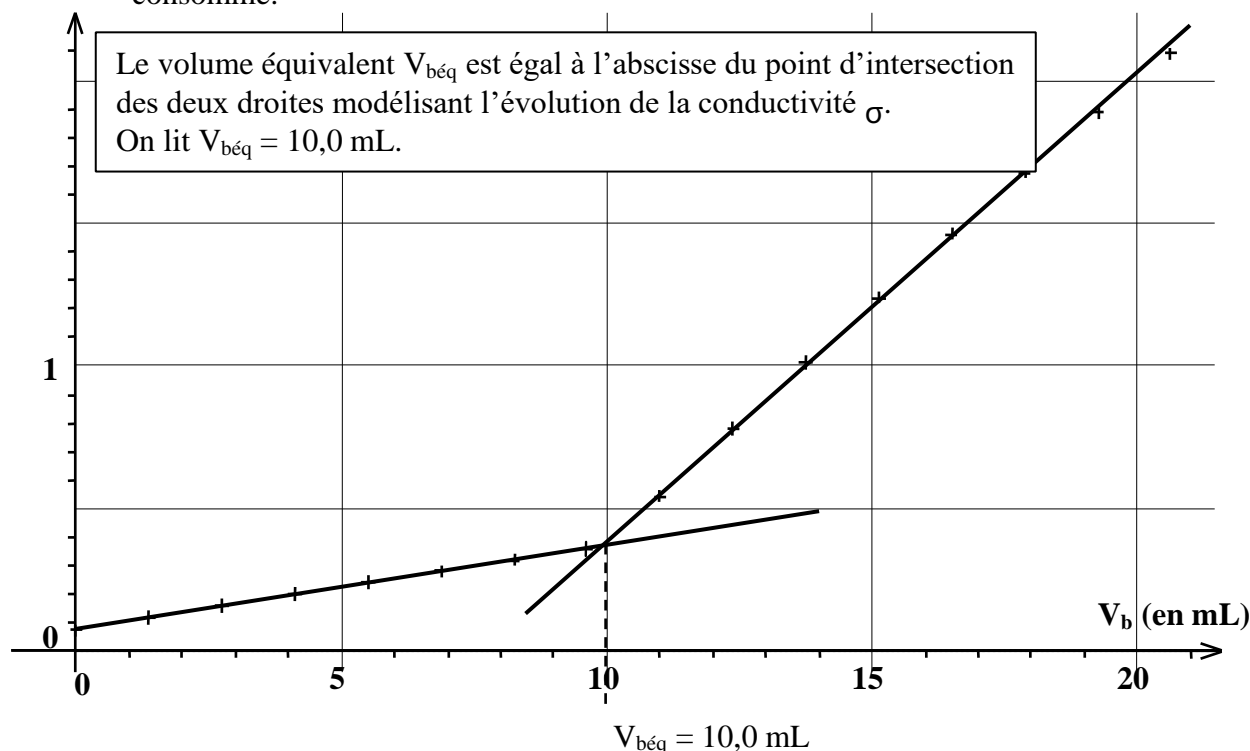


# Exercice I (13 points) sujet original : nouvelle calédonie 2004

## 1. Détermination préalable de la concentration molaire apportée de la solution $S_0$ d'acide benzoïque par titrage.

1.1. Équation de la réaction support du titrage :  $C_6H_5CO_2H_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow C_6H_5CO_2^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$   
(0,5 pt)

1.2. À l'équivalence, il y a changement de réactif limitant. L'acide benzoïque est alors totalement consommé.



À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques,

soit  $n_{CHCOH_52\text{ initiale}} = n_{HO^-} \text{ versée } C_0 \cdot V = c_b \cdot V_{b\acute{e}q}$

D'où  $C_0 = \frac{c_b \cdot V_{eq}}{V} = \frac{1,0 \cdot 10^{-1} \cdot 10,0}{100} = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  concentration molaire de la solution  $S_0$  en acide

benzoïque apporté

(1,5 pt)

