

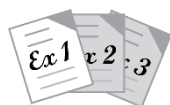
# Spécialité Physique – Chimie – Sujet A

Lundi 7 février 2022

Durée : 3h30 – calculatrice autorisée

Chacun des trois exercices est à rédiger sur une copie à part indiquant la classe et le nom du professeur de physique-chimie du candidat.

## Exercice 1 : Le sac tombe-t-il dans le trou ? – 10 points



Rappel : on rend 3 copies !

Cet exercice est à rédiger sur une copie séparée des deux autres, indiquant la classe et le nom du professeur de physique-chimie du candidat.

Le Cornhole, contraction des mots anglais « corn » et « hole » voulant dire « maïs » et « trou », est un jeu de plein air pratiqué entre autres aux États-Unis et au Canada.

Les règles de ce jeu sont assez simples. Chaque joueur est muni de quatre petits sacs contenant du maïs qu'il doit lancer en direction d'une planche inclinée par rapport à l'horizontale munie d'un trou circulaire et située environ à 8 mètres du joueur. La règle est la suivante :

- chaque fois qu'un sac retombe sur la planche, le joueur marque **un point** ;
- si le sac passe par le trou circulaire, le joueur marque **trois points** ;
- le premier joueur qui marque 21 points gagne la partie.



On étudie dans tout cet exercice le centre de masse  $G$  d'un sac de maïs. Pour simplifier l'étude on modélise un lancer de la manière suivante.

- On néglige l'inclinaison de la planche par rapport au sol.
- L'étude a lieu dans le référentiel terrestre, supposé galiléen, à partir de l'instant où le sac de maïs quitte la main du lanceur, pris comme origine des dates  $t = 0$ .
- On munit l'espace d'un repère  $(Ox, Oz)$  dont l'origine est au sol, à la verticale de la position occupée par  $G$  à  $t = 0$ .
- On note  $d$  la distance entre le lanceur et l'extrémité de la planche la plus proche de lui et  $H$  la hauteur de la position initiale de  $G$ .
- Le vecteur-vitesse initial est noté  $\vec{v}_0$  et fait un angle noté  $\alpha$  avec l'horizontale.

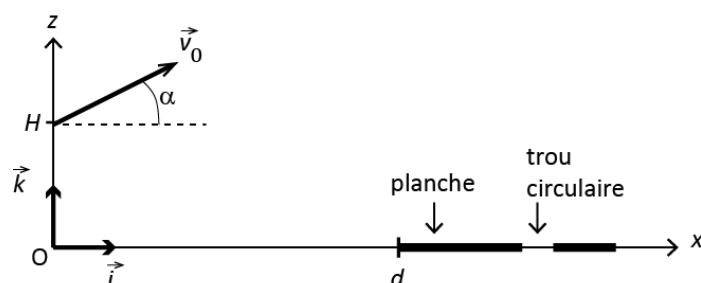


Fig 1 : modélisation de la situation

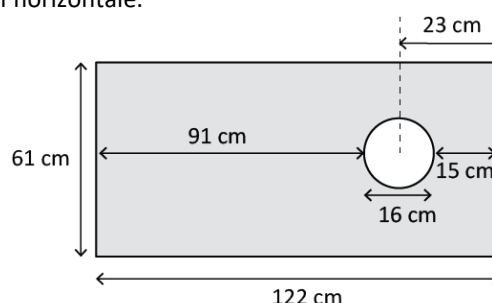


Fig 2 : dimensions de la planche

Données :

- intensité de la pesanteur terrestre :  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  ;
- masse du sac :  $m = 440 \text{ g}$ .

Dans la première partie de cet exercice on étudie le mouvement du centre de masse du sac dans l'hypothèse d'une chute libre. Dans la seconde partie ce modèle sera confronté à l'enregistrement d'un mouvement réel.

Les deux parties sont indépendantes.

1<sup>ère</sup> partie

Étude du mouvement dans l'hypothèse de la chute libre

On souhaite étudier la chute du sac au cours du temps. La situation est celle modélisée par la figure 1.

