

CLASSE : Terminale

VOIE : ☒ Générale

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 1h45

EXERCICE 1 : commun à tous les candidats (10 points)

ENSEIGNEMENT : physique-chimie

CALCULATRICE AUTORISÉE : ☒ Oui sans mémoire, « type collègue »

EXERCICE I – Dépolluer une eau avec des carapaces de crevettes (10 points)

1.
1.1.
« La chitine, polymère extrait des carapaces des crustacés et animaux à coquilles, a été découverte en 1811 » : la chitine est un polymère naturel.
« après divers traitements, notamment avec de la soude, elle est transformée en chitosane » : le chitosane est un polymère artificiel.

- 1.2.
Annexe de la question 1.2 :

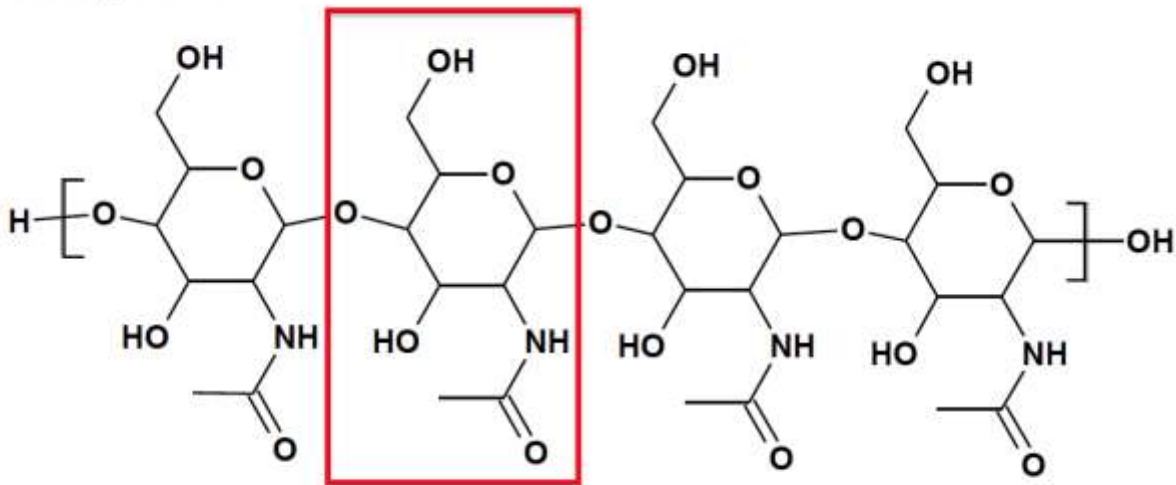
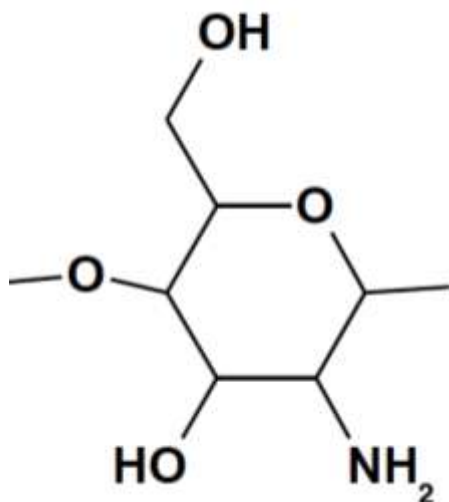


Figure 1. Formule topologique de la chitine à quatre motifs.

2.
2.1.



- 2.2.
La famille fonctionnelle correspondant au groupe caractéristique formé dans le chitosane lors de la transformation de la chitine en chitosane est la famille amine.

2.3.

Un montage à reflux permet d'accélérer la réaction sans perte de matière.

- 1 : sortie d'eau
- 2 : réfrigérant
- 3 : entrée d'eau
- 4 : ballon
- 5 : chauffe ballon
- 6 : support élévateur

2.4.

$$n_{\text{chitine}}^i = \frac{m_{\text{chitine}}}{M_{\text{chitine}}}$$

$$n_{\text{chitine}}^i = \frac{8,0}{203}$$

$$n_{\text{chitine}}^i = 3,9 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

Equation					
Etat initial	x=0mol	$3,9 \cdot 10^{-2}$	Excès	0	0
Etat intermédiaire	x	$3,9 \cdot 10^{-2} - x$	Excès	x	4x
Etat final	x=x _f	$3,9 \cdot 10^{-2} - x_f$	Excès	x _f	4x _f