## 2. Constante d'acidité de l'acide benzoïque Le tableau de valeurs permet de vérifier la valeur de $c_0$ .

2.1.  $C_6H_5CO_2H_{(aq)} + H_2O_{(l)} = C_6H_5CO_2^-_{(aq)} + H_3O^+$

| 2.2. Équation chimique  |                     | $C_6H_5CO_2H + H_2O = C_6H_5CO_2^- + H_3O^+$ |       |          |          |
|-------------------------|---------------------|--|-------|----------|----------|
| État du système         | Avancement (en mol) | Quantités de matière (en mol)                |       |          |          |
| État initial            | 0                   | $n_0 = c \cdot V$                            | excès | 0        | 0        |
| État intermédiaire      | $x$                 | $n = c \cdot V - x$                          | excès | $x$      | $x$      |
| État final ou équilibre | $x_f = x_{eq}$      | $n_f = c \cdot V - x_{eq}$                   | excès | $x_{eq}$ | $x_{eq}$ |

(2 pts)

$$2.3. \quad Q_r = \frac{[C_6H_5COO^-]_{(aq)} \cdot [H_3O^+]}{[C_6H_5CO_2H]_{(aq)}} = \frac{\frac{x}{V} \cdot \frac{x}{V}}{\frac{C \cdot V - x}{V}} = \frac{x^2}{C \cdot V^2 - x \cdot V}$$

Et par définition :  $x$

$$K_a = Q_{r,eq} = \frac{x_{eq}^2}{C \cdot V^2 - x_{eq} \cdot V}$$

$$2.4. \quad \text{Définition du taux d'avancement final de la réaction : } \tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{x_{eq}}{C \cdot V}$$

2.5. Si la transformation est totale, l'acide benzoïque est totalement consommé :  $n_0 - x_{max} = 0$ .  
Soit  $x_{max} = C \cdot V$ .

$$\tau = \frac{x_{eq}}{x_{max}} = \frac{x_{eq}}{C \cdot V} \Rightarrow x_{eq} = \tau \cdot C \cdot V$$

2.6. On introduit ce dernier résultat dans le résultat de la question 2.3 et après simplification on trouve :

$$K_a = \frac{x_{eq}^2}{C \cdot V^2 - x_{eq} \cdot V} = \frac{\tau^2 \cdot C}{1 - \tau}$$

$$2.7. \quad \text{D'après Kohlrausch } \sigma = \lambda_{C_6H_5COO^-} \cdot [C_6H_5COO^-]_{(aq)} + \lambda_{H_3O^+} \cdot [H_3O^+]_{(aq)}$$

$$2.8. \quad \text{Or, } [C_6H_5COO^-]_{(aq)} = [H_3O^+]_{(aq)} = \frac{x_{eq}}{V}$$

$$\text{D'où } \sigma = \frac{x_{eq}}{V} \cdot (\lambda_{C_6H_5COO^-} + \lambda_{H_3O^+})$$

$$\text{Et comme } x_{eq} = \tau \cdot C \cdot V, \text{ on a finalement : } \sigma = \frac{\tau \cdot C \cdot V}{V} \cdot (\lambda_{C_6H_5COO^-} + \lambda_{H_3O^+})$$

$$\text{Et donc } \sigma = \tau \cdot C \cdot a$$

2.9. On donne :

$$\frac{\sigma^2}{C} = \underbrace{-K_a \cdot a \cdot \frac{\sigma}{C}}_{\text{coefficient directeur}} + \underbrace{K_a \cdot a^2}_{\text{ordonnée à l'origine}}$$

**coefficient directeur**

**ordonnée à l'origine**

2.10. Par identification avec la relation 2 on trouve les expressions littérales demandées (ci-dessus)

2.11. Application numérique

## Exercice II (7 pts)

### 1. Vérification de la longueur d'onde d'une des diodes laser utilisées

1.1. Les principales propriétés du faisceau d'un laser sont : **(0 pt)**

- sa directivité,
- sa monochromaticité (longueur d'onde unique),
- sa cohérence (ondes lumineuses de déphasage constant).

1.2. L'importance du phénomène de diffraction est liée au rapport de la longueur d'onde aux dimensions de l'ouverture ou de l'obstacle ; ainsi, si la longueur d'onde est fixée, le demi-angle

$\theta_0$  sera plus élevé si le diamètre du fil est faible. On retrouve cette idée dans la relation  $\theta_0 = \frac{\lambda}{a}$

1.3. À l'aide du schéma, on peut écrire :  $\tan \theta = \frac{L/2}{D}$

Dans le cadre de l'approximation des petits angles donné :  $\tan \theta_0 \simeq \theta_0 = \frac{L}{2 \cdot D}$

