# Spécialité : Peindre le titane au laser

Bac S 2019 Amérique du Sud (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

**1** Montrer que la couche de dioxyde de titane de 46 nm d'épaisseur créée avec le laser du document 2 est de couleur verte.

**Données utiles** document 2 : courbe (c) pour $e_{ox} = 46$ nm ; cercle chromatique

L'épaisseur $e_{ox} = 46$ nm correspond à la courbe (c) du document 2. Son absorbance est maximale pour $\lambda_{max} \approx 700$ nm : la couche absorbe surtout le rouge.

La couleur perçue est la couleur complémentaire de la couleur absorbée, c'est-à-dire celle qui lui est diamétralement opposée sur le cercle chromatique. Face au rouge (700 nm) se trouve le vert.

La couche de 46 nm absorbe principalement le rouge : elle apparaît **verte**.

**PIÈGE**
Répondre « rouge » parce que le maximum est à 700 nm. Un spectre d'absorption indique les radiations retirées à la lumière blanche, pas celles que l'œil reçoit.

**COMPRENDRE**
Ce sujet relève de l'ancien enseignement de spécialité (thème « matériaux »). Dans le programme actuel, la couleur complémentaire est étudiée en première ; l'absorbance reste utilisée en terminale.

**2** Comment évolue l'énergie surfacique $E_S$ reçue par l'échantillon lorsque la puissance $P$ du laser augmente, puis lorsque la vitesse de déplacement $v$ augmente, les autres paramètres étant fixés ?

L'énergie reçue par une zone de l'échantillon pendant la durée d'éclairement $\Delta t$ est $E = P \times \Delta t$, et l'énergie surfacique est $E_S = \dfrac{E}{S}$.

- Si $P$ augmente, à durée et surface fixées, $E$ augmente donc $E_S$ augmente.
- Si $v$ augmente, le faisceau reste moins longtemps sur chaque zone : $\Delta t$ diminue, $E$ diminue donc $E_S$ diminue.

$E_S$ **augmente** quand $P$ augmente ; $E_S$ **diminue** quand $v$ augmente.

**MÉTHODE**
Pour prévoir un sens de variation, écrire une relation simple entre les grandeurs (ici $E = P \times \Delta t$) puis faire varier une seule grandeur à la fois.

**3** En déduire, parmi les trois relations proposées, celle qui permet de calculer $E_S$. Problème : déterminer la vitesse $v$ de déplacement du laser du document 2 pour réaliser le marquage jaune sur l'échantillon du document 1, puis vérifier la cohérence du résultat.

**Données utiles** $P = 53$ W ; $d = 350\ \mu$m ; $80\ \text{mm}\cdot\text{s}^{-1} \leqslant v \leqslant 350\ \text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ ; échantillon de 2,0 cm sur 2,0 cm ; $\rho = 3{,}9 \times 10^{6}\ \text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ; documents 2 et 3

**Choix de la relation.** D'après la question 2, $E_S$ croît avec $P$ et décroît avec $v$ : $P$ est au numérateur et $v$ au dénominateur. Seule la relation ❶ convient :

$$E_S = \frac{4\sqrt{2}\,P}{\pi\, d\, v}$$

Vérification des unités : $\dfrac{\text{W}}{\text{m}\times\text{m}\cdot\text{s}^{-1}} = \dfrac{\text{J}\cdot\text{s}^{-1}}{\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}} = \text{J}\cdot\text{m}^{-2}$. C'est bien une énergie par unité de surface (le sujet écrit « en Joule » : l'unité correcte est le joule par mètre carré).

**Problème.**

*Épaisseur à former.* Une couche jaune absorbe la couleur complémentaire du jaune, le violet (vers 400 nm sur le cercle chromatique). La courbe dont le maximum d'absorbance est à 400 nm est la courbe (a) : $e_{ox} = 17$ nm.

*Masse de* $TiO_2$. Surface irradiée : $S = 2{,}0 \times 2{,}0 = 4{,}0\ \text{cm}^2 = 4{,}0 \times 10^{-4}\ \text{m}^2$.