Calculons x_{max} :

$$3,9 \cdot 10^{-2} - x_{\text{max}} = 0$$

$$x_{\text{max}} = 3,9 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$\eta = \frac{m_{\text{exp}}}{m_{\text{Th}}}$$

$$\text{Or } m_{\text{Th}} = n_{\text{Th}} \times M = x_{\text{max}} \times M = 3,9 \cdot 10^{-2} \times 159 = 6,2 \text{ g}$$

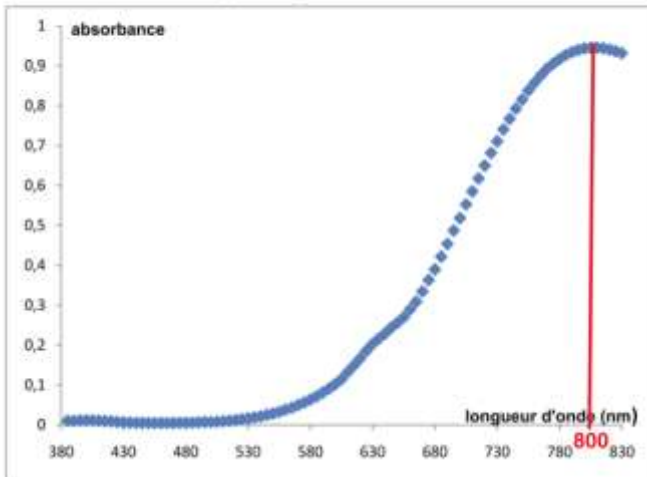
$$\eta = \frac{4,0}{6,2} = 0,65 = 65\%$$

3.

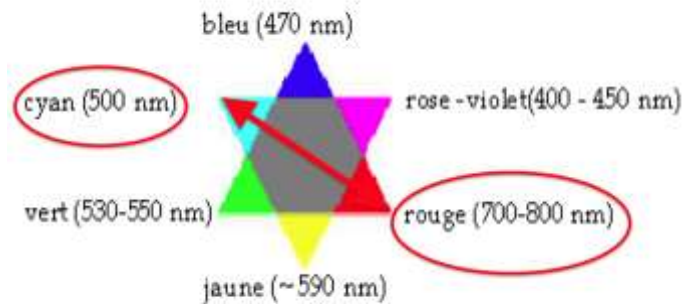
3.1.

La couleur absorbée correspond à $\lambda_{\max} = 800 \text{ nm}$ couleur rouge.

➤ Spectre d'absorption d'une solution aqueuse de sulfate de cuivre(II)



➤ Cercle chromatique



Sa couleur est la couleur complémentaire du jaune-orange (couleur opposée sur la cercle chromatique) : le cyan.

La solution est donc de couleur cyan.

3.2.

La solution F_1 est obtenue par dilution la solution S.

Lors d'une dilution, la quantité de matière se conserve :

$$n_S = n_1$$

$$C_S V_S = C_1 V_1$$

$$V_S = \frac{C_1 V_1}{C_S}$$

$$V_S = \frac{0,10 \times 10,0}{0,50}$$

$$V_S = 2,0 \text{ mL}$$

Or on désire $V_1=10,0\text{mL}$, on doit donc prendre $V_S=2,0 \text{ mL}$

Protocole :

- Verser la solution mère dans un bécher
- Prélever à l'aide d'une pipette jaugée $V_S=2,0 \text{ mL}$ de la solution mère
- Introduire V_S dans une fiole jaugée $V_1=10,0\text{mL}$
- Ajouter de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge
- Homogénéiser la solution

3.3.

$$n_{\text{Cu}^{2+}}^i = C_0 V_0$$

$$n_{\text{Cu}^{2+}}^i = 0,10 \times 40 \cdot 10^{-3}$$

$$n_{\text{Cu}^{2+}}^i = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Equation		$\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$	+	chitosane	\rightarrow	$[\text{Cu}(\text{chitosane})]^{2+}$
Etat initial	$x=0\text{mol}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$		Excès		0
Etat intermédiaire	x	$4,0 \cdot 10^{-3} - x$		Excès		x
Etat final	$x=x_f$	$4,0 \cdot 10^{-3} - x_f$ $= n_{\text{Cu}^{2+}}^f$		Excès		x_f

Calculons x_{max} :

$$4,0 \cdot 10^{-3} - x_{\text{max}} = 0$$

$$x_{\text{max}} = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Pour trouver x_f , il nous faut la concentration finale en ion Cu^{2+} .