On souhaite établir les expressions littérales des grandeurs accélération, vitesse et position du sac lors de son mouvement, ainsi que les caractéristiques (vitesse initiale et direction initiale) nécessaires à la réussite d'un lancer valant trois points **dans l'hypothèse d'une chute libre**, c'est-à-dire en supposant que seul le poids soit non-négligeable.

1. Déterminer les expressions littérales des coordonnées  $a_x$  et  $a_z$  du vecteur accélération  $\vec{a}$  du centre de masse du sac suivant les axes  $Ox$  et  $Oz$ , dans l'hypothèse de la chute libre.

- En déduire les expressions littérales des équations horaires  $x(t)$  et  $z(t)$  de la position du centre de masse du sac au cours du mouvement.
- Montrer que l'équation littérale de la trajectoire du centre de masse du sac dans le repère d'espace  $(Ox, Oz)$  est :

$$z(x) = -\frac{1}{2}g \frac{x^2}{v_0^2 \cos^2(\alpha)} + x \tan(\alpha) + H$$

Qualifier cette trajectoire.

- Indiquer les paramètres initiaux de lancement sur lesquels le joueur peut avoir une influence et qui jouent un rôle pour la réussite d'un lancer à trois points.

Le joueur effectue un lancer. Vu les conditions initiales qu'il impose, l'équation de la trajectoire du centre de masse du sac a pour expression numérique, dans l'hypothèse de la chute libre (avec  $z$  et  $x$  exprimés en m) :

$$z(x) = -0,0842 \times x^2 + 0,625 \times x + 0,880$$

La distance  $d$  qui sépare l'origine  $O$  du repère d'espace et le bord de la planche est égale à  $d = 8,0$  m.

- Déterminer le nombre de point(s) marqué(s) par le joueur pour ce lancer (les dimensions de la planche sont données sur la figure 2, page 1).
- Déterminer une valeur possible de la vitesse initiale  $v_0'$  que le sac de maïs aurait dû avoir, avec le même angle  $\alpha$  que précédemment, pour tomber directement dans le trou. Commenter la valeur obtenue.  
*Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.*

