

**DEVOIR TRIMESTRIEL**

**SCIENCES ET TECHNOLOGIES**

**DU LABORATOIRE**

**SERIE SPCL**

<p><b>SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES EN LABORATOIRE</b></p>
--

**Durée de l'épreuve : 2 heures**

**Coefficient : 4**

Le sujet comporte 7 pages numérotées de 1/7 à 7/7

**Le sujet est à rendre avec la copie**

*L'usage de la calculatrice est autorisé.*

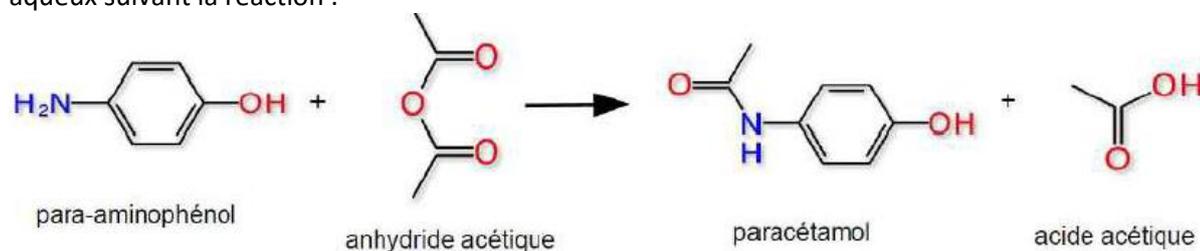
*La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part importante dans l'appréciation des copies.*

**EXERCICE1 : LE PARACETAMOL**

/7

**Première partie : Synthèse du produit brut**

Le paracétamol est un médicament qui se rapproche de l'aspirine par ses propriétés analgésiques et antipyrétiques. Il est dépourvu d'action anti-inflammatoire et ne présente pas les contre-indications de l'aspirine. On l'obtient par réaction entre le para-aminophénol et l'anhydride éthanoïque en milieu aqueux suivant la réaction :

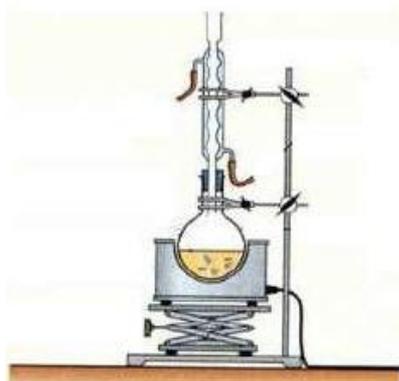
**Synthèse du paracétamol**

Dans un ballon à trois cols (ou tricol), muni d'une agitation mécanique, d'un réfrigérant à reflux et d'une ampoule de coulée, on introduit 10,9 g de para-aminophénol. Sous vive agitation, on ajoute rapidement 30 mL d'eau puis un peu plus lentement 20,4 mL d'anhydride éthanoïque. On porte l'ensemble à reflux pendant environ 20 minutes.

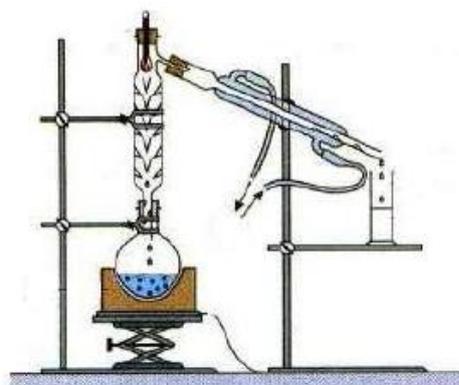
On refroidit puis on transvase dans un bécher. On place celui-ci dans un mélange eau-glace : le paracétamol précipite. On réalise une filtration sous vide, on lave à l'eau glacée. Après essorage et séchage sur papier filtre, le produit brut humide est placé à l'étuve à 80°C. On obtient alors une masse de produit brut sec P, mP = 10,8 g.

Après l'avoir purifié par recristallisation, on place le produit brut obtenu à l'étuve à 80 °C et on obtient une masse de produit finale mP2 = 7,5 g.

