

TD : Détermination d'un ordre de grandeur du flux énergétique d'un faisceau laser : Exemple de Correction

- 1) Quelle est, en vision photopique, la longueur d'onde λ_m d'un flux énergétique dont l'efficacité lumineuse relative spectrale est maximale.

D'après le graphique du document 6, $\lambda_m = 555 \text{ nm}$

- 2) Déterminer le flux lumineux Φ_V émis par ce laser. Détailler les calculs.

$$S = \pi \times (2.10^{-2})^2 = 1,26.10^{-3} \text{ m}^2 \quad \text{avec rayon de la cellule du luxmètre : } r=2,0 \text{ cm}$$

$$\Phi_V = E \times S = 68 \times 1,26.10^{-3} = 8,55.10^{-2} \text{ lm}$$

- 3) Déterminer le flux énergétique Φ_E du laser. Détailler les calculs.

$$\Phi_E = \frac{\Phi_V}{K_M \cdot V(650)} = \frac{8,55.10^{-2}}{683 \times 0,11} = 1,14.10^{-3} \text{ W}$$

- 4) Calculer l'incertitude type $u(\Phi_E)$ portant le flux énergétique Φ_E du laser.

$$u(\Phi_E) = \left(\sqrt{\frac{u^2(\Phi_V)}{\Phi_V^2} + \frac{u^2(K_M)}{K_M^2} + \frac{u^2(V(\lambda))}{V(\lambda)^2}} \right) \times \Phi_E$$

$$u(\Phi_E) = \left(\sqrt{\frac{(1.10^{-3})^2}{(8,55.10^{-2})^2} + \frac{1^2}{683^2} + \frac{0,02^2}{0,11^2}} \right) \times 1,14.10^{-3} = 2,28.10^{-4} \text{ W}$$

- 5) En déduire l'incertitude élargie $U(\Phi_E)$ telle que $U(\Phi_E) = k \times u(\Phi_E)$ avec un niveau de confiance de 95 % (on prendra une valeur $k = 2$).

$$U(\Phi_E) = k \times u(\Phi_E) \quad U(\Phi_E) = 2 \times 2,28.10^{-4} = 4,56.10^{-4} \text{ W}$$

- 6) Exprimer le flux énergétique Φ_E du laser avec un niveau de confiance de 95 %.

$$\Phi_E = 1,14.10^{-3} \pm 4,6.10^{-4} \text{ W}$$

$$\text{Soit } \Phi_E = (1,14 \pm 0,46).10^{-3} \text{ W}$$

- 7) Comparer à la valeur indiquée par le constructeur.

Valeur constructeur : $\Phi_{E(\text{constructeur})} = 1 \text{ mW}$

$$0,68.10^{-3} \text{ W} < \Phi_{E(\text{constructeur})} < 1,6.10^{-3} \text{ W}$$

L'encadrement trouvé contient la valeur annoncée par le constructeur.

- 8) Quelles sont les sources d'erreurs possibles lors de la réalisation de cette mesure.

- Absorption d'énergie par la lentille.
- Erreur sur la mesure du diamètre du faisceau.
- Perte d'énergie due au phénomène de Speckle. (*Lorsqu'on éclaire une surface rugueuse, un mur par exemple, avec de la lumière laser, on observe un aspect granulaire de la lumière diffusée : il y a une alternance de petits grains lumineux et de petits grains noirs répartis uniformément en moyenne. Il ne s'agit pas d'une illusion d'optique, mais d'un phénomène bien réel nommé Speckle en anglais, tavelures ou granularité laser en français.*)
- La position du luxmètre (bien centrée sur le faisceau) pas toujours facile à obtenir.