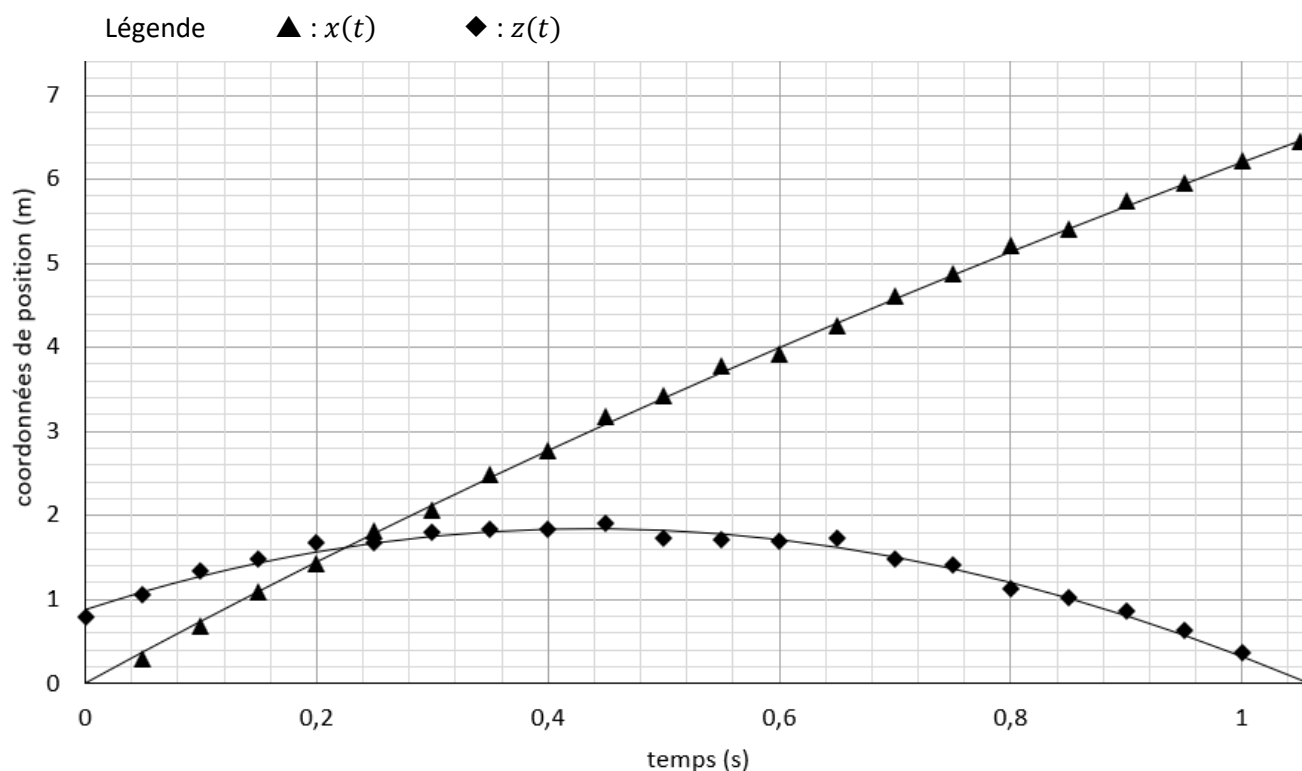
## 2<sup>ème</sup> partie

### Étude d'un mouvement réel

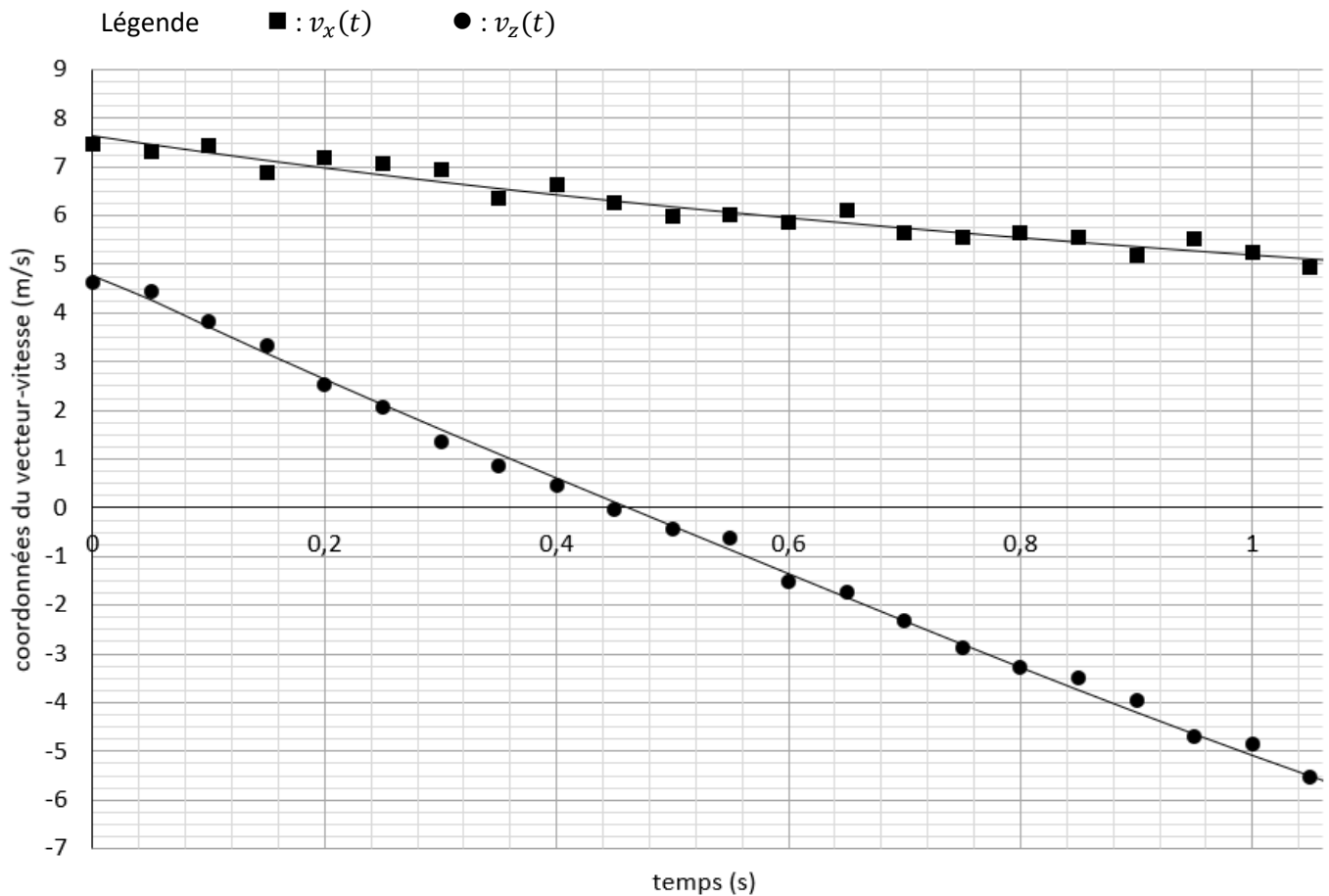
La première partie a montré que, dans l'hypothèse de la chute libre, le vecteur-accélération du sac de maïs devait être vertical, orienté vers le bas et de valeur  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .

