIERE « PONCTUELLE ».....</b>	<b>3</b>
<b>2- ATTENUATION D'UN FLUX DE LUMIERE PAR DES FILTRES.....</b>	<b>4</b>
<b>3- ETUDE D'UNE PHOTODIODE BPW34 UTILISEE EN INVERSE.....</b>	<b>6</b>
<b>Annexe A1- Liste du matériel utilisé .....</b>	<b>9</b>
<b>Annexe A2- Caractéristiques des filtres absorbant à densités neutres .....</b>	<b>10</b>
<b>Annexe A3- Caractéristiques du radiomètre DELTA-OHM HD2302.....</b>	<b>11</b>
<b>Annexe A4- Caractéristiques de la photorésistance LDR VT935G .....</b>	<b>16</b>
<b>Annexe A5- Caractéristiques d'un module laser C2025 vert à 532 nm.....</b>	<b>17</b>
<b>Annexe A6- Caractéristiques de la photodiode BPW34.....</b>	<b>18</b>

## Ouvrir une session sur l'ordinateur :

Utilisateur : **etmp**

Mot de passe : **mesures**

# TP4- RADIOMETRIE

## PRESENTATION

### Sujet

Initiation à la radiométrie : expérimenter la loi de Bouguer et l'atténuation d'un flux de lumière par des filtres absorbants à densité neutre. Application à la caractérisation de détecteurs de lumière.

### Objectifs

- Utilisation d'un radiomètre
- Utilisation de filtres absorbants à densités neutres
- Unités radiométriques simples
- Traitement de données (graphique, tableur) pour valider un modèle théorique

### 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.
- **Le matériel optique ne DOIT jamais tomber !**
- **Attention à la sonde de mesure du radiomètre.**
- **En fin de TP**, penser à arrêter **TOUS** les appareils.

### Plan du TP

- 1- Etude radiométrique d'une source de lumière « ponctuelle » p 3
- 2- Atténuation d'un flux de lumière par des filtres p 4
- 3- Etude d'une photodiode BPW34 utilisée polarisée en inverse p 6

#### Annexes :

##### Version en couleur dans E:\MesDocs

- A1- Liste du matériel utilisé p 9
- A2- Caractéristiques des filtres absorbant à densités neutres Edmund p 10
- A3- Caractéristique du Radiomètre Delta-Ohm HD2302 p 11
- A4- Caractéristique de la photorésistance LDR VT935G p 16
- A5- Caractéristiques d'un module Laser C2025 vert : 532 nm p 17
- A6- Caractéristiques d'une photodiode BPW34 p 18

## 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.
- Revoir le Cours associé

Le dossier TP4 dans D:/MecDoc contient le texte complet du TP en couleur avec ses annexes.

## 1- ETUDE RADIOMETRIQUE D'UNE SOURCE DE LUMIERE « PONCTUELLE »

### 1.1- Principe de l'étude : une LED est – elle une source « ponctuelle » ?

#### Vocabulaire radiométrique pour l'étude d'une source de lumière

La **source** étudiée est une **LED** (Light Emitting Diode) blanche alimentée en courant continu (module d'alimentation branché sur le secteur). Ce type de LED conçue pour l'éclairage a un **rendement** énergétique d'environ 15% : seul 15% de la puissance électrique reçue par la diode est restituée sous forme d'une « puissance optique » (il y a donc environ 85% de pertes thermiques...).

La puissance optique émise par une source est appelée **flux énergétique F** (en W).

L'**intensité énergétique I** (en  $W.sr^{-1}$ ) d'une source est associée à la fraction de ce flux  $dF$  (la puissance « optique ») émis dans une direction donnée, c'est à dire dans un cône donné (dont l'ouverture est mesurée par son **angle solide  $d\Omega$  en stéradian sr** :  $I = dF / d\Omega$  ces notions seront explicitées en Cours). **Ne pas confondre** avec l'intensité du courant électrique alimentant la LED (en A) !

Le rayonnement reçu par un écran ou un capteur est mesuré par son **éclairement E** (en  $W.m^{-2}$ ).

Un **radiomètre** mesure un éclairement moyen à la surface de sa sonde (cette surface est suffisamment petite pour considérer a priori l'éclairement comme quasi-uniforme sur le capteur).

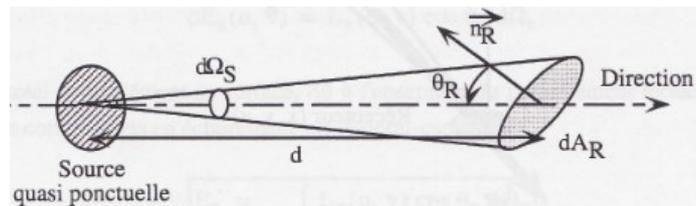
#### Théorème de Bouguer et test de « ponctualité » d'une source

Une source **quasi-ponctuelle** émet le flux  $dF_S$  dans la direction d'étude à l'intérieur d'un petit cône d'ouverture  $d\Omega_S$  avec une intensité énergétique  $I_S$  dans cette direction.

La surface éclairée  $dA_R$  reçoit la lumière a priori en biais si sa normale est inclinée d'un angle  $\theta_R$ .

L'**éclairement** reçu sur  $dA_R$  située à la distance  $d$  de la **source ponctuelle**, est donné par la **loi de Bouguer** :

$$E_R = \frac{dF_S}{dA_R} = I_S \frac{\cos\theta_R}{d^2}$$

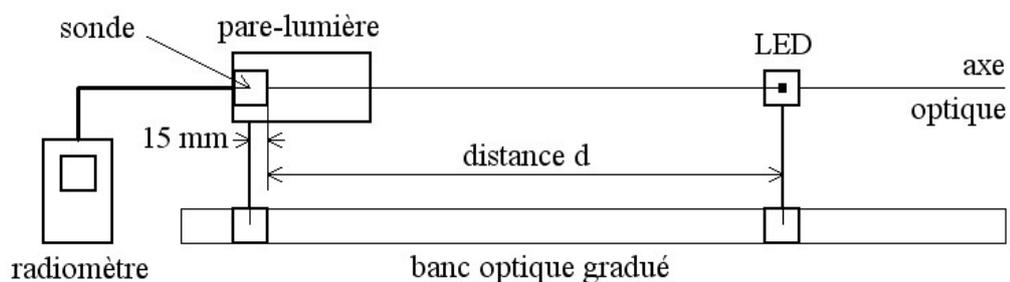


« **Normalité** » : si l'écran ou la surface active de la sonde est **perpendiculaire** (« normale ») à la direction d'émission, le **cosinus** vaut évidemment 1 (situation recherchée en mesure).

