

DEVOIR TRIMESTRIEL

SCIENCES ET TECHNOLOGIES

DU LABORATOIRE

SERIE SPCL

<p>SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES EN LABORATOIRE</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.

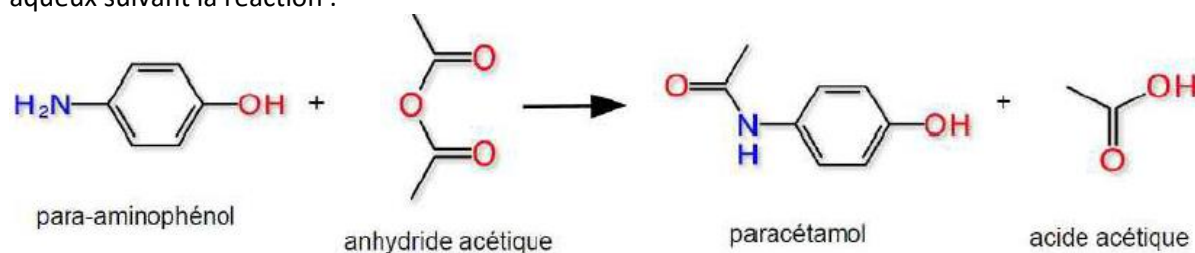
La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part importante dans l'appréciation des copies.

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 :

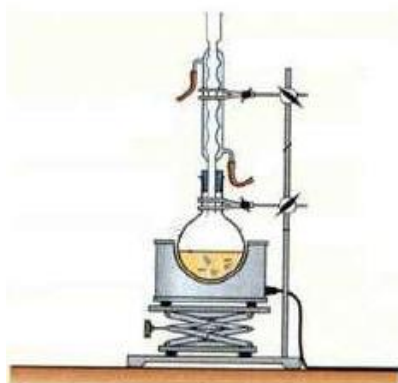
**Synthèse du paracétamol**

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.

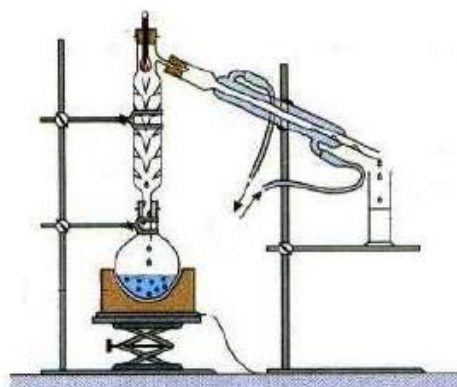
On refroidit puis on transvase dans un bécher. On place celui-ci dans un mélange eau-glace : le paracétamol précipite. On réalise une filtration sous vide, on lave à l'eau glacée. Après essorage et séchage sur papier filtre, le produit brut humide est placé à l'étuve à 80°C. On obtient alors une masse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

Données physico-chimiques

	$M \text{ (g.mol}^{-1}\text{)}$	T_{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 ⁻¹

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 (HNO₃) - 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 ΔL 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.

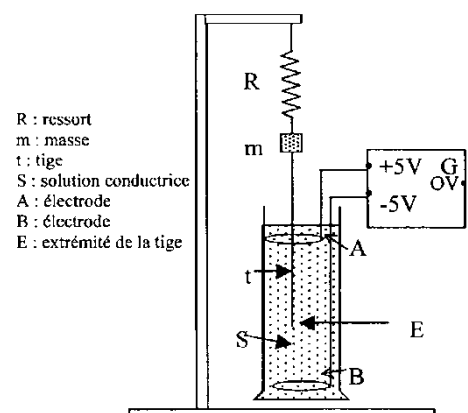


Figure 1

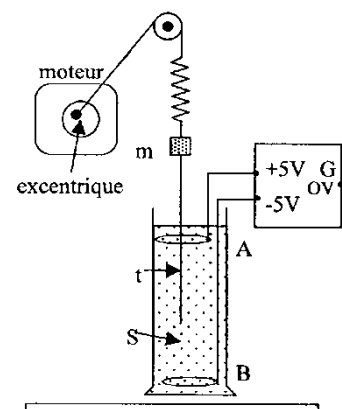


Figure 2

Il relève l'amplitude de chaque courbe enregistrée.

f (Hz)	1,5	2	2,5	2,8	3,1	3,2	3,3	3,6	4	4,5
x_{\max} (cm)	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 ?

