



Évaluation des compétences expérimentales

Contrôle de la classe d'un laser – durée : 1h

Compétences évaluées :

Compétence	ANA (analyser, raisonner)	REA (réaliser)	VAL (valider)
Coefficient	3	4	3

Thèmes abordés : ondes électromagnétiques

Contexte du sujet et documents mis à disposition du candidat

La norme appliquée en Europe pour la sécurité en matière de laser est la norme européenne NF EN60825-1 « Sécurité des appareils à laser, classification des matériels, prescriptions et guide de l'utilisateur ». Selon cette norme les lasers sont regroupés en 7 classes en fonction du danger de leur rayonnement.

Tous les produits laser vendus en Europe doivent répondre à cette norme par un affichage approprié :



Les lasers utilisés en lycée et mis à disposition des élèves sont de classe 2. Pour que cette classe soit respectée :

- le rayonnement émis doit appartenir au domaine visible ($400 \text{ nm} < \lambda < 700 \text{ nm}$)
- **la puissance du faisceau doit être inférieure à 1 mW.**

C'est cette deuxième condition que ce sujet propose de vérifier avec un laser du lycée.

DOCUMENT 1 : rappel des définitions des grandeurs photométriques

Le flux lumineux est une grandeur proportionnelle au flux énergétique (propriété de l'onde reçue), tenant compte de la sensibilité de l'œil. Le flux lumineux s'exprime en **lumen** (symbole lm).

Le flux lumineux vaut, par définition :

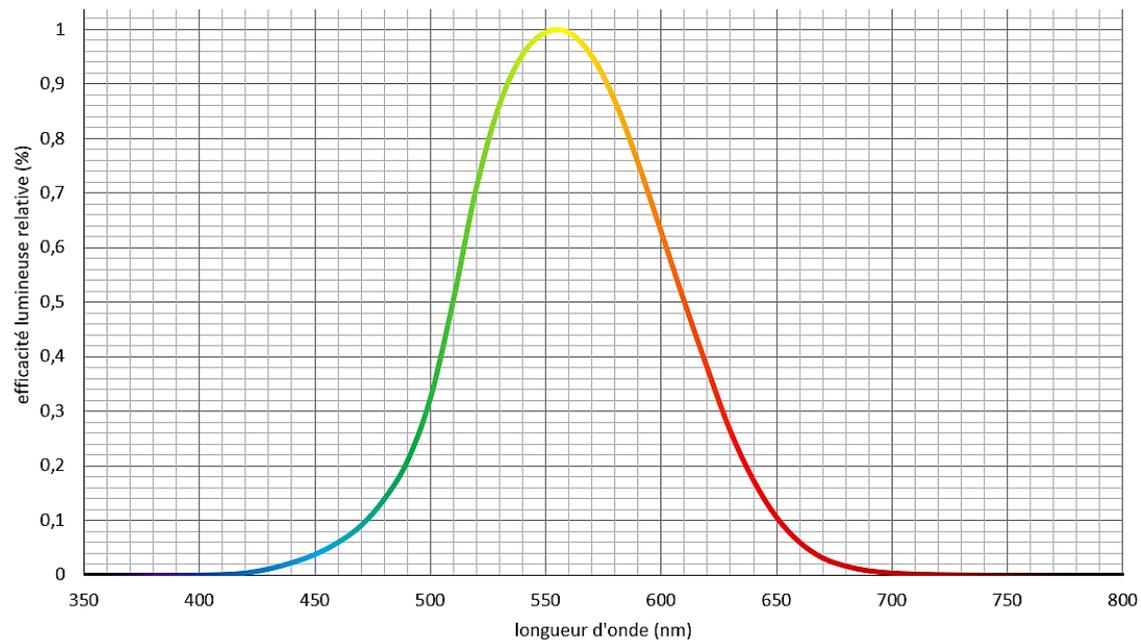
$$\phi_{\text{lum}} = \phi_{\text{én}} \times K \times V(\lambda)$$

- $\phi_{\text{én}}$ est le flux énergétique exprimé en **watt** ;
- ϕ_{lum} est le flux lumineux exprimé en **lumen** (lm) ;
- K est l'efficacité lumineuse maximale ; sa valeur est $K = 683 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$ lorsque ce sont les cônes qui sont sollicités ;
- $V(\lambda)$ est l'efficacité lumineuse relative, à lire graphiquement sur la courbe du document 2.

L'éclairement lumineux caractérise une surface éclairée observée à l'œil nu. Il vaut par définition :

$$E_{\text{lum}} = \frac{\phi_{\text{lum}}}{S}$$

- ϕ_{lum} est le flux lumineux exprimé en lumen ;
- S est l'aire de la surface éclairée exprimée en m^2 ;
Si cette surface est un disque de diamètre d , on a $S = \pi d^2 / 4$
- E_{lum} est l'éclairement lumineux exprimé en $\text{lm} \cdot \text{m}^{-2}$ ou **lux**.