**1.1.** Lequel des deux montages suivants est un montage de chauffage à reflux ? Comment se nomme l'autre montage ?



Montage 1



Montage 2

**1.2.** Justifier l'état physique du para-aminophénol avant qu'il ne soit versé dans le ballon à trois cols (ou tricol).

**1.3.** Justifier l'apparition du précipité de paracétamol lors du refroidissement dans le bain de glace.

**1.4.** Quel est l'intérêt de procéder à une filtration sous vide ?

**Deuxième partie : Étude de la réaction**

**2.1.** À quelle catégorie de réaction appartient la réaction de synthèse du paracétamol ?

**2.2.** À l'aide des électronégativités, déterminer les polarisations des liaisons N-H et C=O. Justifier.

**2.3.** Sur les deux réactifs, préciser où se situent le site donneur et le site accepteur de doublets d'électrons.

**2.4.** Dessiner les flèches courbes illustrant la première étape du mécanisme réactionnel sur l'équation de réaction réécrite dans l'annexe.

2.5. Montrer que les quantités initiales de réactifs sont :

- $n_{\text{anhydride éthanoïque}} = 2,16 \cdot 10^{-1} \text{ mol}$  ;
- $n_{\text{para-aminophénol}} = 1,00 \cdot 10^{-1} \text{ mol}$ .

2.6. Préciser quel est le réactif limitant. Justifier.

2.7. En déduire la quantité de matière théorique  $n_{\text{th}}$ , de paracétamol susceptible d'être obtenue.

### Troisième partie : Calcul du rendement de la synthèse

3.1. Calculer la quantité de matière de paracétamol réellement obtenue.

3.2. En déduire le rendement  $\eta$  de cette synthèse.

### Données physico-chimiques

	$M \text{ (g.mol}^{-1}\text{)}$	$T_{\text{fusion}}$	
Para-aminophénol	109	187 °C	Solubilité dans l'eau 0,8 g dans 100 g à 20 °C 8,5 g dans 100 g à 100 °C
Paracétamol	150	170 °C	Solubilité dans l'eau 1 g dans 100 g à 20 °C 25 g dans 100 g à 100 °C
Anhydride éthanoïque	102	- 73 °C	Masse volumique 1,082 g.mL <sup>-1</sup>

Atome	C	N	O	H
Z	6	7	8	1
Électronégativité sur l'échelle de Pauling	2,5	3,0	3,5	2,2

### EXERCICE 2 : Diagramme binaire eau - acide nitrique

/5

1. Le mélange acide nitrique (HNO<sub>3</sub>) - eau forme un mélange binaire dont le diagramme isobare sous P = 1 bar est donné en annexe. La composition est donnée en fraction molaire.

1.1. Les constituants de ce mélange binaire sont-ils miscibles à l'état liquide ? Comment nomme-t-on le mélange correspondant au point A ? Quelles sont ses propriétés ?

1.2. Que vaut la température d'ébullition de l'acide nitrique ?

2. On fait chauffer un mélange liquide dont la composition est la suivante :  $n_{\text{HNO}_3} + n_{\text{H}_2\text{O}} = 4 \text{ mol}$  et  $n_{\text{HNO}_3} = 0,3 \text{ mol}$ .

2.1. A quelle température apparaît la première bulle de vapeur ? Quelle est sa composition ? Justifier graphiquement.

2.2. A quelle température disparaît la dernière goutte de liquide ? Justifier graphiquement.

2.3. On porte ce mélange à T = 110°C. Quelles sont les phases en présence à cette température ?

3. On effectue la distillation fractionnée de ce mélange liquide. Quel distillat obtient-on ? Quel résidu ? (on supposera la distillation fractionnée idéale).

### EXERCICE 3 : Oscillations libres et forcées

/8

Pour modéliser le ressort du système de suspension de voiture, un élève suggère d'utiliser un ressort de constante de raideur  $k$  (valeur indiquée par le fournisseur).

