

**EXERCICE III- MICRO-TEXTURATION DE SURFACE PAR UN LASER
FEMTOSECONDE (5 points)**

1. Domaine d'émission du laser femtoseconde

1.1. On calcule la longueur d'onde centrale du laser, sachant que $\nu_0 = 375$ THz,

$$\lambda_0 = \frac{c}{\nu_0}$$

$$\lambda_0 = \frac{3,0 \times 10^8}{375 \times 10^{12}} = 8,0 \times 10^{-7} = \mathbf{800 \text{ nm}} > 780 \text{ nm}$$

le laser émet dans le domaine de l'infrarouge.

1.2. On calcule la longueur d'onde minimale produite par le laser : $\nu_{\max} = \nu_0 + \frac{\Delta\nu}{2}$

$$\nu_{\max} = 375 + \frac{100}{2} = 425 \text{ THz}$$

On en déduit la longueur d'onde $\lambda_{\min} = \frac{c}{\nu_{\max}}$

$$\lambda_{\min} = \frac{3,0 \times 10^8}{425 \times 10^{12}} = 7,06 \times 10^{-7} \text{ m} = 7,1 \times 10^2 \text{ nm}$$

620 nm < λ_{\min} < 780 nm le laser émet aussi dans le rouge, il apparaît donc rouge.

2. Caractéristiques d'une impulsion du laser femtoseconde

2.1. Soit l'énergie délivrée par le laser lors d'une impulsion :

$$E = P_{\text{crête}} \cdot \tau$$

$$E = 1,0 \times 10^9 \times 150 \times 10^{-15} = 150 \times 10^{-6} \text{ J} = \mathbf{0,15 \text{ mJ}}$$

2.2. On suppose que tous les photons ont la même énergie égale à $h\nu_0$ (ce qui n'est pas le cas puisque le laser n'est pas monochromatique).

Soit N le nombre de photons produit lors d'une impulsion :

$$N = \frac{E}{h\nu_0}$$

$$N = \frac{0,15 \times 10^{-3}}{6,63 \times 10^{-34} \times 375 \times 10^{12}} = \mathbf{6,0 \times 10^{14} \text{ photons.}}$$

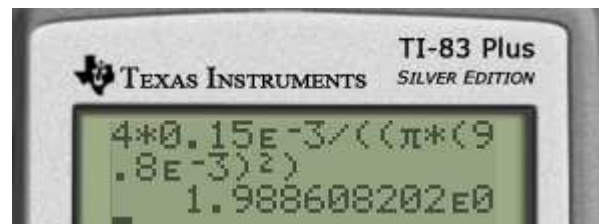
3. Soit F la fluence du laser :

(« obtenue en divisant l'énergie d'une impulsion laser par la surface circulaire gravée (en cm²) »)

$$F = \frac{E}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2} = \frac{4E}{\pi D^2}$$

Le diamètre vaut 98 μm , soit $98 \times 10^{-6} \times 10^2 = 9,8 \times 10^{-3} \text{ cm}$

$$F = \frac{4 \times 0,15 \times 10^{-3}}{\pi \times (9,8 \times 10^{-3})^2} = 2,0 \text{ J/cm}^2.$$



Sur la courbe page 9 on peut lire que pour une fluence de 2,0 J/cm², le taux d'ablation (= profondeur de la cavité gravée par une seule impulsion) est de 100 nm/impulsion.

Soit n le nombre d'impulsions nécessaire pour obtenir une profondeur de 6 $\mu\text{m} = 6 \times 10^3 \text{ nm}$:

$$n = \frac{6 \times 10^3}{100} = 60 \text{ impulsions.}$$

La période des impulsions est de $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1,0 \times 10^3} = 1,0 \times 10^{-3} \text{ s} = 1,0 \text{ ms.}$

$$\Delta t = n.T$$

$$\Delta t = 60 \times 1,0 = \mathbf{60 \text{ ms.}}$$

Remarque : En réalité, il faut $59T + \tau = 59 \times 1,0 \times 10^{-3} + 150 \times 10^{-15} = 59 \text{ ms}$.