Volume de la couche : $V = S \times e_{ox}$, donc $m = \rho \times S \times e_{ox}$.

$$m = 3{,}9 \times 10^{6} \times 4{,}0 \times 10^{-4} \times 17 \times 10^{-9} = 2{,}7 \times 10^{-5}\ \text{g}$$

soit $m = 27\ \mu$g.

*Énergie surfacique.* Sur le document 3, tracé pour cette même surface, la droite moyenne passant au plus près des points donne, pour $m = 27\ \mu$g : $E_S \approx 1{,}65\ \text{MJ}\cdot\text{m}^{-2} = 1{,}65 \times 10^{6}\ \text{J}\cdot\text{m}^{-2}$.

*Vitesse.* La relation ❶ donne $v = \dfrac{4\sqrt{2}\,P}{\pi\, d\, E_S}$ :

$$v = \frac{4\sqrt{2}\times 53}{\pi \times 350 \times 10^{-6} \times 1{,}65 \times 10^{6}} = 0{,}17\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

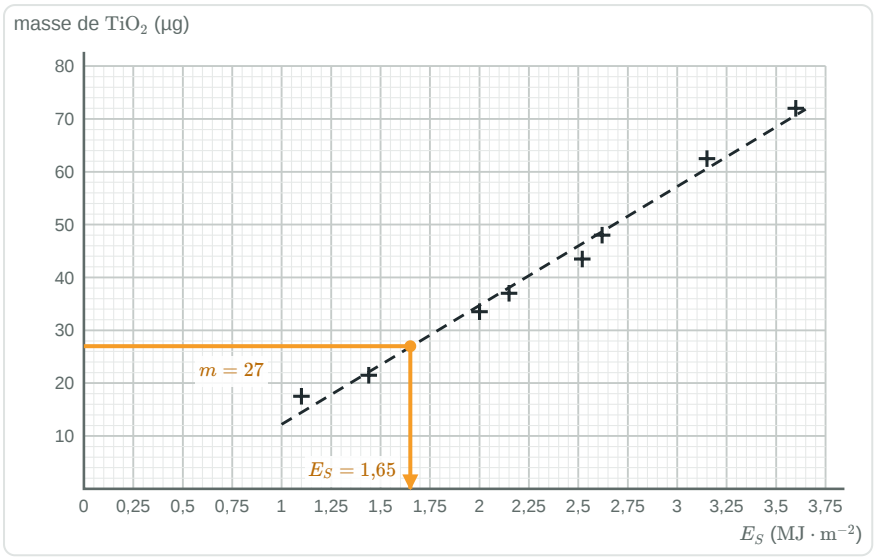
*Cohérence.* $v = 1{,}7 \times 10^{2}\ \text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ est bien comprise entre 80 et 350 $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$, plage de vitesses du laser du document 2.

Relation ❶ ; $v \approx 1{,}7 \times 10^{2}\ \text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$, valeur cohérente.

**PIÈGE**
Conversions : $4{,}0\ \text{cm}^2 = 4{,}0 \times 10^{-4}\ \text{m}^2$ (et non $10^{-2}$), $d$ en mètre, $E_S$ en $\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$ et non en MJ. Une seule oubliée fausse $v$ de plusieurs puissances de dix.

**COMPRENDRE**
Deux chiffres significatifs, comme $P$, $\rho$ et $e_{ox}$. La lecture graphique est peu précise : toute valeur de $E_S$ entre 1,6 et 1,7 $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ conduit à $v \approx 0{,}16$ ou $0{,}17\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

**MÉTHODE**
Remonter la chaîne à l'envers : couleur voulue → couleur absorbée → courbe → épaisseur → masse → énergie surfacique → vitesse. Annoncer ce plan avant de calculer rapporte des points même si le calcul n'aboutit pas.




**3** · Document 3 du sujet, avec la lecture pour 27 µg de dioxyde de titane

**À LA CALCULATRICE**

rad CALCULS

$3.9 \times 10^6 \times 4.0 \times 10^{-4} \times 17 \times 10^{-9}$
$\approx 2.652 \times 10^{-5}$

$$\frac{4 \times \sqrt{2} \times 53}{\pi \times 350 \times 10^{-6} \times 1.65 \times 10^6} \approx 0.1652529$$