

Exercice 2 (6 points)

(physique-chimie)

Pour quelques dizaines d'euros, il est possible de se procurer, sur des sites de commerce en ligne, des pointeurs laser dits « récréatifs ». Au sujet de l'un d'entre eux, on peut ainsi lire : « *un laser idéal en usage astronomique pour pointer les ciels étoilés et des objets à très longue distance ou étonner vos amis* ». Ses caractéristiques sont présentées dans le **tableau 1**.

Flux énergétique ou puissance de sortie (mW)	Longueur d'onde émise λ (nm)	Divergence du faisceau (rad)	Classe	Temps d'utilisation en continu
100	532	5×10^{-4}	3B	30 secondes maximum en continu

Tableau 1 : caractéristiques d'un pointeur laser dit « récréatif »

Classe 1 :	Lasers intrinsèquement sans danger.
Classe 2 :	Lasers à rayonnement visible d'une puissance inférieure ou égale à 1 mW. Protection de l'œil assurée par le réflexe palpébral.
Classe 3A :	Lasers de puissance moyenne (< 5 mW). Vision directe dangereuse si elle est supérieure à 0,25 s ou effectuée à travers un instrument d'optique.
Classe 3B :	Lasers dont la vision directe est toujours dangereuse (puissance comprise entre 5 mW et 500 mW). Ces lasers sont potentiellement dangereux si un faisceau direct est regardé par l'œil non protégé.
Classe 4 :	Lasers toujours dangereux en vision directe ou diffuse, créant des lésions cutanées et oculaires (puissance supérieure à 500 mW).

Tableau 2 : différentes classes de laser

1. Au regard des différentes classes de laser présentées dans le **tableau 2**, conclure, sans calcul, quant à la dangerosité de l'utilisation du laser présenté dans le **tableau 1** afin « *d'étonner les amis* ».

On s'intéresse au cas d'un avion de ligne à l'atterrissage et dont la cabine de pilotage est éclairée par ce faisceau laser, pointé depuis le sol et situé à une distance égale à un kilomètre de la cabine. En supposant que ce faisceau a une section circulaire, on peut montrer que son diamètre est de 0,5 m au terme d'une propagation rectiligne sur un kilomètre.

2. Citer la propriété des lasers expliquant la faible valeur du rayon de ce faisceau au terme d'une propagation sur une distance égale à un kilomètre.

On rappelle que :

- l'éclairement énergétique \mathcal{E} reçu par une surface est le flux énergétique par unité de surface qu'elle reçoit,
- l'aire d'un disque de rayon R est donnée par la relation $S = \pi \times R^2$.

3. Montrer que la valeur de l'éclairement énergétique \mathcal{E} mesuré au niveau de la cabine est proche de $500 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$.

On admet que, à cette longueur d'onde, un éclairement par un faisceau laser de quelques $\mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$ est responsable d'un fort éblouissement.

4. Exprimer l'éclairement au niveau de l'œil du pilote en $\mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$ sachant que $1 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$ équivaut à $10^{-1} \mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$.
5. À l'aide des résultats des calculs précédents, conclure quant à la dangerosité de ce laser.

Ces pointeurs verts partagent tous le même principe de fonctionnement présenté sur la **figure 3**.

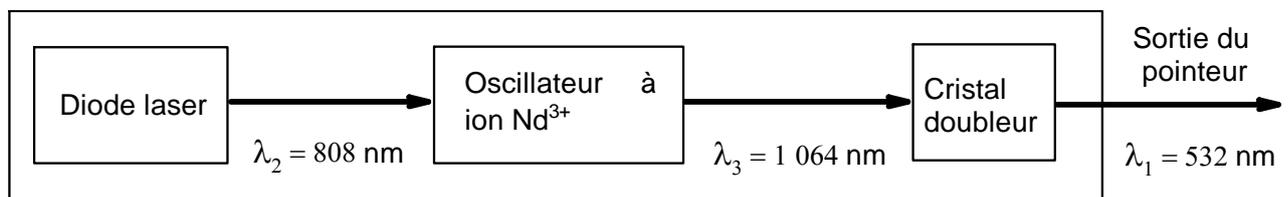


Figure 3 : principe de fonctionnement d'un pointeur laser de longueur d'onde 532 nm

Une diode laser délivre un faisceau laser à une longueur d'onde 808 nm. Ce faisceau « excite » un oscillateur à ion Néodyme (Nd^{3+}) qui délivre un faisceau laser à 1 064 nm. La propagation de ce faisceau dans un cristal dit « doubleur de fréquence » se traduit alors par la génération d'un faisceau laser à 532 nm.