1^{ère} méthode :

Calculons K avec la relation de Beer Lambert :

$$A = KC$$

$$K = \frac{A}{C}$$

Solution	F1	F2	F3	F4	F5	F6	Filtrat
Concentration en Cu^{2+} en mol.L^{-1}	0,10	0,050	0,040	0,030	0,020	0,010	C_f
A	1,13	0,58	0,44	0,34	0,23	0,11	0,30
$K = \frac{A}{C}$	11,3	11,6	11,0	11,3	11,5	11,0	

Faisons la moyenne :

$$K_{\text{moyen}} = \frac{11,3 + 11,6 + 11,0 + 11,3 + 11,5 + 11,0}{6}$$

$$K_{\text{moyen}} = 11,3 \text{ L. mol}^{-1}$$

D'ou

$$A = 11,3 C$$

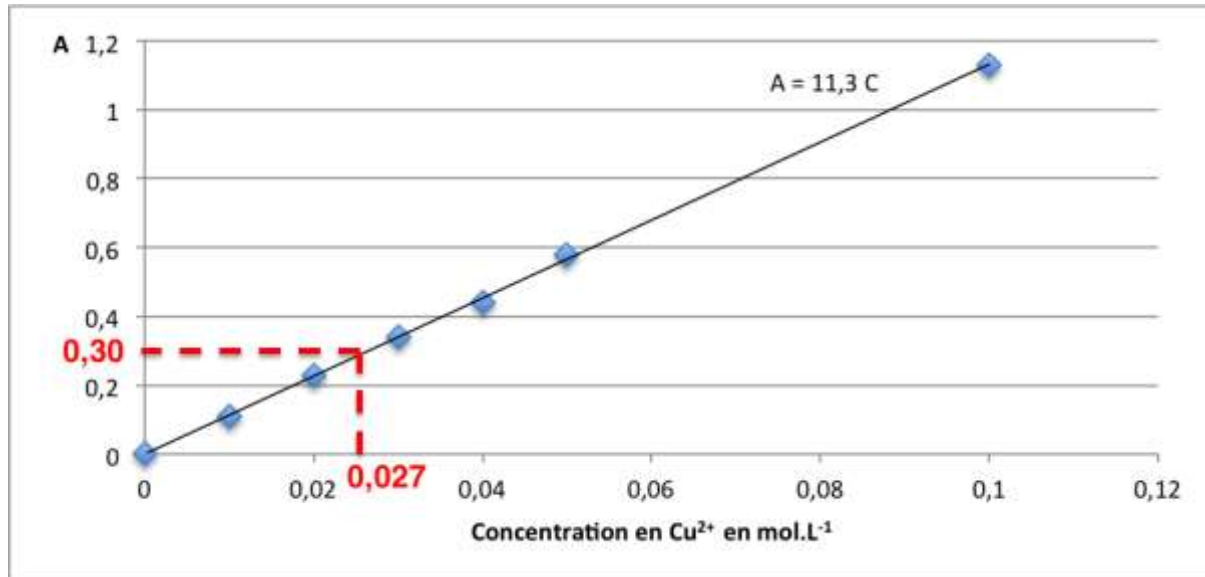
$$C = \frac{A}{11,3}$$

$$C_f = \frac{A_f}{11,3}$$

$$C_f = \frac{0,30}{11,3}$$

$$C_f = 2,7 \cdot 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1}$$

2nd méthode : on trace A=f(C)



$$n_{\text{Cu}^{2+}}^f = C_f V_0$$

$$n_{\text{Cu}^{2+}}^f = 2,7 \cdot 10^{-2} \times 40 \cdot 10^{-3}$$

$$n_{\text{Cu}^{2+}}^f = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Calculons x_f :

$$4,0 \cdot 10^{-3} - x_f = n_{\text{Cu}^{2+}}^f$$

$$4,0 \cdot 10^{-3} - x_f = 1,1 \cdot 10^{-3}$$

$$x_f = 4,0 \cdot 10^{-3} - 1,1 \cdot 10^{-3}$$

$$x_f = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Calculons τ :

$$\tau = \frac{x_f}{x_{\text{max}}}$$

$$\tau = \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{4,0 \cdot 10^{-3}}$$

$$\tau = 0,73$$

L'efficacité de ce protocole de dépollution par le chitosane est bonne car 73% des ions cuivre sont éliminés mais il ne dépollue pas totalement.