Le mouvement *réellement effectué* par le sac de maïs a été filmé et étudié par pointage. Les coordonnées  $x(t)$  et  $z(t)$  du vecteur-position, ainsi que les coordonnées  $v_x(t)$  et  $v_z(t)$  du vecteur-vitesse, ont été représentées graphiquement. Les courbes obtenues sont données ci-dessous.

**Graphique n°1 : coordonnées du vecteur-position :**



## Graphique n°2 : coordonnées du vecteur-vitesse :



7. Exploiter l'une des courbes pour montrer, sans faire de calcul, que le modèle de la chute libre n'est pas parfaitement satisfait (plusieurs arguments sont possibles, on n'en attend qu'un seul).
8. Quelle force, négligée dans la 1<sup>ère</sup> partie, se révèle finalement non négligeable ? On précisera sa direction et son sens.
9. Exploiter les graphiques pour déterminer combien de point(s) le joueur a marqué en réalité suite à son lancer.
10. On admet, en première approximation, que les évolutions de  $v_x(t)$  et  $v_z(t)$  sont linéaires. Mesurer graphiquement la valeur de  $a_x$  (coordonnée horizontale du vecteur-accélération). La méthode sera précisée sur la copie.
11. La force  $\vec{f}$  évoquée à la question 9 possède deux coordonnées  $f_x$  et  $f_z$  mais  $f_z$  est négligeable devant  $f_x$ , on fait donc l'hypothèse simplificatrice :  $f_z \approx 0$ .  
Exploiter la deuxième loi de Newton pour calculer la valeur de la coordonnée  $f_x$ , puis la valeur de la force  $f$ .
12. On peut estimer la pertinence du modèle de la chute libre en calculant le rapport :

$$\frac{f}{P}$$

$P$  étant la valeur du poids du sac de maïs.

Calculer ce rapport et l'exploiter pour discuter la pertinence du modèle de la chute libre appliqué dans la partie 1.

Un(e) élève qui n'a pas résolu la question 11 pourra admettre la valeur approximative :  $f \approx 1 \text{ N}$ .

## Exercice 2 : cinétique de dismutation du peroxyde d'hydrogène – 5 points



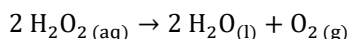
Rappel : on rend 3 copies !

