



Document professeur pour l'activité n°4

Les risques de la lumière laser

Description de l'activité :

Fiche(s) de synthèse mobilisée(s)	Fiche n°14 : grandeurs énergétiques associées aux ondes
Type d'activité	→ activité documentaire
Conditions de mise en œuvre	→ classe entière possible ; traitable à la maison avec correction en classe
Matériel utilisé	→ aucun matériel
Place dans la séquence	→ Fin de séquence (peut être traité comme un exercice)
Capacités mises en œuvre dans cette activité	APP – Extraire et exploiter les informations des documents proposer pour obtenir la valeur : → de l'éclairement maximal permis pour l'œil → de l'exposition énergétique maximale permise pour la peau. – Extraire et exploiter les informations des documents pour caractériser les risques d'un laser donné sur l'œil et sur la peau. ANA – Associer les EMP exprimés en W / m^2 à des éclairements énergétiques et les EMP exprimés en J / m^2 à des énergies surfaciques. – Relier entre eux les EMP exprimés en W / m^2 à des éclairements énergétiques et les EMP exprimés en J / m^2. REA – Calculer un éclairement à partir d'un flux énergétique et réciproquement. – Calculer une durée maximale d'exposition connaissant l'éclairement et l'exposition énergétique maximale permise.

Éléments de réponses, démarche attendue, éventuels résultats expérimentaux :

1^{ère} partie : le laser hélium-néon

- La longueur d'onde vaut 633 nm, elle appartient au domaine visible. D'après le document 2 :
 - ce rayonnement peut être dangereux pour la rétine ;
 - la peau exposée présente un risque de brûlures cutanées.
- D'après le document 1 l'EMP vaut $25 W / m^2$: vu son unité il s'agit d'un éclairement énergétique.
- Comme c'est la rétine qui court un risque et puisque le cristallin focalise le faisceau sur elle, ce n'est pas la section du faisceau qu'il faut considérer mais celle de la pupille. On a donc :

$$\begin{aligned}
 \phi_{en} &= E_{en} \times S \\
 &= E_{en} \times \frac{\pi d^2}{4} \\
 &= 25 \times \frac{\pi \times (7 \times 10^{-3})^2}{4} = 9,6 \times 10^{-4} W \approx \mathbf{1 mW}
 \end{aligned}$$



4. L'étiquette précise que la puissance d'émission est inférieure à 1 mW : la norme (pour l'œil) est respectée.
5. Exposition énergétique :

$$H_{\max} = E_{\text{en}} \times \Delta t = 25 \times 0,25 = 6,3 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$$

NB : la grandeur « exposition énergétique » n'est pas définie dans le cours (et non-exigible dans le programme) : on compte sur l'étude des unités pour que les élèves comprennent qu'il faut multiplier éclairement et durée.

6. L'éclairement d'une surface éclairée par le faisceau dilaté vaut :

$$\begin{aligned} E'_{\text{en}} &= \frac{\phi_{\text{en}}}{S'} \\ &= \frac{4\phi_{\text{en}}}{\pi d'^2} \\ &= \frac{4 \times 1 \times 10^{-3}}{\pi \times (20 \times 10^{-3})^2} = 3,2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \end{aligned}$$

La durée maximale d'exposition vaut donc, à cette distance :

$$\Delta t = \frac{H_{\max}}{E'_{\text{en}}} = \frac{6,3}{3,2} \approx 2 \text{ s}$$

7. L'éclairement énergétique du faisceau sur sa section vaut :

$$\begin{aligned} E''_{\text{en}} &= \phi_{\text{en}} \times \frac{4}{\pi d''^2} \\ &= 0,001 \times \frac{4}{\pi \times 0,002^2} = 318 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \end{aligned}$$

Or d'après le document 1 l'exposition maximale permise pour la peau vaut $H'' = 3 \times 10^4 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$. La durée maximale d'exposition sur la peau vaut donc :

$$\Delta t'' = \frac{H''}{E''_{\text{en}}} = \frac{3 \times 10^4}{318} \approx 10^2 \text{ s}$$

Pour avoir un risque potentiel il faut donc que le faisceau reste sur la peau pendant plus de 100 s exactement au même endroit : cela n'a aucune chance de se produire, on peut conclure que ce laser est sans danger pour la peau.

8. Nous avons vérifié que le laser hélium – néon étudié :
est sans danger pour la peau ;
présente un risque pour l'œil en vision directe seulement pour une durée d'exposition supérieure à 0,25 s, ce qui est censé être rendu impossible par le réflexe palpébral. Il respecte bien la norme de la classe 2.

2nde partie : laser et médecine

9. Le document 2 montre que la longueur d'onde permettant la meilleure pénétration dans la peau se situe dans l'infrarouge : le laser Nd : YAG émet donc dans l'infrarouge (environ 1000 nm).
10. Le document 3 indique qu'un tel laser répond aux normes de la classe 1C : son observation serait dangereuse pour l'œil mais elle est impossible et son usage sur la peau ne peut être pratiqué que par un spécialiste.
11. D'après le document 2 les rayonnements qui permettent de « sculpter » la cornée appartiennent aux UV.
12. Le chirurgien agit sur la durée d'exposition. Il s'agit en réalité de lasers très puissants mais émettant des impulsions de courte durée pour limiter l'exposition énergétique de l'œil ou de la peau.