Une source vérifiant la loi de Bouguer est considérée comme « **ponctuelle** » (c'est à dire « non étendue » selon le vocabulaire de la radiométrie).

→ Le **principe de l'expérience** consiste donc à mesurer l'éclairement reçu pour différentes valeurs de la distance  $d$  entre la sonde et la LED puis à analyser les résultats afin de tester s'ils sont compatibles avec la loi de Bouguer et donc avec l'hypothèse : « la LED est une source optique ponctuelle ».

### 1.2- Réalisation expérimentale du test



### Positionnement du matériel et précautions

- La sonde du radiomètre est en place sur le pare-lumière, **fil vers le bas**.
- La source est coté « mur ». Le pare-lumière ouvre en direction du mur pour limiter les lumières parasites afin de NE mesurer idéalement QUE l'éclairement dû au flux provenant de la LED
- Vérifier l'alignement en hauteur entre la source et le détecteur.
- **Afin de garantir  $\cosinus \approx 1$**  dans la formule de Bouguer, veiller à la normalité du détecteur.
- Le repère de lecture du pied du cavalier correspond à l'axe de la tige. Identifier d'éventuels **décalages au niveau de la LED ou de la sonde** pour faire une éventuelle **correction** sur la distance  $d$ .



### Travail expérimental demandé

Q1.2a- Réaliser une série de 10 mesures d'éclairement en fonction de  $d$  (distance entre l'extrémité de la LED et la face d'entrée de la sonde). Choisir 10 positions pertinentes pour un graphe Q1.2d utile au vu des variations d'éclairement constatées (attention :  $E$  varie a priori en  $1/d^2$ ).

Q1.2b- Le réglage de normalité est-il critique ? Quelle est le rôle de la pièce de plastique blanc placée en entrée du capteur ?

Q1.2c- Indiquer clairement comment vous mesurer la distance  $d$ . Estimer l'ordre de grandeur de l'incertitude sur  $d$ .

Q1.2d- Exploiter vos mesures en traçant les variations de  $E$  en fonction de  $1/d^2$ . Dans le cadre de la loi de Bouguer, sous quelle condition peut-on considérer cette LED comme ponctuelle ?

Joindre le tableau de mesures et de calcul ainsi que le graphe pertinent réalisé sur **papier millimétré standard**.

## 2- ATTENUATION D'UN FLUX DE LUMIERE PAR DES FILTRES

### 2.1- Principe de l'étude

Pour régler l'éclairement reçu par un détecteur au cours d'une expérience ou d'un process optique, utiliser l'éloignement selon la loi de Bouguer ne serait pas des plus pratiques !

#### Fonction de transmission du filtre absorbant

Une solution courante consiste à interposer sur le trajet de la lumière un **filtre absorbant de densité neutre**, c'est à dire **actif quasi-uniformément sur toutes les couleurs du visible** : 400-700 nm selon l'annexe A2- qui décrit les filtres utilisés (documentation du fabricant).

Le flux de lumière après le filtre est  $F = T_{fdn} \times F_{incident}$  où  $T_{fdn}$  est la **fonction de transmission** du filtre. Le filtre ne produit pas de lumière donc  $0 < T_{fdn} < 1$  !

La puissance optique non transmise  $(1 - T_{fdn}) \times F_{incident}$  est pour l'essentiel transformée en chaleur par **absorption** (concrètement cette puissance est rayonnée par le filtre dans l'infrarouge)

### Densité optique (ou «Optical Density OD »)

L'usage est de décrire la transmission d'un filtre absorbant par sa densité optique OD définie avec la formule suivante :  $T_{\text{fdn}} = 10^{-\text{OD}}$  ou encore  $T_{\% \text{fdn}} = 10^{-\text{OD}} \times 100$  ( $T_{\% \text{fdn}}$  : transmission en pourcentage).

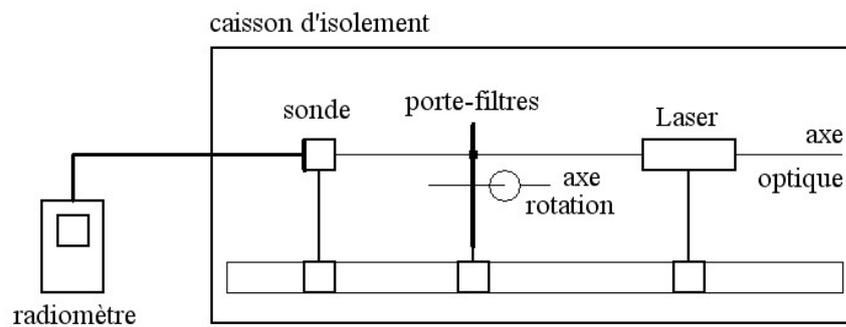
→ Le **principe de l'expérience** consiste donc à mesurer l'éclairement reçu pour différentes valeurs de OD puis à tester la compatibilité de ces résultats avec la définition de OD en exploitant une formule en découlant (établie à la question suivante Q2.2a).