Cet exercice est à rédiger **sur une copie séparée** des deux autres, indiquant la classe et le nom du professeur de physique-chimie du candidat.

L'eau oxygénée commerciale est une solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène utilisée comme désinfectant pour des plaies, pour l'entretien des lentilles de contact ou comme agent de blanchiment.

Le peroxyde d'hydrogène ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) intervient dans deux couples oxydant-réducteur :  $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) / \text{H}_2\text{O}(\text{l})$  et  $\text{O}_2(\text{g}) / \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$ .

Le peroxyde d'hydrogène est capable dans certaines conditions de réagir sur lui-même c'est-à-dire de se dismuter selon la réaction d'équation suivante :



1. Écrire les deux demi-équations d'oxydoréduction des deux couples auxquels le peroxyde d'hydrogène appartient.
2. Compléter le tableau d'avancement de la transformation chimique (**Tableau 1 de l'ANNEXE à remettre avec la copie**).

La réaction de dismutation du peroxyde d'hydrogène est une réaction totale et lente à température ordinaire mais sa vitesse initiale peut être augmentée en présence d'un catalyseur tel que les ions fer (III)  $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{3+}$  présents dans une solution de chlorure de fer (III), un fil de platine ou de la catalase, enzyme se trouvant dans le sang.

3. Donner la définition d'un catalyseur.
4. À quel type de catalyse correspond la catalyse réalisée par un fil de platine ? Justifier.

On réalise expérimentalement le suivi cinétique de la dismutation du peroxyde d'hydrogène en présence d'ions fer (III) :

- A la date  $t = 0$  s, on introduit quelques millilitres d'une solution de chlorure de fer (III) dans une solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène.
- Toutes les cinq minutes, on prélève un volume  $V$  du mélange réactionnel que l'on verse dans un bécher d'eau glacée.
- Pour chaque prélèvement, on réalise le titrage du peroxyde d'hydrogène par une solution de permanganate de potassium afin de déterminer la concentration en peroxyde d'hydrogène se trouvant dans le milieu réactionnel.

Le **graphique 1 en ANNEXE** représente l'évolution de la concentration en peroxyde d'hydrogène en fonction du temps.

5. Comment évolue la vitesse de la transformation chimique au cours du temps ? Justifier sans calcul.
6. Donner la définition du temps de demi-réaction  $t_{1/2}$ .
7. Déterminer graphiquement la valeur du temps de demi-réaction  $t_{1/2}$ .  
On indiquera les traits de construction permettant cette détermination sur le graphique 1 en ANNEXE.
8. Si la transformation chimique étudiée avait été réalisée à une température plus élevée, comment aurait évolué le temps de demi-réaction ? Justifier.
9. Déterminer graphiquement la vitesse initiale  $v_{\text{disp}}(\text{H}_2\text{O}_2)_{(t=0)}$  de disparition du peroxyde d'hydrogène.
10. Compléter le **tableau 2 en ANNEXE** avec la valeur de la vitesse initiale de disparition du peroxyde d'hydrogène.
11. Dans le **graphique 2** donné en **ANNEXE** représentant l'évolution de la vitesse de disparition du peroxyde d'hydrogène en fonction de la concentration en peroxyde d'hydrogène, placer le point correspondant au calcul précédent. Exploiter ce graphique pour déterminer si la réaction étudiée est d'ordre 1 par rapport au peroxyde d'hydrogène.

### Exercice 3 : Synthèse de la phénytoïne- 5 points



Rappel : on rend 3 copies !

Cet exercice est à rédiger **sur une copie séparée** des deux autres, indiquant la classe et le nom du professeur de physique-chimie du candidat.

Un dispositif de chauffage est nécessaire pour réaliser de nombreuses synthèses organiques. Le montage à reflux est couramment utilisé au laboratoire ou dans l'industrie. Cependant depuis les années 1980, les fours micro-ondes domestiques constituent une alternative.



