

Master Professionnel Optique et Photonique

EXAMEN PHOTOMETRIE & DETECTEURS – SESSION Janvier 2004

Les exercices sont largement indépendants les uns des autres

Documents autorisés : photocopie et notes de cours, à l'exclusion de tout autre document.

Une feuille de figures complémentaire est fournie avec l'énoncé. Elle peut être utilisée pour les calculs et rendue avec la copie si nécessaire.

I- Photométrie et spectre stellaire

On considère le spectre d'étoile représenté sur la figure 1.

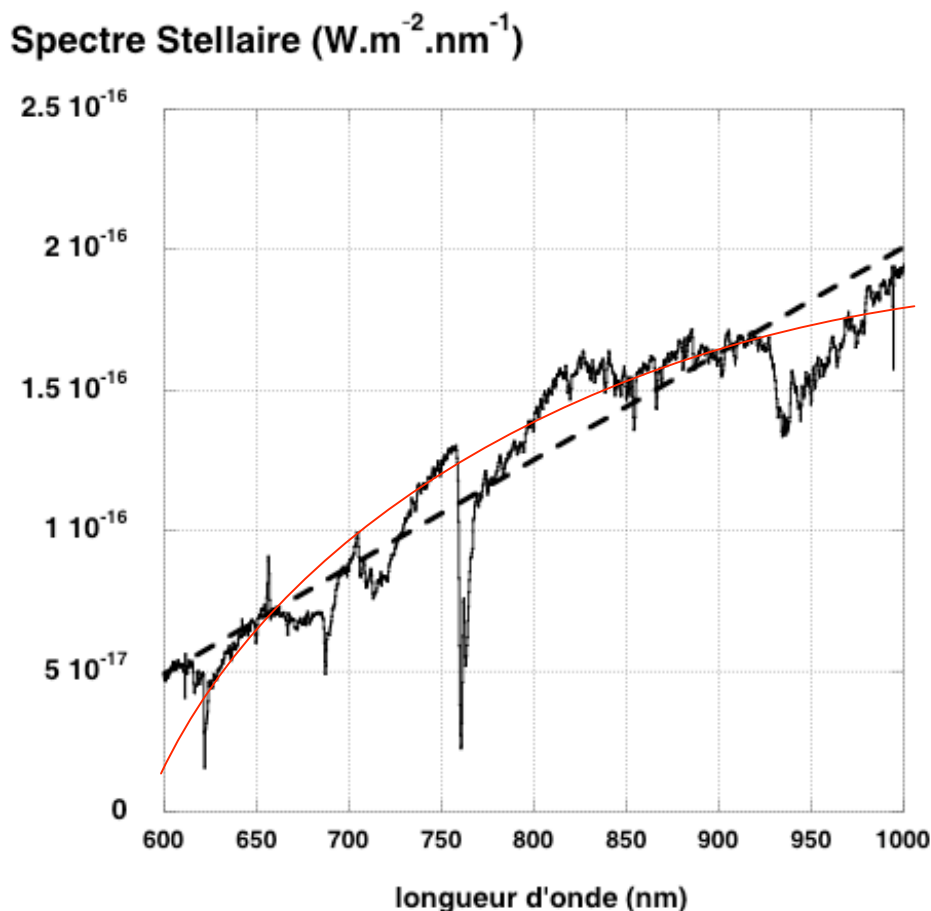


Figure 1.

On suppose que la surface de l'étoile émet comme un corps noir. On a superposé au spectre stellaire la courbe d'émission du corps noir approché (trait continu rouge).

- 1) Donner une estimation de la couleur de l'étoile dont le spectre est en figure 1. Est-ce une étoile froide ou une étoile chaude ($< > 5000 \text{ K}$) ?
- 2) Donner une estimation de la température de l'étoile en expliquant la méthode utilisée.
En pratique, et pour la suite de l'exercice, on approxime le spectre à une droite (trait pointillé de $5 \cdot 10^{-17}$ à $2 \cdot 10^{-16} \text{ Wm}^{-2}\text{nm}^{-1}$ sur la figure 1).
- 3) En négligeant le flux de l'étoile en dessous de 600 nm, calculer l'éclairement reçu de l'étoile dans le visible (400-800 nm). Estimer l'erreur faite en négligeant le flux pour $\lambda < 600 \text{ nm}$.
- 4) Calculer de même l'éclairement de 800 à 1000 nm. Conclusion.

On observe l'étoile à travers deux filtres : R ($\lambda_0=700\text{nm}$; $\Delta\lambda=100\text{nm}$) et I ($\lambda_0=900\text{nm}$; $\Delta\lambda=200\text{nm}$). Chaque filtre est considéré comme une « porte » carrée, et leurs transmissions sont respectivement $\tau_R=80\%$; $\tau_I=95\%$ (voir feuille de figure complémentaire).

- 5) Calculer la puissance reçue dans chacun des filtres par un instrument de surface collectrice $S=10\text{ m}^2$.
- 6) A partir de la courbe de la figure 2 qui donne la température de la surface stellaire en fonction du rapport des flux dans les filtres R et I, vérifiez votre estimation de la question 2).
- 7) Est-ce que la surface collectrice de l'instrument intervient dans la détermination de la température stellaire ?