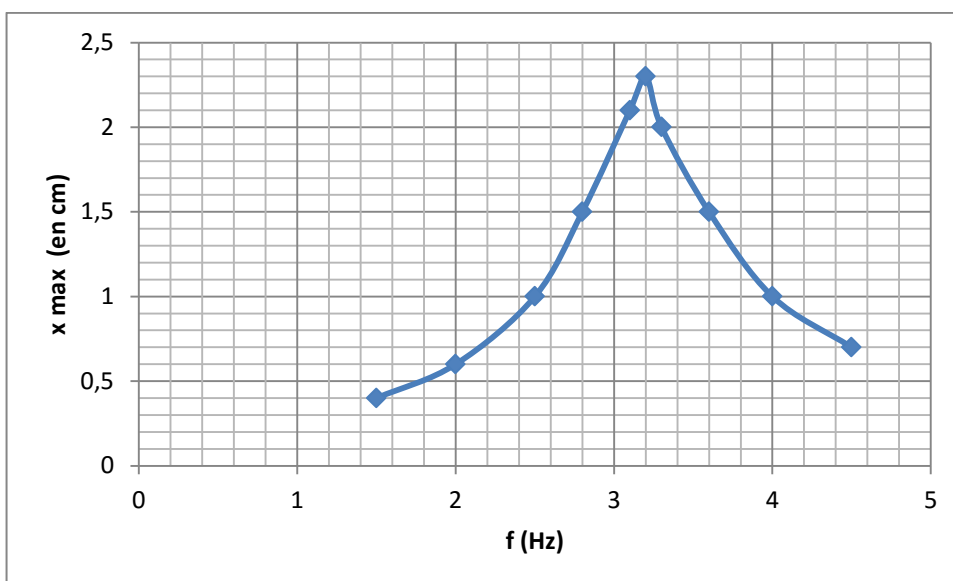
C-2 Quel nom donne-t-on au système {ressort + masse} ?

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.

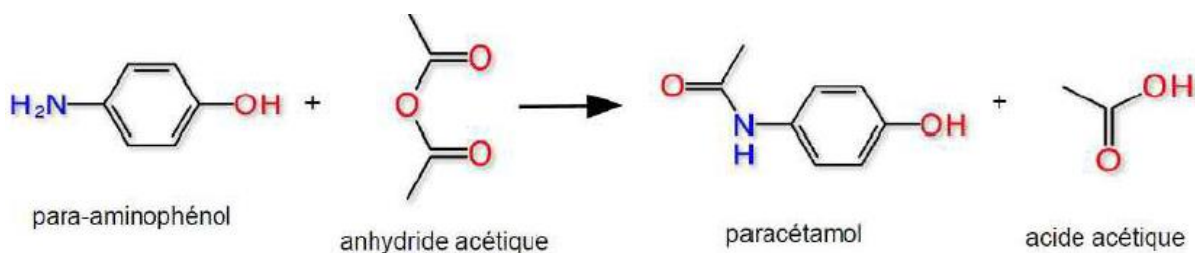
C-6 L'élève a tracé l'évolution de l'amplitude x_{\max} en fonction de la fréquence de rotation du moteur f et a obtenu la courbe suivante :



a. Déterminer la bande passante à 3dB

b. En déduire le facteur de qualité Q

ANNEXE
EXERCICE 1:



Synthèse du paracétamol

EXERCICE 2:

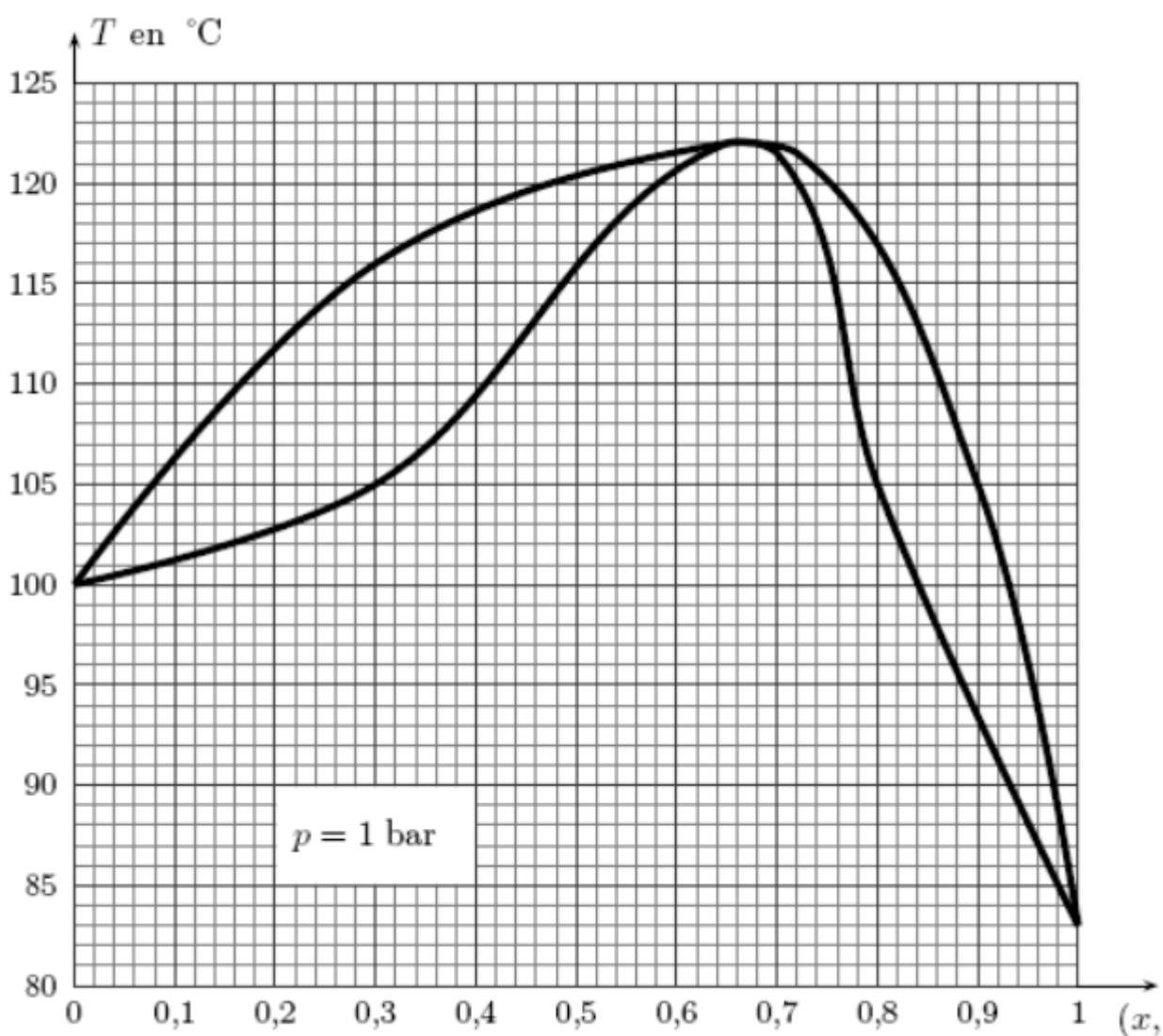


DIAGRAMME ISOBARE DU MELANGE ACIDE NITRIQUE - EAU

EXERCICE 3:

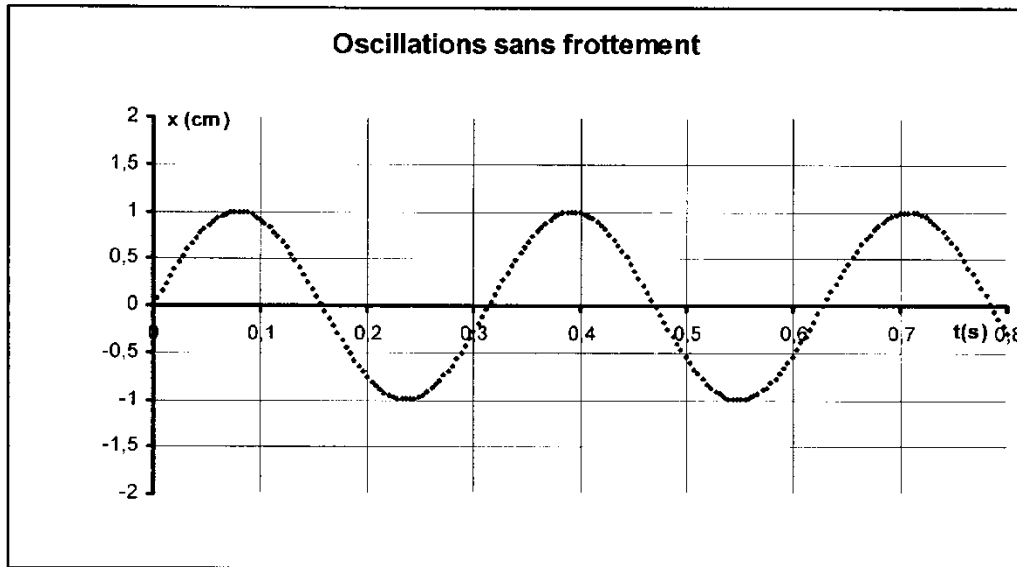


figure a

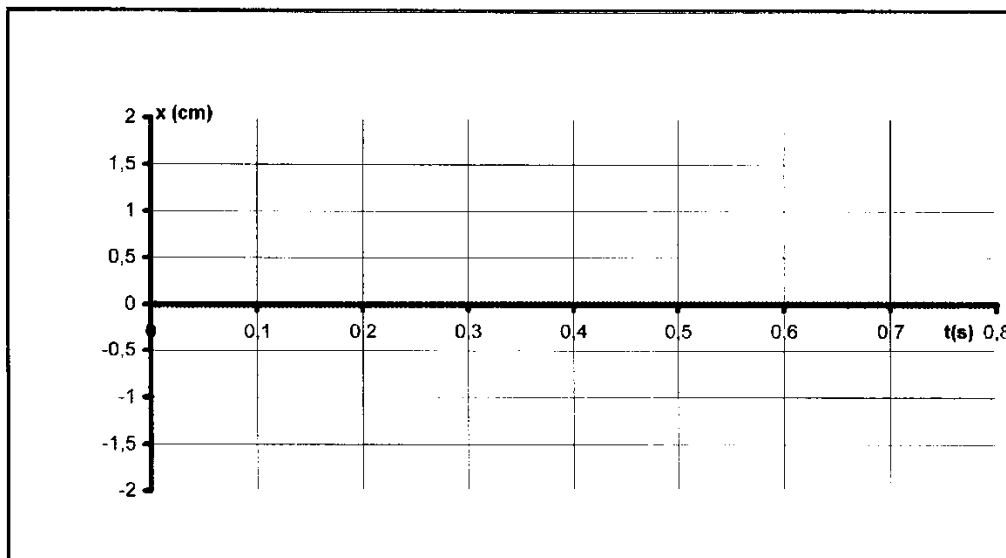


figure b