#### Remarque :

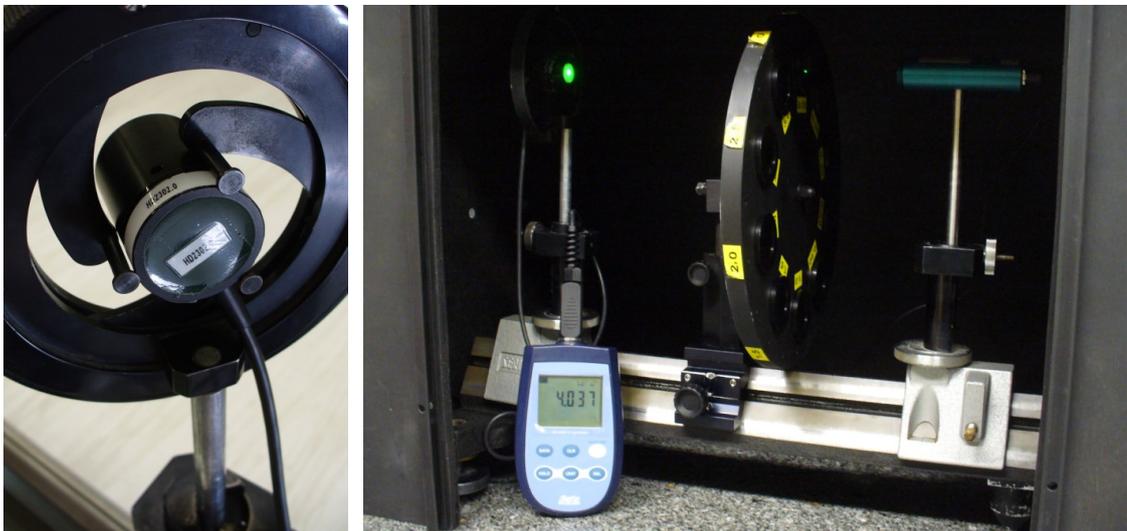
La fonction de transmission est une fonction multiplicative : si on utilise successivement deux filtres montés l'un après l'autre en série, il reste en sortie le flux  $F = T_2 \times (T_1 \times F_{\text{incident}})$

De ce fait, OD est une grandeur pratique parce qu'elle est additive. Par exemple, combiner en série deux filtres de valeurs 0.6 et 0.9 équivaut à utiliser un filtre de  $0.6 + 0.9 = 1.5$  (propriété  $10^a 10^b = 10^{a+b}$  !).

## 2.2- Réalisation expérimentale de la série de mesures



### Positionnement du matériel et précautions



- Retirer **soigneusement** la sonde du pare-lumière utilisé au §1.2.-
- Déplacer le radiomètre et sa sonde vers la table granit et sa boîte d'isolement. Placer la sonde sur son support, fil vers le bas.
- La roue porte-filtre est lourde, **ne pas la déplacer !** Son cavalier **doit rester bien serré** sur le banc. La roue doit tourner sans toucher le banc.
- Soigner l'alignement pour que le **spot laser soit centré sur le capteur** du radiomètre.
- Attention à ne pas coincer les câbles : les faire passer dans les encoches situées en bas à gauche de la boîte.

**Travail expérimental demandé**

Q2.2a- En considérant que le flux reçu par le capteur est  $F = E \times A$  où  $A$  est sa surface d'entrée et que les filtres sont compatibles avec la définition de OD, montrer alors que  $\log E$  varie alors de façon affine avec OD.

Q2.2b- Réaliser une série de mesures d'éclairement en fonction de OD pour les différents filtres de la roue (**fermer la porte pendant chaque mesure**).

Q2.2c- Exploiter ces mesures afin de tester leur compatibilité avec le modèle établi à la question Q2.2a. Commenter.

Joindre le tableau de mesures et de calcul ainsi que le graphe pertinent réalisé sur **papier semi-log**.

**3- ETUDE D'UNE PHOTODIODE BPW34 UTILISEE EN INVERSE****3.1- Principe de l'étude**

Une photodiode PIN est un détecteur de lumière décrit électriquement comme un générateur de courant.

Une photodiode n'est utilisée en capteur de mesure que lorsqu'elle est **polarisée en inverse** : le photocourant  $I_{\text{rev}}$  est alors quasi proportionnel à l'éclairement reçu.

On a  $I_{\text{rev}} = S_{\text{PD}} E_{\text{reçu}}$  où  $S_{\text{PD}}$  est la sensibilité de la photodiode en éclairement.

→ Le **principe de l'expérience** consiste donc à faire varier de façon connue l'éclairement sur la photodiode à l'aide des filtres disponibles sur la roue afin de tester la qualité de la linéarité du courant inverse de la photodiode vis à vis de l'éclairement reçu.

**Données constructeur BPW34**

Les graduations ressortent mal à l'impression : **lire le graphe sur le fichier .pdf**

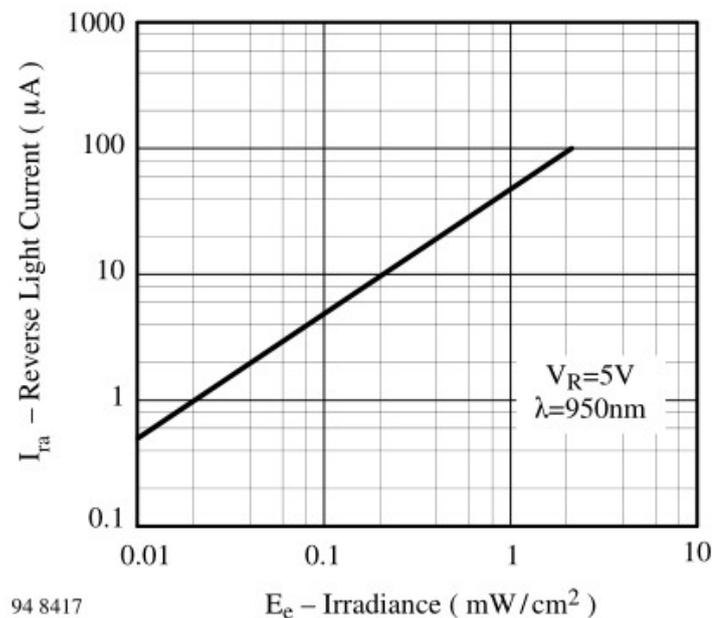


Figure 3. Reverse Light Current vs. Irradiance

Q3.1a- Vérifier la proportionnalité entre le courant inverse et l'éclairement reçu sur le graphe constructeur « Figure 3 » (remarque : si  $y = a x^n$  alors  $\log y = n \log x + \log a$  ; on teste  $n = 1$ )

Q3.1b- Vérifier que l'on peut faire le test avec une tension inverse de 15V et avec un laser vert à 532 nm. Justifier en indiquant où sont les informations utiles sur les feuilles de données constructeur en Annexe 6.