On rappelle que quand on exerce sur une extrémité d'un ressort suspendu une force  $\vec{F}$ , la déformation du ressort conduit à une variation de sa longueur  $\Delta L$  qui est proportionnelle à l'intensité  $F$  de la force, et on peut écrire :  $\vec{F} = k \cdot \Delta L$

Données :

$$K_{\text{constructeur}} = 40 \text{ N.m}^{-1}$$

$$m = 100 \text{ g}$$

longueur à vide du ressort:  $L_0 = 10,0 \text{ cm}$

Longueur du ressort quand on y a suspendu une masse  $m$ :  $L = 12,4 \text{ cm}$

$$g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$$

### A - Etude statique :

Dans un premier temps, cet élève se propose de vérifier la valeur de la constante de raideur du ressort.

**A-1** Ecrire le protocole expérimental qui va permettre à l'élève de vérifier la valeur de la constante de raideur du ressort donnée par le constructeur.

**A-2** A partir des données, calculer la valeur  $k'$  de la constante de raideur.

**A-3** Quelle est l'erreur relative commise par rapport à la valeur de  $k_{\text{constructeur}}$  indiquée par le fournisseur ?

### B - Etude dynamique :

Cet élève utilise ensuite un système d'acquisition de données schématisé figure 1.

Deux électrodes A et B, immobiles plongées dans la solution S, sont reliées aux bornes +5V et -5 V d'un générateur de tension (voir schéma ci-dessous). Une tige métallique t, recouverte d'un isolant sur toute sa longueur, est fixée à la masse  $m$ . Son extrémité E, légèrement dénudée de son isolant, suit donc exactement le mouvement de la masse  $m$ .

La mesure de la tension entre le point E et la borne 0V du générateur permet de détecter la position de E (le dispositif de mesure n'est pas représenté sur le schéma). Ainsi, il est possible de connaître la position de la masse  $m$  au cours des oscillations.

Après réglage des paramètres du logiciel d'acquisition, l'élève écarte la masse  $m$  vers le bas, de **1 cm**, et il laisse le système osciller librement.

Le déclenchement de l'acquisition se fait par le passage à la position d'équilibre. La courbe obtenue est en **annexe figure a**.

**B-1** Indiquer comment mesurer la période d'oscillations de la masse  $m$  suspendue au ressort et donner la valeur de cette période.

**B-2** Cette valeur est-elle en accord avec la valeur théorique  $T = 2\pi$

$$\sqrt{\frac{m}{k}} \text{ ?}$$

**B-3** On remplace la solution conductrice par une solution S' plus visqueuse. Dessiner sur la figure b de l'annexe (à remettre avec la copie) l'allure de la courbe obtenue après une nouvelle acquisition.

### C - Étude des oscillations forcées :

L'élève relie maintenant l'extrémité du ressort à un excentrique mis en mouvement par un moteur (**figure 2**) et réalise plusieurs enregistrements pour différentes vitesses de rotation du moteur mesurées par la fréquence de rotation  $f$  en Hertz.

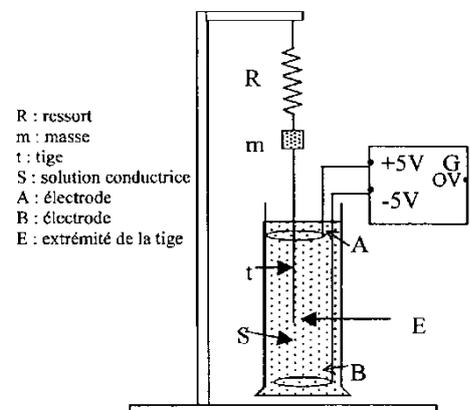


Figure 1

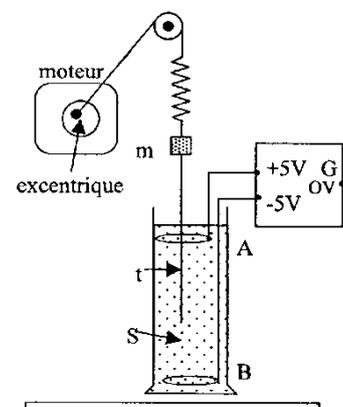


Figure 2

Il relève l'amplitude de chaque courbe enregistrée.