L'objectif de cet exercice est d'étudier la synthèse d'un principe actif utilisé dans le traitement de l'épilepsie : la phénytoïne.

Les trois étapes de cette synthèse sont représentées ci-dessous :

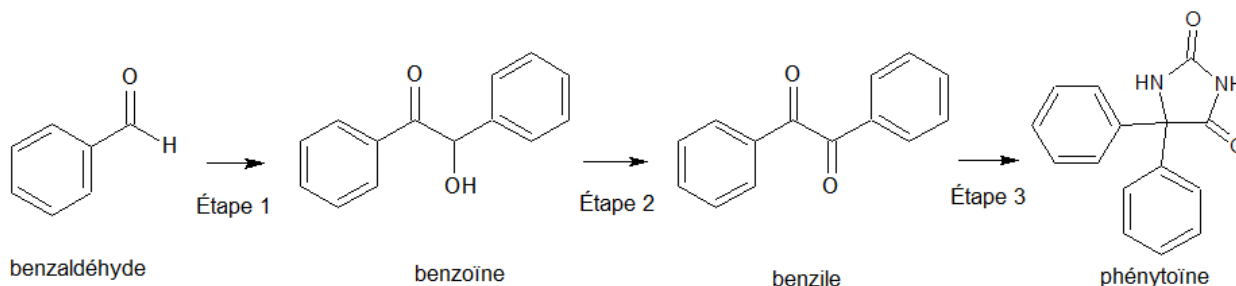


Figure 1. Schéma de synthèse de la phénytoïne

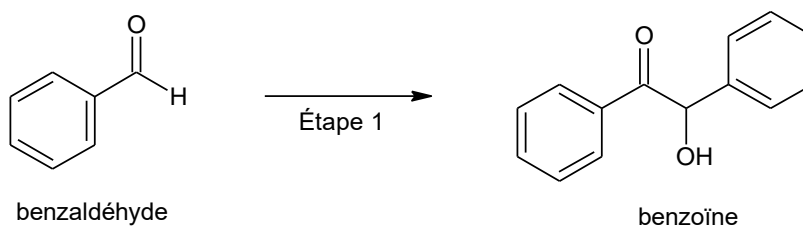
Données :

Espèce chimique	Hydroxyde de potassium	Urée	Benzile	Phénytoïne
Formule brute	KOH	CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	C <sub>15</sub> H <sub>12</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
Masse molaire en g·mol <sup>-1</sup>	56,1	60,1	210,2	252,3

#### 1ère partie

##### Préparation de la bezoïne (étape 1)

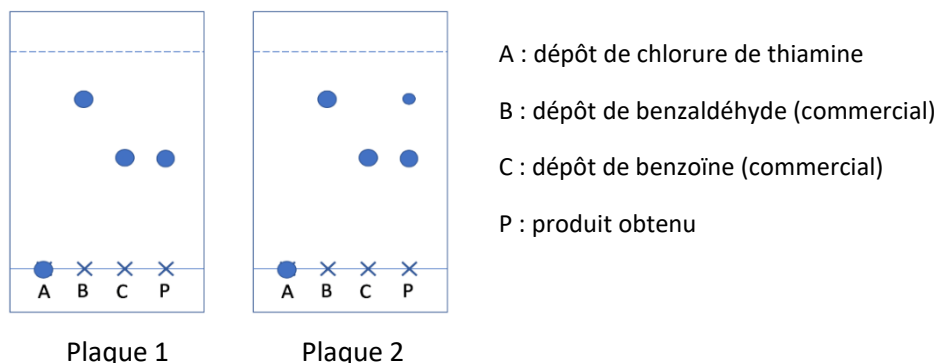
On utilise un four à micro-ondes pour réaliser l'étape 1 de la synthèse qui est catalysée par le chlorure de thiamine.