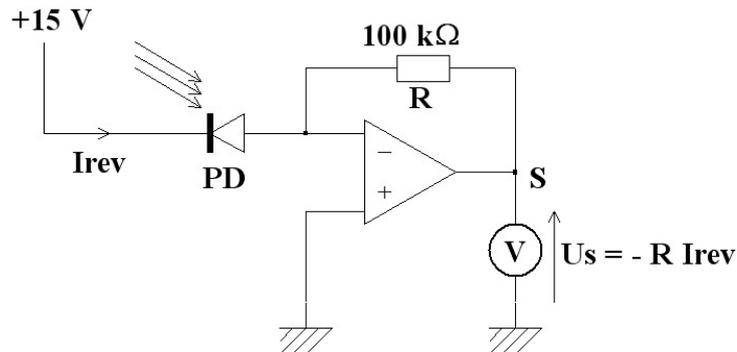
**Modélisation :**

- La photodiode est **polarisée en inverse** sous 15 V . Son photocourant est conditionné par un amplificateur de transrésistance – R de sorte que  $U_s = -R I_{rev}$  (savoir retrouver ce résultat après les TD d'électronique S2)

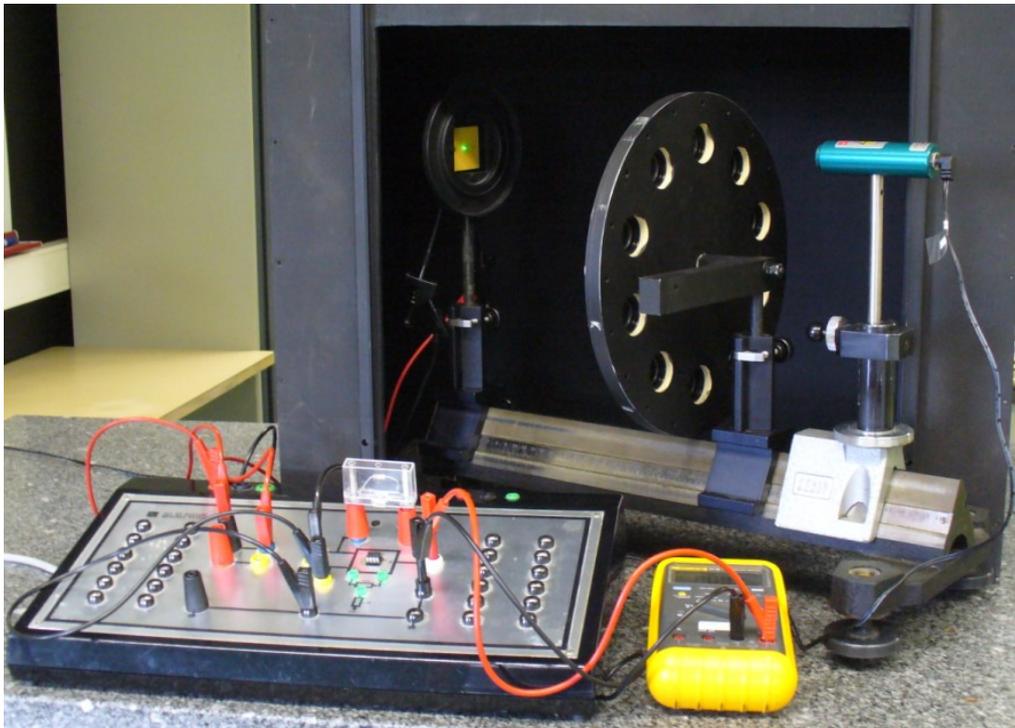
*Q3.1c- En supposant le photocourant proportionnel à l'éclairement reçu, exprimer la tension  $U_s$  en fonction de  $E$ .*

*Q3.1d- En considérant que le flux reçu par la photodiode est  $F = E \times A$  où  $A$  est sa surface, montrer alors que  $E$  varie simplement en fonction de  $10^{-OD}$ .*

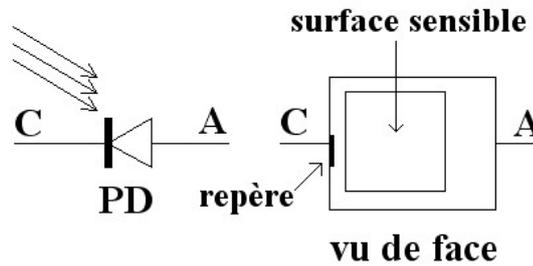
*Q3.1e- En déduire la relation à tester expérimentalement entre  $U_s$  et  $10^{-OD}$*

**3.2- Réalisation expérimentale des mesures****Description du matériel et de l'expérience**

- Enlever le capteur du radiomètre et son support de la boîte noire en faisant attention à son câble.
- Remettre en place le capteur du radiomètre sur le pare-lumière de la première expérience.



- La procédure de mesure est donc la même qu'au §2.2 (caisson en bois, alignement sur le faisceau « brut » du module LASER vert, roue porte-filtres...).
- Identifier les bornes de la photodiode à l'aide de repères graphiques. Mettre en place le composant et son support. Utiliser les grappes-fils et faire passer les deux longs fils dans une encoche de la boîte.



- La cathode C est reliée à la borne rouge +15 V de l'alimentation (borne rouge : +15V, borne noire : masse, borne verte : -15V).
- L'anode A est reliée à l'entrée - de l'AO.

#### **Le branchement de la photodiode est-il correct ?**

Du fait de la forme de la caractéristique courant/tension de la diode, l'intensité d'un courant direct est toujours bien supérieure à celle d'un courant inverse.

- Si la diode est branché incorrectement, c'est à dire « en direct », la sortie  $U_s$  sera inmanquablement saturée : la tension  $U_s$  de l'ordre de -13 à -14,5 V ne variera pas lorsque OD varie !
- Si la diode est bien branché « en inverse », la sortie  $U_s$  variera et ne sera pas saturée lorsqu'on essaie avec les filtres de valeurs extrêmes 0.15 et 3 .