<b>f (Hz)</b>	1,5	2	2,5	2,8	3,1	3,2	3,3	3,6	4	4,5
<b><math>x_{\max}</math> (cm)</b>	0,4	0,6	1	1,5	2,1	2,3	2	1,5	1	0,7

**C-1** Quel nom donne-t-on au moteur muni de l'excentrique ?

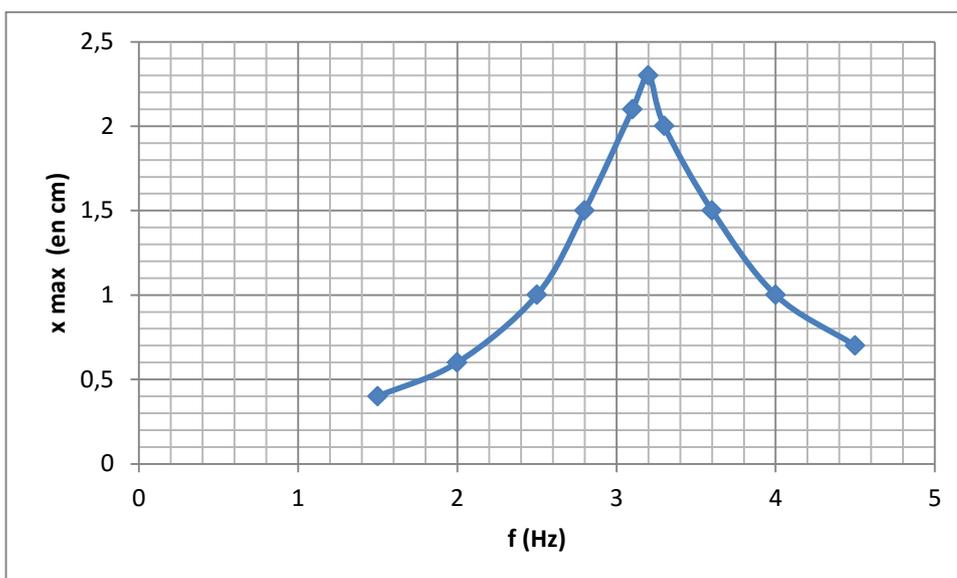
**C-2** Quel nom donne-t-on au système {ressort + masse} ?

**C-3** Quel phénomène obtient-on à  $f = 3,2$  Hz ?

**C-4** En déduire la période des oscillations à la résonance.

**C-5** Comparer cette période à celle des oscillations libres.

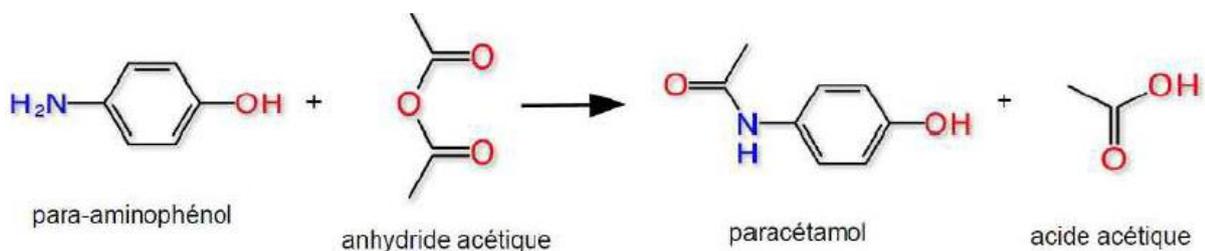
**C-6** L'élève a tracé l'évolution de l'amplitude  $x_{\max}$  en fonction de la fréquence de rotation du moteur  $f$  et a obtenu la courbe suivante :



