**Examen DESS TAP février 2000 - Correction**

1. Un biais est un terme à moyenne non nulle qui se superpose au signal intéressant. On peut estimer sa valeur et le soustraire. Un bruit est un terme aléatoire à moyenne nulle. On ne peut soustraire le bruit, on peut seulement essayer 1) d'en limiter l'amplitude, 2) d'augmenter le rapport signal/bruit en augmentant le nombre de mesures. Les variances de bruits indépendants s'ajoutent et l'incertitude totale sera donc : $\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$.

2. Si la source est isotrope, l'indicatrice d'émission est une sphère. $P_o$ rayonnée dans $4\pi$ stéradians donne une intensité $I = P_o/4\pi$ (W/sr). A la distance $d$, l'éclairement est $E = P_o/4\pi d^2$ (W/m$^2$).
La source émet $\sigma_S T^4$ par $m^2$ dans toutes les directions pour toutes les longueurs d'ondes. Son emittance (ou exitance) vaut donc $M = \sigma_S T^4$. La puissance totale rayonnée par la source vaut $P_o = 4\pi R^2 \sigma_S T^4$ ; à la distance $d$, l'éclairement vaut donc $E = P_o/4\pi d^2 = M.R^2/d^2$. la source rayonne comme un corps noir, elle émet donc au maximum pour $\lambda_m(\mu\text{m}) \approx 3000/T(K)$.

3. Le bruit total est la somme de 3 termes : bruit de lecture $\sigma_L = 50\,\text{e}$ ; bruit statistique sur le courant d'obscurité intégré pendant la pose : $\sigma_D = \sqrt{N_D} = \sqrt{I_D \times t} = 49\,\text{e}$ ; bruit statistique sur le nombre d'électrons intégrés pendant la pose : $\sigma_E = \sqrt{N_E \times t} = \sqrt{t \times P/h\nu}$ ; pour $P = 10^{-16}\,\text{W}$ et $hc/\lambda = 4\,10^{-19}\,\text{J}$, on obtient $N = 3\,10^4\,\text{e}$ répartis sur 10 pixels, donc $N_E = 3000\,\text{e}$, et $\sigma_E = 55\,\text{e}$. Le bruit total par pixel vaut : $\sigma = \sqrt{50^2 + 49^2 + 55^2} = 89\,\text{e}$. Le bruit statistique sur le nombre de photons détectés domine mais de peu et le détecteur n'est pas entièrement BLIP. Le rapport signal/bruit par pixel vaut : $S/N = 3000/89 \approx 34$.

4. La relation entre la réponse en courant et le rendement quantique est : $R = e\lambda/hc \times \eta$. Les courbes de $\eta(\lambda)$ et $R_\lambda(\lambda)$ correspondantes sont indiquées sur la figure. Pour $\lambda$ exprimée en micron, cette relation donne $R \approx 0.8\eta\lambda$ (A/W). Cela donne une droite $0.8\lambda$ qu'il faut tracer comme réponse théorique d'un détecteur de rendement unité. On détermine le domaine de sensibilité à partir de la zone où $R_\lambda > R(max)/2 \approx 1.2$ A/W, ce qui correspond environ au domaine $2 - 5\,\mu$m (longueur d'onde de coupure $\approx 5\,\mu$m). La longueur d'onde au pic vaut $\approx 3.6\,\mu$m, pour une réponse max de l'ordre de 2.4 A/W.

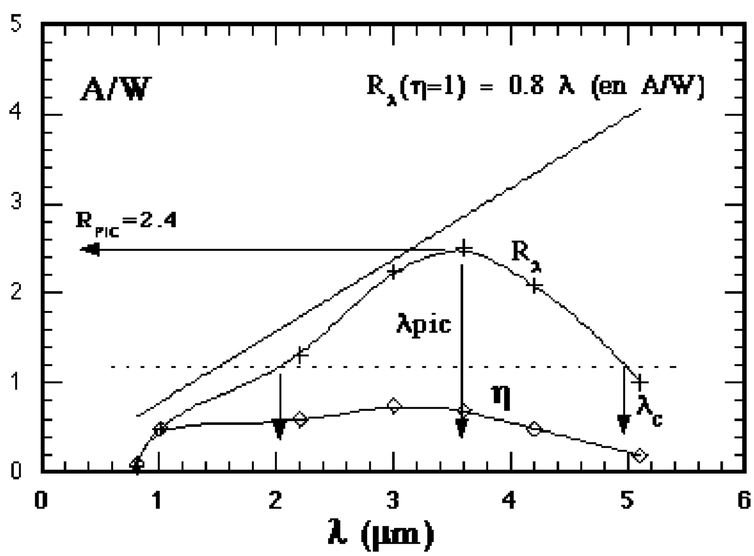


Figure 1: Tracés et Mesures pour exercice 4.

le détecteur du commerce considéré a une réponse en courant de 0.95 A/W au pic à $1.55\,\mu$m, ce qui correspond à un rendement quantique de $\eta = 0.95/(0.8 \times 1.55) = 77\%$ environ, ce qui est très correct. La surface du détecteur est $A = \pi 0.05^2/4 \approx 1.96\,10^{-3}\,\text{cm}^2$ ; $D^\star = \sqrt{A}/NEP$. Pour $NEP =$

$8\,10^{-15}\,\mathrm{W.Hz^{-1/2}}$, on trouve $D^\star \approx 5.5\,10^{12}\,\mathrm{cm.W.Hz^{-1/2}}$, cqfd.

5. Cette source est plutot rouge (pente du spectre montante quand $\lambda$ augmente). Le filtre est carré, ce qui permet de calculer la puissance totale reçue de la source : pour $\lambda = 0.65\,\mu\mathrm{m}$, $P_\lambda = 3.5\,10^{-8}\,\mathrm{W.}\mu\mathrm{m}^{-1}$. La puissance sélectionnée par le filtre (transmission 80%) est donc : $P = 3.5\,10^{-8} \times 0.80 0.05 = 1.4\,10^{-9}\,\mathrm{W}$. La réponse en Volts sera alors : $R_V = 1.4\,10^{-9} \times 5\,10^4 = 70\,\mu\mathrm{V}$, donnant un rapport S/N = 11.7. Le NEP du détecteur vaut $\sigma/R = 1.2\,10^{-10}\,\mathrm{W}$. La fréquence de coupure du détecteur vaut $f_c = 1/2\pi\tau = 15.9\,\mathrm{Hz}$. Lorsqu'on module le détecteur à $f = 1000/60 = 16.7\,\mathrm{Hz}$, la réponse est diminuée d'un facteur $1/\sqrt{1+(f/f_c)^2} = 0.69$, et passe à $3.4\,10^4\,\mathrm{V/W}$.