#### **Travail expérimental demandé**

*Vérifier les branchements sur le module électronique. Le mettre en marche.*

*Q3.2a- Réaliser une série de mesures de  $U_s$  en fonction de la densité optique OD des filtres disponibles.*

*Q3.2b- Tester la relation établie entre  $U_s$  et  $10^{-OD}$  (cf. question Q3.1e) . Commenter. Fournir un graphe sur **papier millimétré**.*

# ANNEXES

## Annexe A1- Liste du matériel utilisé

### Matériel utilisé

- un banc optique de 2m et 2 supports « cavalier » ;
- un radiomètre Delta-Ohm HD2302, sa sonde et son support spécifique pare-lumières
- une LED blanche, son support et son module d'alimentation secteur
  
- un caisson d'isolement en bois
- un banc court et 3 cavalier
- une roue porte-filtres Edmund
- un module laser vert
- une photodiode BPW34
- un support diapo
- un module ampli-Op, une résistance de 100 k
- un multimètre type Mettlerman
  
- 2 textes de TP avec Annexes et fiches techniques

ex

- deux grippes-fils
- deux fils de 1 m, deux fils plus courts
- une photorésistance LDR VT935G

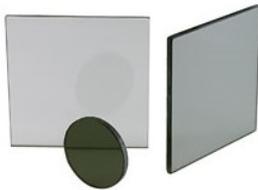
### Matériel informatique et logiciels utilisés

- un ordinateur PC (a priori « MP-Optique1 »)
- Libre Office
- Navigateur avec plugin flash et java à jour.
- un accès à l'imprimante réseau

## Annexe A2- Caractéristiques des filtres absorbant à densités neutres

Page d'Accueil : Catalogue en Ligne : optiques : filtres et diffuseurs : densité neutre : absorptive

### Filtres TECHSPEC® Absorbants à Densités Neutres



Ces filtres possèdent un niveau de caractéristiques de transmittance spectrale dans la région du visible et atténuent la lumière par absorption avec une réflexion minimale. Puisque nos filtres à densités neutre Hoya sont prévus pour une épaisseur spécifique, la densité optique est fonction du type de verre. Ils sont utiles en applications de contrôle lumineux pour des instruments de mesures et contrôle d'exposition en imagerie. Les variations spectrales apparaissent comme une augmentation en densités.

TECHSPEC® FILTRES ABSORBANTS À DENSITÉ NEUTRE						
Densité Optique	Epaisseur	Transmission Moy. %	Verre Hoya	Tg (°C)	Index de Réfraction (nd)	Facteur de Réflexion (Pd)
0.15	2.5	70 ±5	ND-70	470	1.500	0.923
0.3	2.5	50 ±5	ND-50	495	1.504	0.922
0.4	2.5	40 ±4	ND-40	525	1.504	0.922
0.5	2.0	32 ±4	ND-25	535	1.507	0.922
0.6	2.5	25 ±2.5	ND-25	535	1.507	0.922
0.9	2.5	12.5 ±2	ND-13	535	1.510	0.922
1.0	1.0	10 ±1	ND-0.3	490	1.514	0.92
1.5	1.5	3.2 ±0.4	ND-0.3	490	1.514	0.92
2.0	2.0	1 ±0.1	ND-0.3	490	1.514	0.92
2.5	2.5	0.3 ±0.1	ND-0.3	490	1.514	0.92
3.0	3.0	0.1 ±0.05	ND-0.3	490	1.514	0.92

### Densité optique (ou "Optical Density OD »)

Terme utilisé pour indiquer une valeur de blocage spécifique d'un Filtre à Densité Neutre. La densité optique OD est en relation à la somme d'énergie transmise à travers un filtre, indiqué par l'équation suivante :

$$T_{\text{fdn}} = 10^{-\text{OD}} \quad \text{ou} \quad T_{\% \text{fdn}} = 10^{-\text{OD}} \times 100 \quad (T_{\% \text{fdn}} : \text{pourcentage de transmission})$$

Du fait de cette définition, OD est une grandeur additive ; par exemple combiner en série deux filtres de valeurs 0.6 et 0.9 équivaut à un filtre de 1.5.

Tol. Dimensionnelle:	12.5 et 25mm Dia.	±0.1mm
	50mm Carré	±0.2mm
Tolérance Epaisseur:		±0.5mm
Longueur d'Onde de Conception:		400-700nm
Parallélisme:		<0.02mm
Qualité de Surface:		60-40
Planéité:		≤1λ. par pouce
T <sub>g</sub> :		Temp. de Transformation

Cf. catalogue et site <http://www.edmundoptics.com/>

## Annexe A3- Caractéristiques du radiomètre DELTA-OHM HD2302

Extrait de la notice du fabriquant :

### Photo-radiomètre HD2302



### HD2302.0

1. Entrée pour sondes, connecteur 8 pôles DIN45326.
2. Symbole de batterie: indique le niveau de charge des piles.
3. Indicateurs de fonction.
4. Ligne d'affichage secondaire.
5. Touche **DATA**: affiche le maximum (MAX), le minimum (MIN) et la moyenne (AVG) des mesures en cours.
6. Touche **CLR**: met à zéro les valeurs de maximum, de minimum et de moyenne des mesures acquises.
7. Touche **HOLD**: bloque la mesure.
8. Touche **UNIT**: permet la sélection de l'unité de mesure.
9. Touche **REL**: active la modalité de mesure relative (affiche la différence entre la valeur actuelle et celle mémorisée au moment où la touche est pressée).
10. Touche **ON-OFF/AUTO-OFF**: allume et éteint l'instrument; pressé en même temps que la touche HOLD, désactive la fonction de *Extinction automatique*.
11. Symbole **MAX** (valeur maximum), **MIN** (valeur minimum) et **AVG** (valeur moyenne).
12. Ligne d'affichage principal.
13. Ligne des symboles et des commentaires.

## 2. DESCRIPTION DES FONCTIONS

Le clavier du Photo-radiomètre **HD2302** est composé de touches à fonction simple, excepté la touche ON-OFF/Auto-OFF, qui prévoit deux fonctions (voir description de la touche reportée ci-dessous).