Le protocole expérimental simplifié est le suivant :

- dans un erlenmeyer de 100 mL, introduire 1,35 g de chlorure de thiamine, environ 4 mL d'eau, 15 mL d'éthanol à 95 %, 7,0 mL d'une solution aqueuse d'hydroxyde de potassium (K<sup>+</sup>(aq) ; HO<sup>-</sup>(aq)) de concentration 1,1 mol·L<sup>-1</sup> puis agiter à température ambiante ;
- ajouter 2,0 mL de benzaldéhyde ;
- recouvrir d'un entonnoir et chauffer à l'aide d'un four à micro-ondes pendant 1 min à la puissance de 600 W, sortir du four et laisser cristalliser à température ambiante puis refroidir dans un bain eau-glace ;
- filtrer sur Büchner, laver les cristaux avec de l'eau glacée et les rincer avec un mélange refroidi eau-éthanol ; on obtient des cristaux blancs ;
- purifier le produit à l'aide d'une recristallisation dans l'éthanol

On réalise deux chromatographies sur couche mince (CCM) des cristaux obtenus : une avant l'étape de recrystallisation et une après cette étape. L'éluant utilisé est un mélange d'éther de pétrole et d'acétate d'éthyle. La révélation s'effectue sous une lampe UV, et les dépôts proviennent de solutions diluées d'un facteur 100 dans l'acétate d'éthyle.



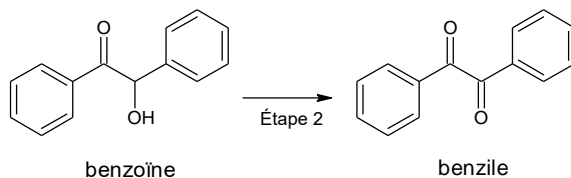
**Figure 2. Reproduction des plaques de chromatographie sur couche mince (CCM) avant et après purification**

1. Recopier la formule topologique de la benzoïne sur la copie. Entourer les groupes caractéristiques et nommer les familles fonctionnelles correspondantes.
2. Déterminer la valeur de la masse d'hydroxyde de potassium solide à prélever pour préparer les 100,0 mL de solution aqueuse d'hydroxyde de potassium utilisée dans l'étape a.
3. Donner l'état physique du produit obtenu à la fin de l'étape c du protocole expérimental.
4. Indiquer la plaque qui correspond à la CCM effectuée avant la purification. Justifier.
5. Proposer une autre méthode d'identification du produit obtenu en fin de synthèse.

## 2<sup>ème</sup> partie

### Préparation du benzile (étape 2)

L'étape 2 de la synthèse est une oxydation de la benzoïne qui permet de former du benzile.

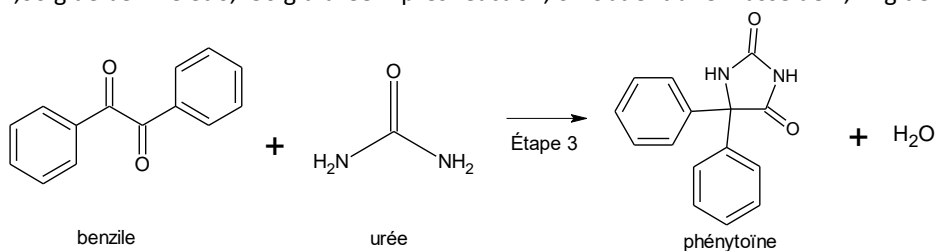


6. Donner la formule brute de la benzoïne.
7. Justifier, à partir de la demi-équation électronique associée au couple oxydant / réducteur benzile / benzoïne, que l'étape 2 correspond bien à une oxydation de la benzoïne.

## 3<sup>ème</sup> partie

### Préparation de la phénytoïne (étape 3)

L'étape 3 de la synthèse se réalise également à l'aide d'un four à micro-ondes, en milieu basique, en utilisant l'éthanol comme solvant. On introduit 1,00 g de benzile et 0,450 g d'urée. Après réaction, on obtient une masse de 1,11 g de phénytoïne.



