

# DESS TAP - Option Optique

## EXAMEN PHOTOMÉTRIE & DÉTECTEURS – Session février 2000

Les exercices sont indépendants les uns des autres

Rappel : CONSTANTES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES

$\pi$	=	3.1415926	
$\sigma_S$	=	$5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$	Constante de Stefan
$k$	=	$1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$	Constante de Boltzman
$h$	=	$6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$	Constante de Planck
$e$	=	$1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	Charge de l'électron
$c$	=	$3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$	Vitesse de la lumière dans le vide
$\epsilon_o$	=	$8.84 \cdot 10^{-12} \text{ F.m}^{-1}$	Permittivité du vide

**1** • Expliquer la différence entre un biais (signal parasite) et un bruit. • Si  $S_1$  est mesuré avec une incertitude statistique  $\sigma_1$  et  $S_2$  mesuré avec  $\sigma_2$ , quelle sera l'incertitude sur  $S_1 + S_2$  ?

**2** **A** On considère une source de lumière isotrope rayonnant une puissance  $P_o$ . • Quelle est la forme de l'indicatrice d'émission de cette source ? Justifiez. • Quelle est l'intensité  $I$  rayonnée par cette source (en  $\text{W.sr}^{-1}$ ) ? • Quel est l'éclairement  $E$  reçu à la distance  $d$  ?

**B** On considère la source comme une petite sphère de rayon  $R$  portée à la température  $T$ , émettant comme un corps noir. • Calculer  $P_o$  en fonction de  $R$  et  $T$ . • Quelle est l'émittance  $M$  de la source intégrée sur toutes les longueurs d'ondes du spectre ? • Donner la relation entre l'émittance  $M$  de la source et l'éclairement  $E$  à la distance  $d$ . • A quelle longueur d'onde  $\lambda_{\text{max}}$  la source rayonne-t-elle le plus d'énergie ?

**3** On effectue une pose de  $t = 120$  secondes sur une source qui éclaire uniformément 10 pixels d'un CCD (on prendra le rendement quantique égal à 1). Le flux reçu est  $P = 10^{-16} \text{ W}$ , à travers un filtre qui sélectionne une longueur d'onde  $\lambda = 0.5 \mu\text{m}$ . Le CCD est mal refroidi et le courant d'obscurité  $I_D$  est de 20 électrons par seconde. Le bruit de lecture est  $\sigma_L = 50$  électrons rms. • Indiquer quelles sont les différentes sources de bruit dans cette mesure et donner leur valeur par pixel. • Quelle est la source de bruit dominante ? • Le détecteur est-il BLIP ? • Calculer le bruit total. • Déterminer le rapport signal/bruit par pixel de CCD.

**4** Pour un mono-détecteur, on donne les mesures suivantes de rendement quantique en fonction de la longueur d'onde :

$\lambda (\mu\text{m})$	0.8	1	2.2	3	3.6	4.2	5.1
$\eta$	0.1	0.5	0.6	0.75	0.7	0.5	0.2

Tracer sur un graphe la variation de la réponse en courant  $R_\lambda(\lambda)$  de ce détecteur.  
Echelle en X :  $2\text{cm}/\mu\text{m}$  ; Echelle en Y :  $2\text{cm}/\text{A.W}^{-1}$ .

En déduire :

- Le domaine de sensibilité en longueur d'onde du détecteur utilisé.
- La longueur d'onde au pic  $\lambda_p$ .
- La Réponse en courant au pic  $R_\lambda(\lambda_p)$ .
- La longueur d'onde de coupure  $\lambda_c$  du détecteur.

Tracer sur le même graphique que précédemment la réponse en courant idéale d'un détecteur de rendement quantique unité.

Comparez vos résultats aux performances de la photodiode InGaAs-PIN G3476-05 du catalogue *Hamamatsu* (voir feuille ci-jointe). Quelle est sa longueur d'onde au pic et son rendement quantique à cette longueur d'onde ?

Montrer que le NEP ( $8 \cdot 10^{-15} \text{ W.Hz}^{1/2}$ ) et la détectivité  $D^*$  annoncés à  $\lambda_p$  par le constructeur sont bien compatibles.

**5** On observe à travers un filtre dont la courbe de transmission est donnée figure 1-a, une source dont la courbe d'émission  $P_\lambda$  est donnée sur la figure 1-b (on ne se préoccupe pas du montage optique utilisé).

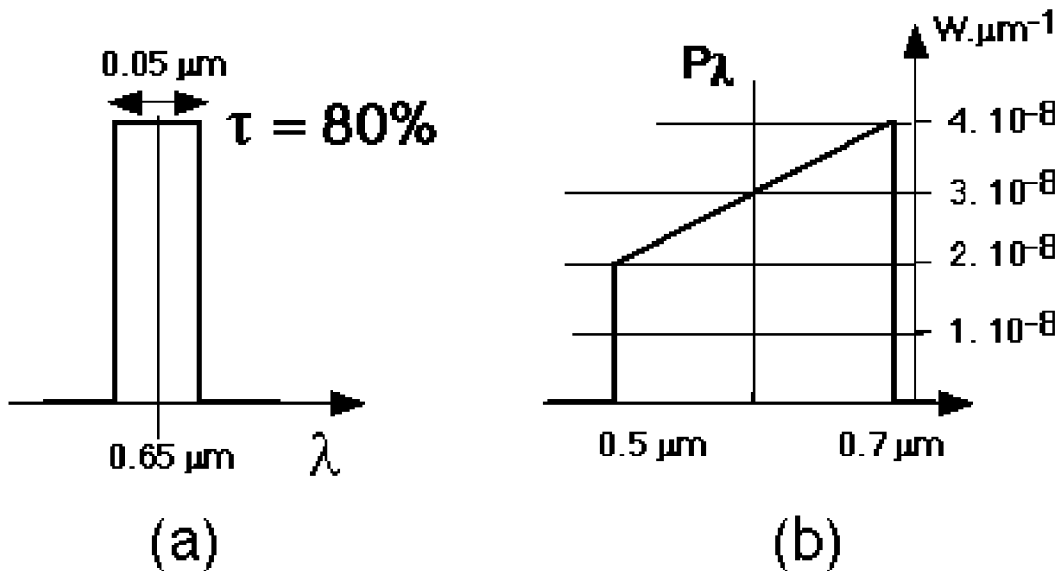


Figure 1: Caractéristiques filtre et source (exercice 5)

- Quelle est la couleur de la source vue à l'oeil nu ? Que devient la couleur de la source après passage dans le filtre ?
- Calculer la puissance reçue par le détecteur après passage dans le filtre. Si la réponse du détecteur est  $R = 5 \cdot 10^4 \text{ V/W}$ , et le bruit  $\sigma = 6 \mu\text{V rms}$ , quel est le rapport signal/bruit obtenu ? Quel est le NEP du détecteur ?

Le détecteur a une constante de temps  $\tau = 10 \text{ ms}$  ; calculer la réponse obtenue si on observe la source derrière un modulateur de 10 pales tournant à  $n = 100 \text{ tours/mn}$ .