a. Déterminer la bande passante à 3dB

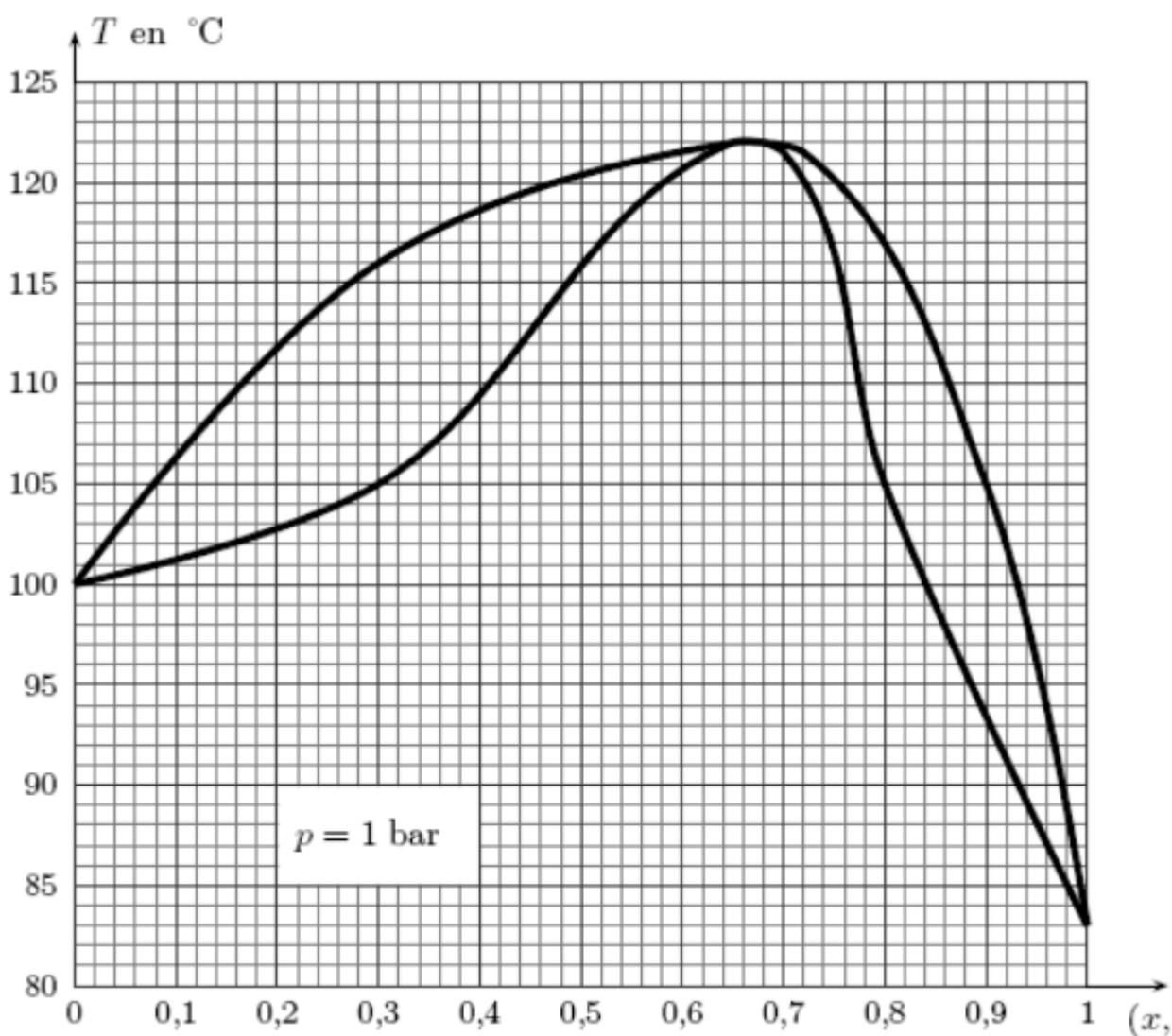
b. En déduire le facteur de qualité  $Q$