**Figure 3. Équation de réaction modélisant l'étape 3 de la synthèse**

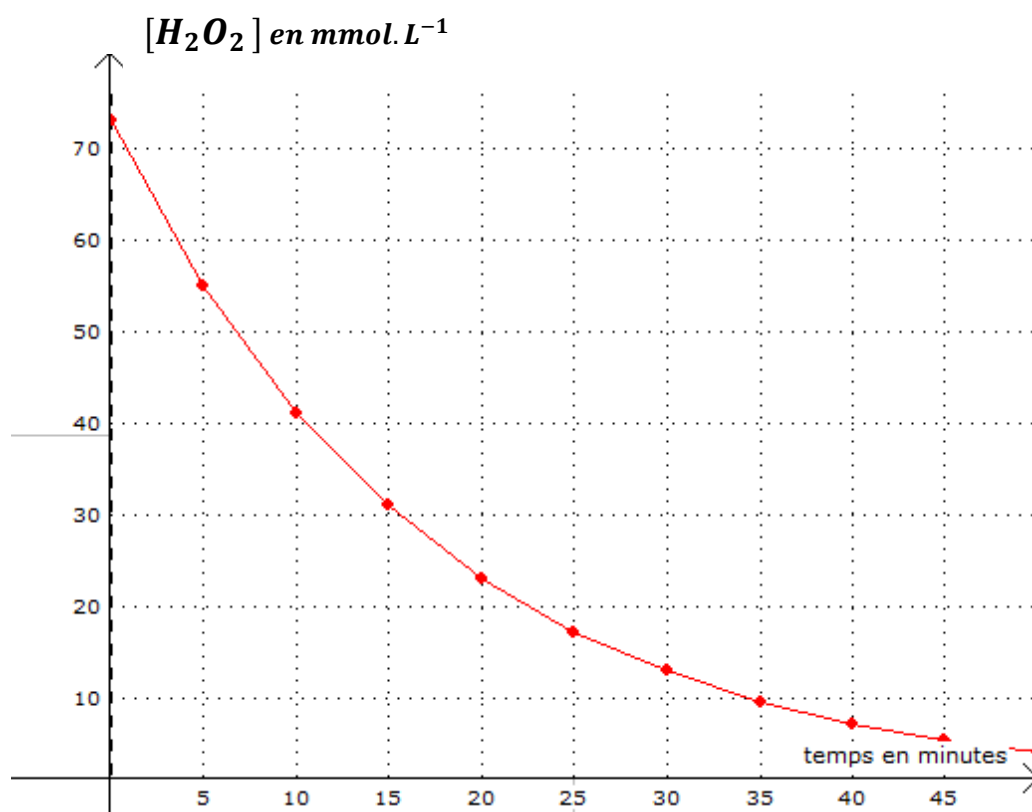
8. Calculer le rendement de l'étape 3 de la synthèse de la phénytoïne.

## ANNEXE – Exercice 2

**Tableau 1 : Tableau d'avancement de la transformation chimique**

Équation de la réaction :		$2 \text{H}_2\text{O}_{2(aq)} \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{O}_{2(g)}$		
État du système	Avancement (en mol)	Quantités de matière (en mol)		
État initial	$x = 0$	$n_{(\text{H}_2\text{O}_2)_0}$		$n_{(\text{O}_2)_0} = 0$
État en cours de transformation	$x$			
État final	$x_f$			

**Graphique 1 : Evolution de la concentration en peroxyde d'hydrogène en fonction du temps**



**Tableau 2 : Vitesses de disparition du peroxyde d'hydrogène en fonction du temps**

$t \text{ (min)}$	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
$[\text{H}_2\text{O}_2]$ en $\text{mmol.L}^{-1}$	73	55	41	31	23	17	13	9,6	7,2	5,4
$v_{\text{disp}}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en $\text{mmol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$		3,2	2,4	1,8	1,4	1,0	0,74	0,58	0,42	0,32

Graphique 2 : Evolution de la vitesse de disparition du peroxyde d'hydrogène en fonction de la concentration en peroxyde d'hydrogène