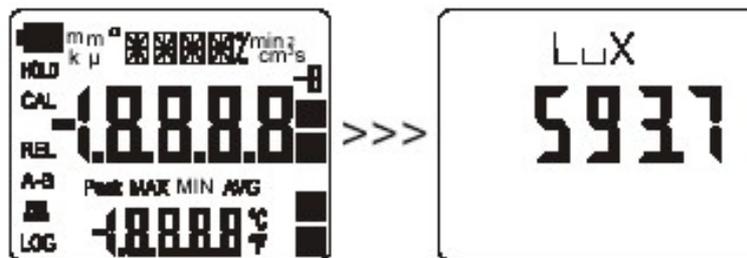
La pression d'une touche est accompagnée par un bref "bip" de confirmation: si une touche incorrecte est pressée, le "bip" dure plus longtemps.

Les fonctions effectuées par chaque touche sont décrites ci-dessous dans le détail.

### Touche ON/OFF et AUTO/OFF

Cette touche a deux fonctions:

- **ON/OFF:** appuyer cette touche pour allumer et éteindre l'instrument. Pendant quelques secondes l'allumage active tous les segments de l'écran, lance un **Auto-test** qui comprend la reconnaissance de la sonde reliée à l'entrée et conduit l'instrument dans la condition de mesure standard. Sur l'écran s'affiche:



- **AUTO/OFF:** lors de l'allumage de l'instrument, il est possible de désactiver la fonction de *Auto extinction* en appuyant simultanément cette touche et la touche "HOLD".

Si aucune sonde n'est reliée à l'allumage de l'instrument, le message: "**PROB**", défile en haut de la ligne des symboles, tandis que dans la partie centrale de l'écran sera affiché le message "**ERR**".

**Si la sonde est insérée à instrument allumé, elle ne sera pas reconnue: les données sont acquises à l'allumage, il est donc nécessaire d'éteindre et de rallumer l'instrument.**

*Attention!* Remplacer les sondes à instrument éteint.

### + Désinsérer l'auto extinction

L'instrument dispose de la fonction d'Auto extinction (*AutoPowerOff*): après 8 minutes d'inactivité, l'instrument s'éteint automatiquement.

Pour désactiver cette fonction il faut appuyer simultanément les touches **ON/OFF** et **HOLD**.

Dans ce cas, se rappeler d'éteindre l'instrument au moyen de la touche **ON/OFF**: l'annulation de l'Auto extinction sera affichée sur l'écran par le symbole de la batterie qui clignote.

### Touche CLR

Met à zéro les valeurs de maximum, minimum et moyenne des mesures acquises.

### DATA Touche DATA

En appuyant cette touche une fois, l'on obtient l'affichage de la valeur maximum (MAX) des mesures acquises par la sonde branchée à l'instrument, en les mettant à jour avec l'acquisition des nouveaux échantillons;

- en appuyant une deuxième fois l'on obtient l'affichage de la valeur minimum (MIN);
- en appuyant une troisième fois l'on obtient l'affichage de la valeur moyenne (AVG).

*La fréquence d'acquisition est d'1 seconde.*

Les valeurs MAX, MIN et AVG restent en mémoire tant que l'instrument est allumé, même si l'on sort de la fonction de calcul DATA. À instrument éteint les données précédemment mémorisées sont effacées. À l'allumage, l'instrument commence automatiquement à mémoriser les valeurs de MAX, MIN et AVG

Pour mettre à zéro les valeurs précédentes et commencer une nouvelle session de mesures maintenir la touche CLR enclenchée jusqu'à l'apparition du message **FUNC\_CLRD**.

### HOLD Touche HOLD

En pressant cette touche la mise à jour de la mesure en cours est bloquée et le message "HOLD" apparaît sur l'écran en haut à gauche. Pour revenir à la mesure courante, presser de nouveau la touche.

Elle sert aussi pour désactiver la fonction d'*Extinction automatique* (voir description touche page 6).

### UNIT Touche UNIT

Presser cette touche pour sélectionner l'**unité de mesure de la grandeur principale en entrée**: en haut de l'écran s'affiche l'unité de mesure, et dans la ligne centrale la valeur mesurée. En pressant la touche UNIT de façon répétée, on peut sélectionner l'unité de mesure souhaitée.

**NOTE:** Les **unités de mesure** disponibles sont établies par l'instrument en fonction de la sonde reliée à son entrée, comme reporté dans le tableau suivant:

Type de mesure	Unité de mesure
Éclairement lumineux (Phot)	lux - fcd
Éclairement énergétique (RAD - UVA - UVB - UVC)	W/m <sup>2</sup> - μW/cm <sup>2</sup>
PAR	μmol/(m <sup>2</sup> ·s)
Luminance (LUM 2)	cd/m <sup>2</sup>

### REL Touche REL

Elle affiche la différence entre la valeur actuelle et celle mesurée à la pression de la touche. Sur l'écran, à gauche, apparaît le message "REL".

Pour revenir à la mesure normale, presser de nouveau la touche.

## 5. SIGNALISATIONS DE L'INSTRUMENT ET DYSFONCTIONNEMENTS

Les indications de l'instrument dans les différentes situations de fonctionnement ou d'erreur sont reportées dans le tableau:

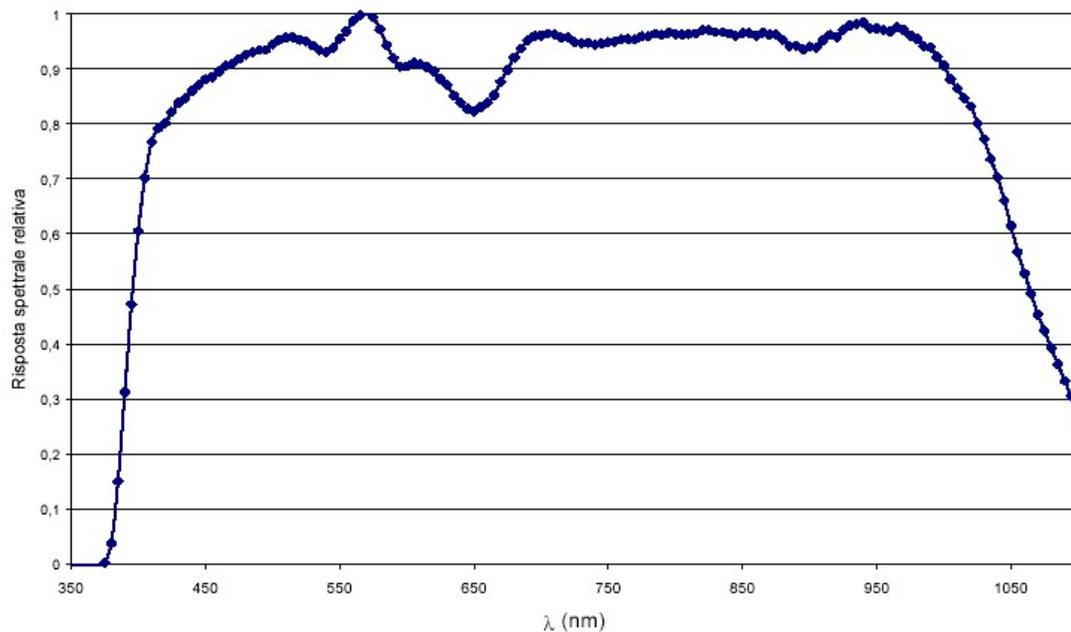
Indication sur l'écran	Explication
<b>BATT TOO LOW CHNG NOW</b>	Indication de charge insuffisante des batteries: apparaît à l'allumage de l'instrument. L'instrument émet un long bip et s'éteint. Remplacer les piles.
<b>CAL LOST</b>	Erreur du programme: apparaît à l'allumage pendant quelques secondes. Contacter le fournisseur de l'instrument.
<b>ERR</b>	Apparaît si la sonde préalablement reconnue par l'instrument est débranchée. Un bip intermittent est émis simultanément.
<b>FUNC CLR D</b>	Mise à zéro des valeurs maximum (MAX), minimum (MIN) et moyennes (AVG) effectué.
<b>NEW PROB DET</b>	Nouvelle sonde identifiée
<b>NO_PRBE_ SER_NUM</b>	Le numéro de série de la sonde reliée est absent
<b>OVER</b>	Overflow de la mesure: indique que la sonde mesure une valeur qui excède la plage de mesure prévue.
<b>PLS_EXIT &gt;&gt;&gt; FUNC RES_FOR_FACT ONLY</b>	Veillez sortir avec la touche ESC >>> fonction réservée à la calibration d'usine
<b>PRBE SER #####</b>	Numéro de série ##### de la sonde reliée
<b>PROB ERR</b>	Une sonde avec SICRAM non prévue par l'instrument a été insérée.
<b>PROB COMM LOST</b>	Apparaît si la sonde préalablement reconnue par l'instrument est débranchée. En même temps le dispositif émet un bip intermittent.
<b>SYS ERR #</b>	Erreur du programme de gestion de l'instrument. Contacter le fournisseur de l'instrument et communiquer le code numérique # reporté sur l'écran.

## 8. CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

### Sonde de mesure de l' IRRADIATION LP 471 RAD pourvue de module SICRAM en ligne avec l'instrument

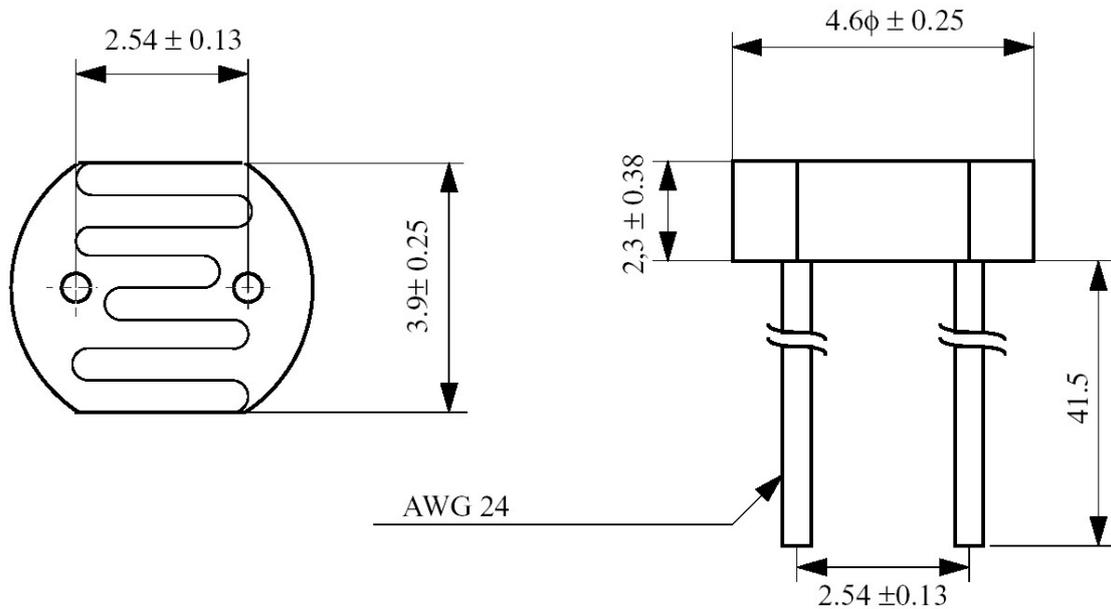
Domaine de mesure ( $W/m^2$ ):	$0.1 \cdot 10^{-3} \dots 999.9 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \dots 19.999$	$20.00 \dots 199.99$	$200.0 \dots 1999.9$
Résolution ( $W/m^2$ ):	$0.1 \cdot 10^{-3}$	0.001	0.01	0.1
Domaine spectral:	400 nm...1050 nm			
Incertitude de calibration:	<5%			
$f_1$ (réponse comme loi du cosinus):	<6%			
$f_3$ (linéarité):	<1%			
$f_4$ (erreur sur la lecture de l'instrument):	$\pm 1$ chiffre			
$f_5$ (usure):	<0.5%			
Dérive à un an:	<1%			
Température d'exécution:	0...50°C			