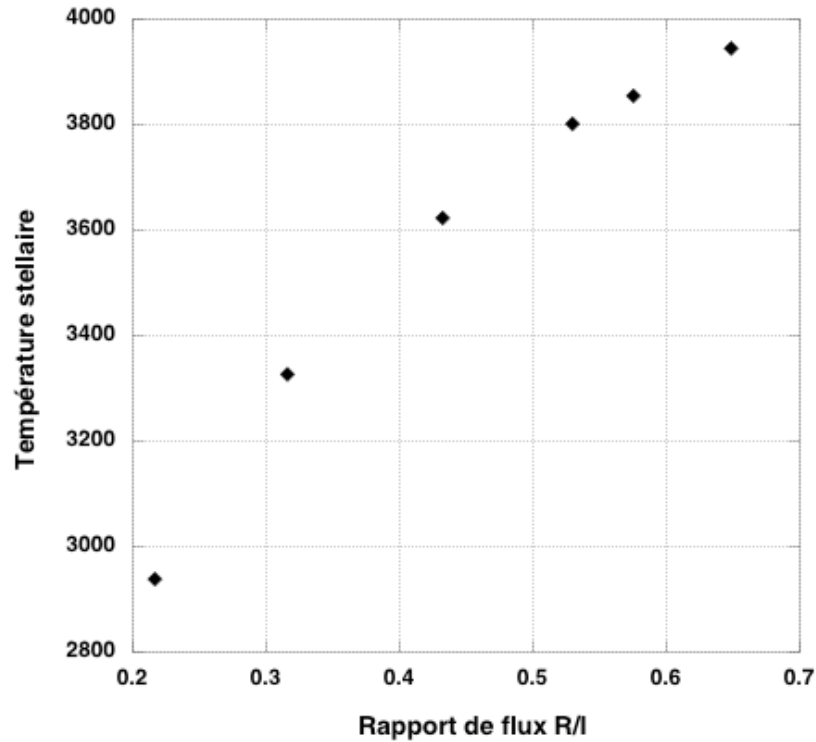


Figure 2

II- Caractérisation de détecteur

Dans le tableau 3 ci-dessous, on donne un certain nombre de caractéristiques électro-optiques d'un détecteur mosaïque du commerce. Les paramètres sont donnés pour une température de fonctionnement nominale de 15°C et un temps de pose de 3 ms. On demande de répondre aux questions suivantes à partir d'informations trouvées dans le tableau et de calculs que vous justifierez. La plupart de ces questions sont indépendantes.

NB. Si vous estimez que des informations sont manquantes, vous proposerez des valeurs que vous estimez « typiques » pour les remplacer (exemple : rendement quantique = 1, etc.).

- 1) Quelle serait la longueur d'onde de coupure du détecteur à -20°C ?
- 2) Montrer que la valeur de la capacité équivalente de sortie du détecteur est de 0.62 pF .
- 3) Déterminer la capacité maximum de stockage (saturation en électrons) d'un pixel typique du détecteur.
- 4) En déduire le rapport signal/bruit maximum d'une mesure.
- 5) Que signifie une valeur de non linéarité de 1% sur une gamme de 1.3 V ?
- 6) Quel niveau de remplissage du détecteur (et donc quel rapport signal/bruit) choisiriez vous en pratique ?
- 7) Déterminer le bruit de lecture en nombre d'électrons rms.

- 8) En déduire la valeur du NEP si on observe à $1.6\mu\text{m}$; comparez votre résultat à la valeur indiquée par le constructeur.
- 9) Lorsque l'on fonctionne a mi-dynamique, le détecteur est-il BLIP ?
- 10) Calculez le NEP du dispositif fonctionnant à mi-dynamique.
- On considère qu'un fonctionnement à un temps de pose T correspond à une bande passante $\Delta f=1/T$:
- 11) Montrer que les pixels du détecteur ont environ $22\mu\text{m}$ de coté.
- 12) Calculer le courant d'obscurité en électrons par seconde
- 13) Vérifier que ce courant d'obscurité fournit bien un niveau de sortie (« *dark voltage* ») de l'ordre de 4mV au bout de 3ms de temps d'intégration.

Parameter	Symbol	Unit			
		Min.	Typ.	Max.	
Dark voltage Mean Isolated pixels	V_D		4		mV
				120	mV
Noise Voltage Mean Isolated pixels			200		μVrms
				1.2	mVrms
Response Mean Non uniformity	R_{mean}		1.7		$\text{Vcm}^2\mu\text{m}/\mu\text{J}$
	PRNU			± 10	%
Spectral response Cutoff wavelength Temperature shift		1.66	1.68	1.73	μm
			0.8		$\text{nm}/^\circ\text{C}$
Non linearity		1			%
MTF Cross array Along array		0.35	0.45	0.54	
		0.35	0.45	0.54	
Output saturation voltage	V_{SAT}	2.5			V
Noise equivalent power	NEP		$4\text{E}-14$		W
Specific detectivity	D^*		$1\text{E}+12$		$\text{cm}\sqrt{\text{Hz}}/\text{W}$
Electron to voltage Conversion factor	F_C		0.26		$\mu\text{V}/\text{e}$
Quantum efficiency			0.8		
Photodiode dark current	I_D		0.8		μA

Over 1.3 V range

Tableau 3

Spectre Stellaire ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$)