On pourrait améliorer l'efficacité en supprimant au fur et à mesure les ions $[\text{Cu}(\text{chitosane})]^{2+}$ formés afin de déplacer l'équilibre chimique.

4.

4.1.

$$v_d = - \frac{d[\text{Cu}^{2+}]_{(t)}}{dt}$$

4.2.

La dérivée se calcul en trouvant le coefficient directeur de la tangente en un point de la courbe.

Annexe de la question 4.2. :

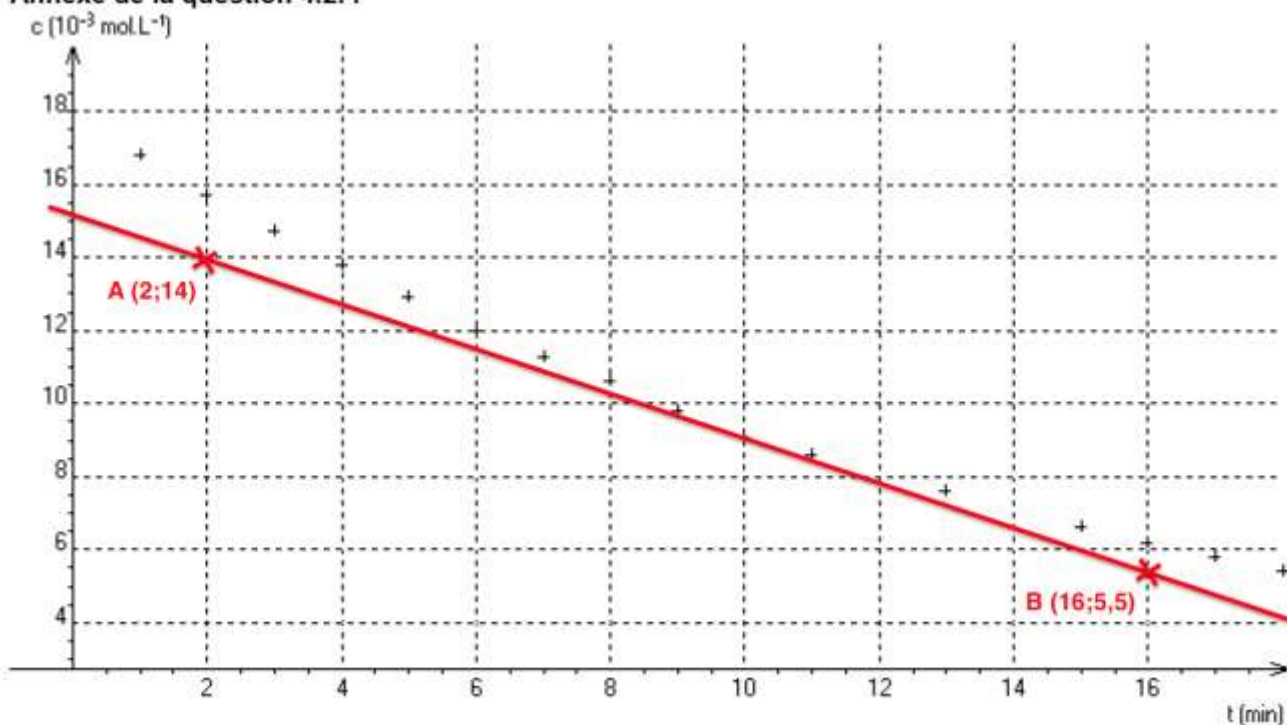


Figure 2. Évolution de la concentration C en ions Cu²⁺(aq) au cours du temps.

Par exemple t=10 min :

$$k = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$$

$$k = \frac{5,5 \cdot 10^{-3} - 14 \cdot 10^{-3}}{16 - 2} = -6,1 \cdot 10^{-4} \text{ mol. L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$v_{t=10 \text{ min}} = -\frac{d[S]_{(t)}}{dt} = -k$$

$$v_{t=600h} = 6,1 \cdot 10^{-4} \text{ mol. L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

4.3.

Le coefficient directeur de la tangente en un point de la courbe décroît au cours du temps ainsi la vitesse diminue au cours du temps.

Le facteur cinétique à l'origine de cette évolution est la concentration des réactifs qui diminue.