Or  $\theta_0 = \frac{\lambda}{a}$  (question 1.2) donc  $L = \frac{2 \cdot \lambda \cdot D}{a}$  que l'on peut écrire  $L = k \cdot \frac{1}{a}$

Avec  $k = 2 \cdot \lambda \cdot D$

1.4. Vu que  $L = k \cdot \frac{1}{a}$  avec  $k = 2 \cdot \lambda \cdot D$  la courbe  $L = f\left(\frac{1}{a}\right)$  est une droite passant par l'origine de coefficient directeur k

On trace la droite modélisée (passant au plus près de tous les points expérimentaux), on détermine son coefficient directeur :

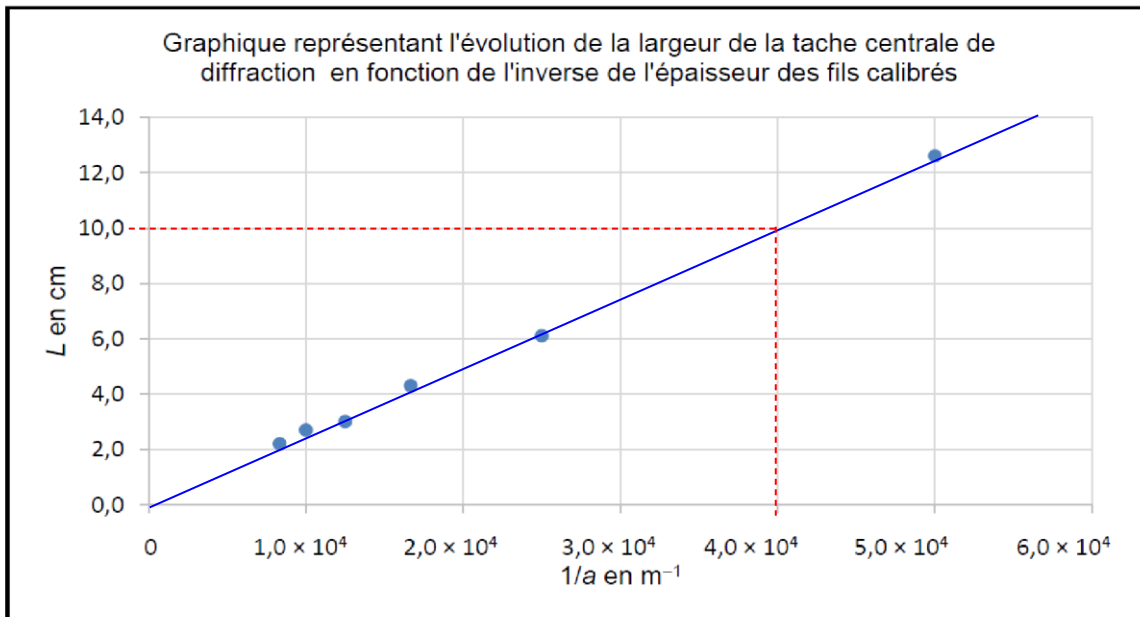
$$k = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{5,0 - 0}{2,0 \cdot 10^{-4} - 0} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ cm} \cdot \text{m} = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Et comme  $k = 2 \cdot \lambda \cdot D$  alors  $\lambda = \frac{k}{2 \cdot D} = \frac{2,5 \cdot 10^{-6}}{2 \times 2,000} = 6,25 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 625 \text{ nm}$

En tenant compte des chiffres significatifs, on a :

$$\lambda = 6,3 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

(ATTENTION  $L$  doit être en mètre pour que la relation soit homogène)



**1.5.** Conformément aux recommandations de la métrologie, nous faisons le choix de la notation  $U(x)$  pour l'incertitude (Uncertainty) sur la mesure de  $x$  plutôt que la notation  $\Delta x$ .

$$U(\lambda) = \sqrt{\left(\left(\frac{U(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{U(k)}{k}\right)^2\right)} = \sqrt{\left(\left(\frac{0,1}{200,0}\right)^2 + \left(\frac{1,2 \cdot 10^{-7}}{2,5 \cdot 10^{-6}}\right)^2\right)} = 3 \cdot 10^{-8} m$$