**DOCUMENT 2** : évolution de l'efficacité lumineuse relative avec la longueur d'onde**DOCUMENT 3** : estimation de l'incertitude-type

L'incertitude-type du flux énergétique calculé à partir d'une mesure effectuée au luxmètre s'estime par la relation :

$$u(\phi_{\text{én}}) = \phi_{\text{én}} \sqrt{4 \left(\frac{u(d)}{d} \right)^2 + \left(\frac{u(V(\lambda))}{V(\lambda)} \right)^2}$$

- d étant le diamètre du capteur du luxmètre et $u(d)$ étant estimé à une graduation de l'instrument utilisé pour le mesurer ;
- $V(\lambda)$ étant l'efficacité lumineuse relative de l'œil à la longueur d'onde considérée et $u(V(\lambda))$ étant estimée à une demi-graduation verticale du graphique sur lequel elle est mesurée.

Travail demandé au candidat

Afin de vérifier que le laser dont nous disposons respecte bien la classe 2, on souhaite mesurer le flux énergétique de son faisceau. On dispose pour cela du matériel suivant :

- laser censé être de classe 2 (longueur d'onde $\lambda = 650$ nm si c'est un laser rouge, $\lambda = 532$ nm si c'est un laser vert) ;
- luxmètre ;
- lentille convergente de distance focale 50 mm ;
- banc d'optique et supports ;
- réglet.

Indication importante : la mesure de l'éclairement lumineux par le luxmètre n'est exploitable que si le faisceau éclaire tout le capteur.

Q1. Proposer un protocole permettant de déterminer le flux **lumineux** ϕ_{lum} reçu par une surface interceptant le faisceau laser, en utilisant le matériel de la liste ci-dessus.



APPEL n°1 (15 min maximum après le début de l'épreuve)

Appeler l'examineur ou l'examinatrice pour lui montrer votre protocole ou en cas de difficulté.

Q2. Mettre en œuvre le protocole de la question Q1, noter ci-dessous les résultats de mesure et en déduire la valeur de ϕ_{lum} .



APPEL n°2 (25 min maximum après le début de l'épreuve)

Appeler l'examineur ou l'examinatrice pour lui montrer la mise en œuvre du protocole ou en cas de difficulté.

Q3. Exploiter les documents et le résultat de la question Q2 pour déterminer le flux **énergétique** ϕ_{en} transporté par le laser utilisé (qui correspond ici à la puissance du faisceau).



APPEL n°3 (35 min maximum après le début de l'épreuve)

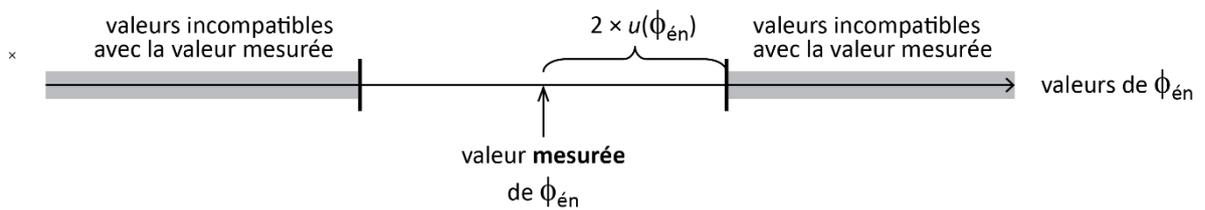
Appeler l'examineur ou l'examinatrice pour lui montrer votre résultat ou en cas de difficulté.

Q4. Le document 3 donne une relation permettant d'estimer l'incertitude-type du flux énergétique obtenu à la question 3. Donner au moins une source d'erreur que cette estimation néglige.

Q5. Estimer l'incertitude-type du flux énergétique obtenu à la question Q3 en exploitant les informations du document 3.

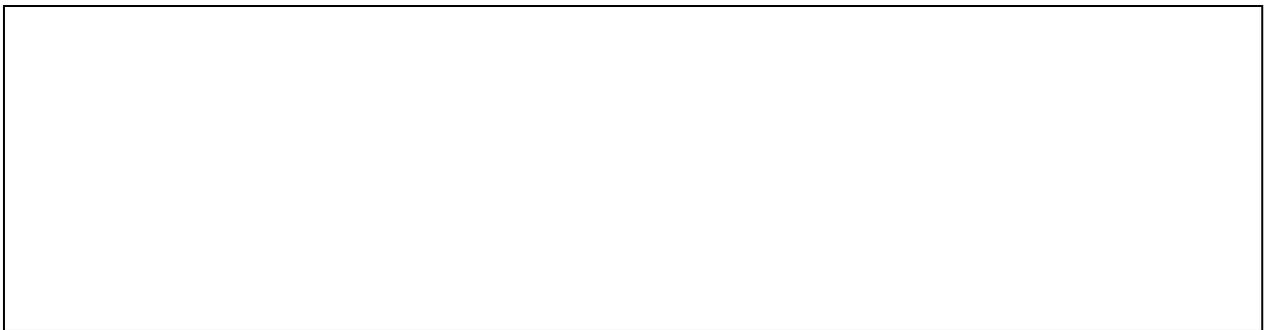


Q6. On estime qu'une valeur de $\phi_{\text{én}}$ est incompatible avec une valeur mesurée si l'écart entre ces deux valeurs est supérieur ou égal à deux incertitudes-types de la valeur mesurée. On peut schématiquement représenter ce critère par ce diagramme :



Exploiter ce critère pour indiquer si le résultat de la mesure :

- permet d'affirmer que le laser testé respecte bien la classe 2 ;
- permet d'affirmer que le laser testé ne respecte pas la classe 2 ;
- ne permet pas de conclure.



Défaire le dispositif expérimental et ranger la pailasse avant de quitter la salle.