6. Nommer les domaines respectifs des ondes électromagnétiques auxquels appartiennent des longueurs d'onde de 1 064 nm et de 532 nm.

On rappelle que la longueur d'onde λ et la fréquence ν sont reliées par la relation $\lambda = \frac{c}{\nu}$ où c est la célérité de la lumière dans le vide, de valeur $3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

7. Expliquer en quoi le passage d'une longueur d'onde de 1 064 nm à 532 nm conduit à un « doublage de fréquence ».

Au laboratoire, on réalise l'analyse spectrale du faisceau de sortie d'un pointeur laser de conception analogue au laser récréatif mais de puissance moindre. Les résultats expérimentaux obtenus sont présentés sur la **figure 4**.

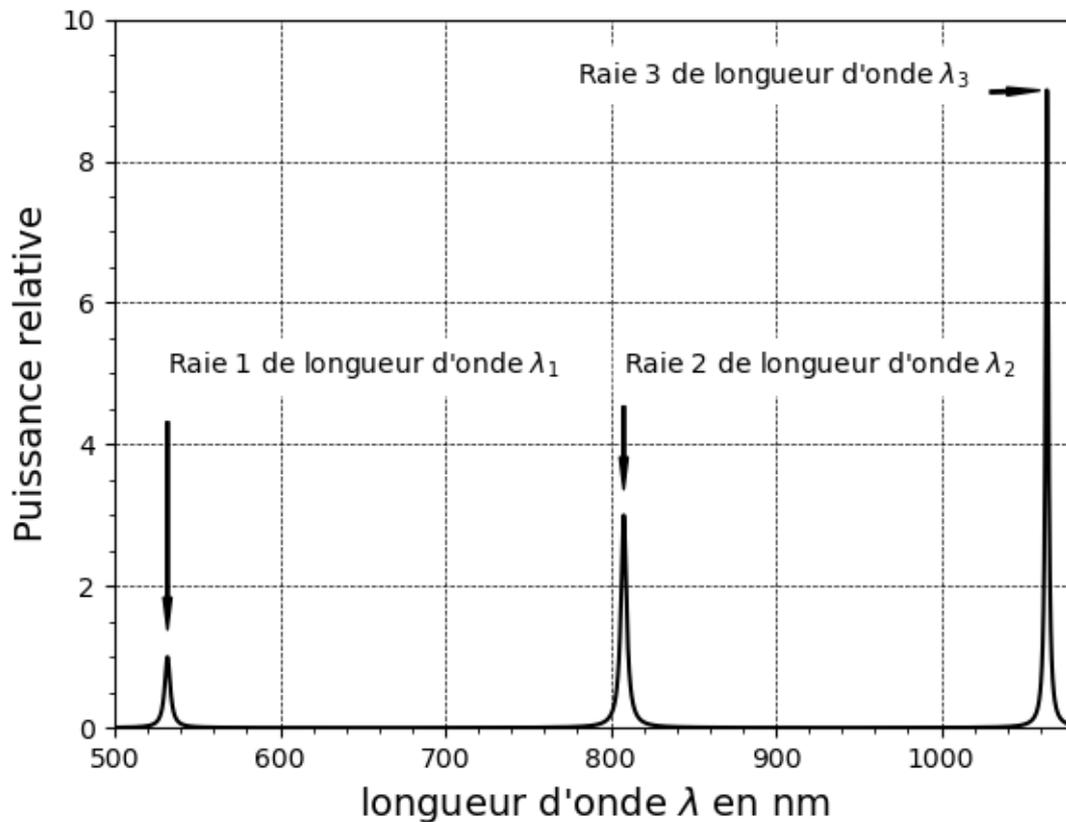


Figure 4 : spectre du faisceau de sortie du pointeur laser

8. Comparer les puissances relatives des rayonnements lasers correspondants aux trois longueurs d'onde $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ identifiées sur la **figure 4**.
9. Justifier, à partir de la **figure 4**, pourquoi il est nécessaire d'incorporer un dispositif optique permettant de ne laisser passer que la longueur d'onde de 532 nm à la suite du cristal doubleur.
10. Citer la propriété du rayonnement laser ainsi obtenu.