**ANNEXE**  
**EXERCICE 1:**



*Synthèse du paracétamol*

**EXERCICE 2:**



**DIAGRAMME ISOBARE DU MELANGE ACIDE NITRIQUE - EAU**

**EXERCICE 3:**

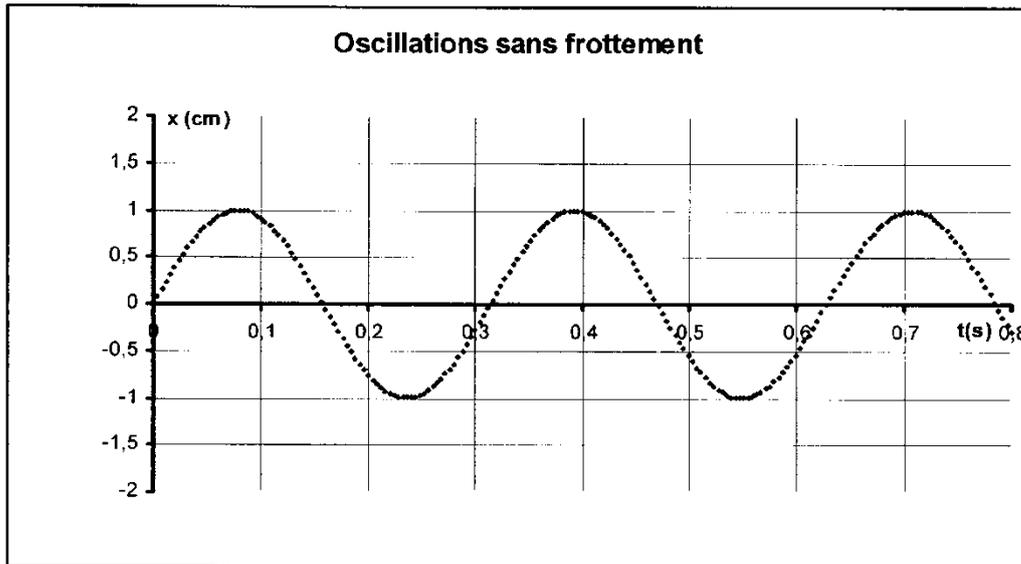


figure a

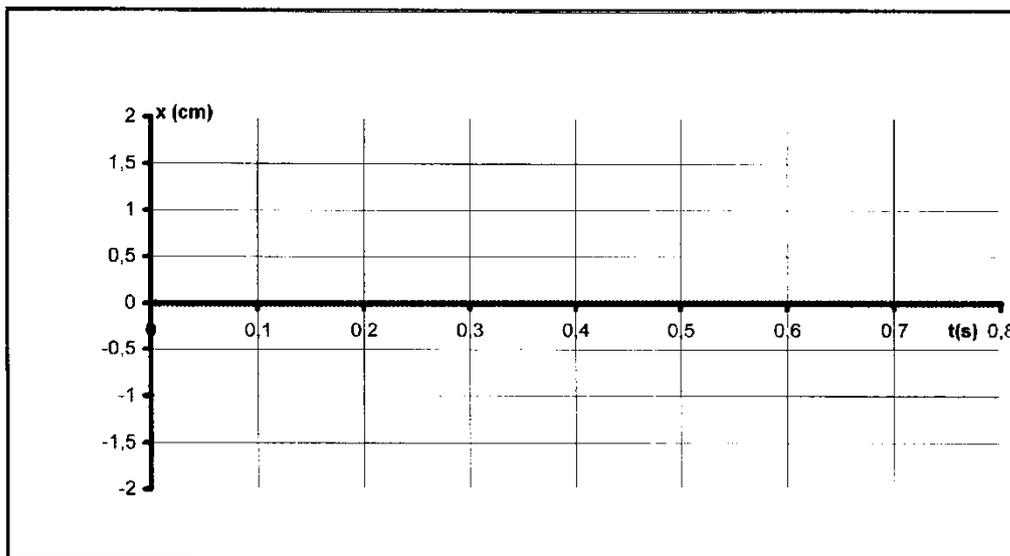


figure b