*Courbe de réponse typique*



### Annexe A4- Caractéristiques de la photorésistance LDR VT935G

#### Dimensions [unit: mm]



#### Absolute Maximum ratings:

Parameter	Symbol	Rating	Units
Continuous power dissipation derate above 25°C	PD	80	mW
Maximum Voltage	Vmax	100	V,PEAK
Temperature range - Operating and Storage	TA	-40 to +75	°C

#### Electrical characteristics (at 25°C):

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Units
Resistance @ 10 Lux, 2850 K	RL	48		118	kΩ
Dark Resistance (10 sec. after removal of 10 Lux)	RD	10			MΩ
Sensitivity ( $\log(R_{10}/R_{100})/(\log(100/10))$ )	$\gamma$		0.9		
Peak Spectral Response	$\lambda_P$		550		nm

Remarque : 10 lux est un éclairage photométrique pour de la lumière visible

## Annexe A5- Caractéristiques d'un module laser C2025 vert à 532 nm

**Modules lasers prêts à l'emploi**

**ovio**

**C2010 (DO2020) – C2011 – C2015 – C2016 – C2020 – C2025**

Modules lasers collimatés compacts, en boîtier à haute résistance, livrés avec leur alimentation secteur

Existe en technologie diode laser (rouge à 650 et 635 nm) et en laser Yag doublé (vert à 532 nm). Tous les modules sont en classe II (avec adaptateur pour C2020), et émettent en continu.

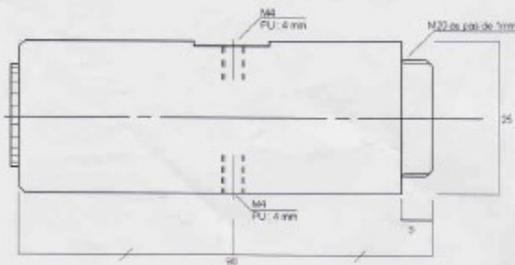
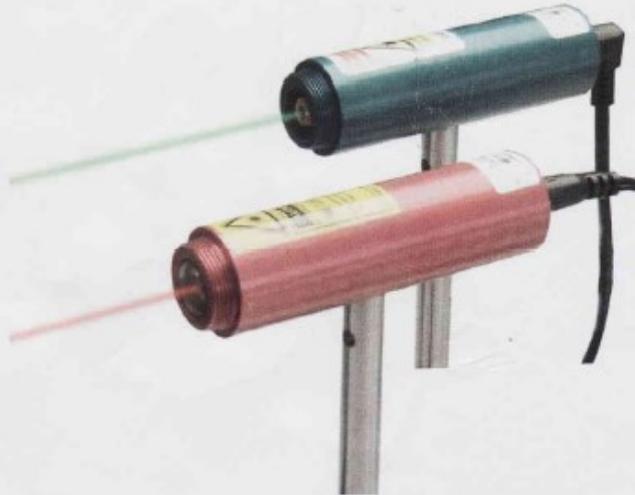


Schéma de la structure externe

Référence	C2010-C2011 (DO2020)	C2015-C2016	C2020*	C2025*
Emission	647-656 nm (rouge)	632-643 nm (rouge)	532 nm (vert)	532 nm (vert)
Technologie	Diode laser collimatée	Diode laser collimatée	DPSS 1064nm doublé 532 nm	DPSS 1064nm doublé 532 nm
Puissance d'émission	>0,8 - <1mW	>0,8 - <1mW	>1 - <5mW	>0,5 - <1mW
Catégorie	Classe II	Classe II	Classe IIIa	Classe II
Alimentation (fournie)	6-12V dc – 50 mA	6-12V dc – 50 mA	3V dc – 400 mA	3V dc – 400 mA
Divergence	<1mrad	<1mrad	<1,5mrad	<1,5mrad
MTBF	5000hrs	5000hrs	7000hrs	7000hrs
Temp. D'utilisation	-30°C à +50°C	-30°C à +50°C	+18 à +35°C	+18 à +35°C

*\*Attention ! Le fonctionnement des modules 532 nm est fortement dépendant de la température. Le démarrage et la stabilisation de la puissance peut nécessiter jusqu'à 2 minutes.*

[www.ovio-optics.com](http://www.ovio-optics.com)

## Annexe A6- Caractéristiques de la photodiode BPW34

**TEMIC**  
Semiconductors

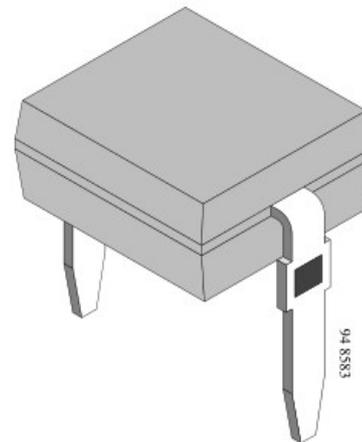
**BPW34**

### Silicon PIN Photodiode

#### Description

The BPW34 is a high speed and high sensitive PIN photodiode in a miniature flat plastic package. Its top view construction makes it ideal as a low cost replacement of TO-5 devices in many applications.

Due to its waterclear epoxy the device is sensitive to visible and infrared radiation. The large active area combined with a flat case gives a high sensitivity at a wide viewing angle.



#### Features

- Large radiant sensitive area ( $A=7.5 \text{ mm}^2$ )
- Wide angle of half sensitivity  $\varphi = \pm 65^\circ$
- High photo sensitivity
- Fast response times
- Small junction capacitance
- Suitable for visible and near infrared radiation

#### Applications

High speed photo detector

#### Absolute Maximum Ratings

$T_{\text{amb}} = 25^\circ\text{C}$

Parameter	Test Conditions	Symbol	Value	Unit
Reverse Voltage		$V_R$	60	V
Power Dissipation	$T_{\text{amb}} \leq 25^\circ\text{C}$	$P_V$	215	mW
Junction Temperature		$T_j$	100	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range		$T_{\text{stg}}$	-55...+100	$^\circ\text{C}$
Soldering Temperature	$t \leq 3 \text{ s}$	$T_{\text{sd}}$	260	$^\circ\text{C}$
Thermal Resistance Junction/Ambient		$R_{\text{thJA}}$	350	K/W

voir pages suivantes originales de BPW34.pdf