Annexe de la question 4.2. :

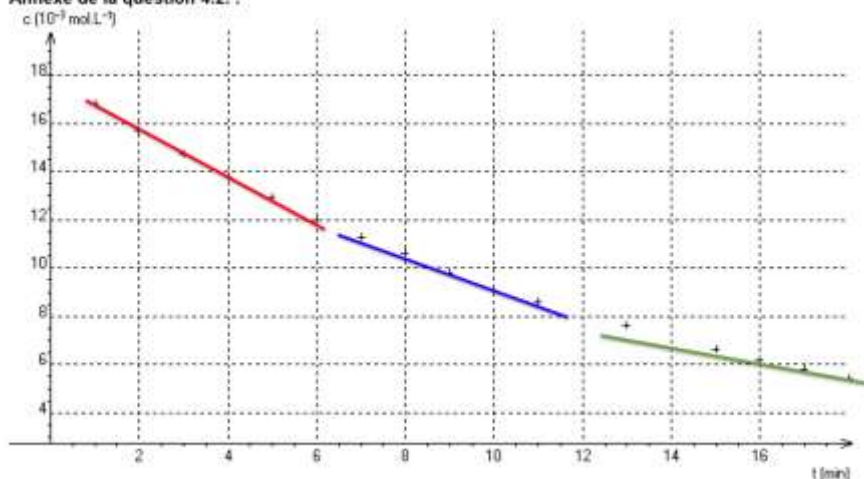


Figure 2. Évolution de la concentration C en ions Cu²⁺(aq) au cours du temps.

4.4.

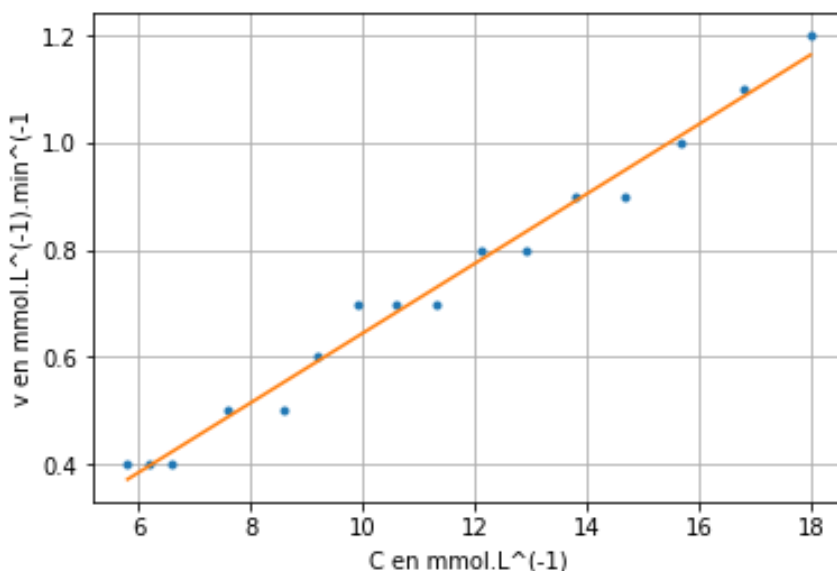
```
10 # Listes des valeurs expérimentales temps en min et concentration C en ions Cu2+(aq) en mmolL-1
11 t=[0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,13,15,16,17,18]
12 C=[18.0,16.8,15.7,14.7,13.8,12.9,12.1,11.3,10.6,9.9,9.2,8.6,7.6,6.6,6.2,5.8,5.4]
13
14 v=[]
15 t2=[]
16 i=0
17 while i<len(t)-1 :
18     t2.append(t[i])
19     v.append(-(C[i+1]-C[i])/(t[i+1]-t[i]))
20     i=i+1
```

Ligne 19 :

$$v = -\frac{C_{i+1} - C_i}{t_{i+1} - t_i}$$

Le calcul de la vitesse se fait en prenant le coefficient directeur entre deux points de la courbe et non de la tangente à la courbe : il s'agit donc d'une valeur approchée.

4.5.



l'équation de la droite affine modélisant le nuage de points est :
 $v = 0.065 C - 0.005$

Une vitesse d'ordre 1 est définie par $v = K \times C$

Ici

$$v = 0,065 C - 0,005$$

$v \approx 0,065 C$ en négligeant 0,005 de la modélisation qui est petit.

Ainsi la complexation des ions $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ peut être modélisée par une loi d'ordre 1.