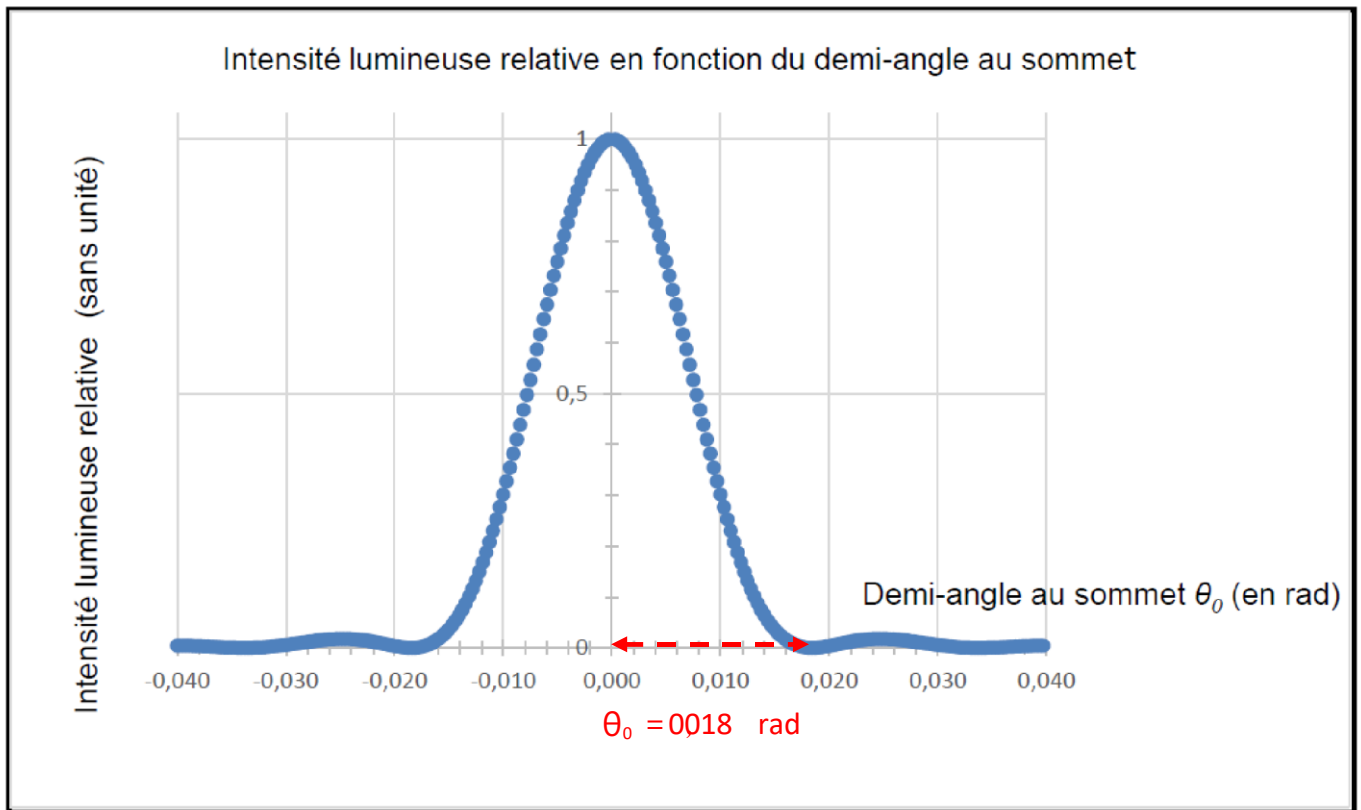
Ainsi :  $\lambda = (6,3 \pm 0,3) \times 10^{-7} m$

La valeur de  $635 \text{ nm} = 6,35 \times 10^{-7} m$  donnée par le fabricant est bien incluse dans l'intervalle de confiance. Les mesures sont validées.

## 2. Étude de la diffraction par la poudre de cacao

**2.1.** Le grain sphérique se comporte comme un obstacle circulaire et donne donc la même figure de diffraction qu'un trou de même dimension (tout comme une fente et un fil de mêmes dimensions donnent la même figure de diffraction).

2.2. D'après la courbe fournie  $\theta_0 = 0,018 \text{ rad}$



$$\text{Or } \sin\theta_0 = \frac{122 \lambda}{a} \text{ donc } a = \frac{122 \lambda}{\sin\theta_0}$$

$$\text{Donc } a = 43 \mu\text{m}$$

D'après le document 2, ces grains sont trop gros pour être utilisés comme chocolat de couverture dont le diamètre moyen vaut  $a = 10 \mu\text{m}$ .