Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + Physique, veuillez visiter :
bac-maths-physique.fr/annales-sujets-et-corriges

Bac Mars 2021 Métropole EXERCICE 1 commun à tous les candidats (10 points)
CORRECTION © http://labolycee.org
LE JEU DU CORNHOLE

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.



Extrait du site Internet www.quora.com

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. À 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 cet exercice les aspects énergétiques du lancer du sac puis le mouvement du centre de masse du sac dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

Données :

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

Un joueur se place à une distance d de la planche afin de réaliser un lancer de son sac de maïs. La situation est représentée sur la figure 1 ci-dessous. Afin de simplifier l'étude, la planche est considérée quasi-horizontale. Dans le repère d'espace (Ox, Oz) muni des vecteurs unitaires $\vec{i}$ et $\vec{k}$, le sac de maïs est lancé, depuis une hauteur initiale H, avec une vitesse initiale dont le vecteur $\overrightarrow{v_0}$ est incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale. On s'intéresse au mouvement du centre de masse G du sac. L'axe (Oz) du repère d'espace est vertical.

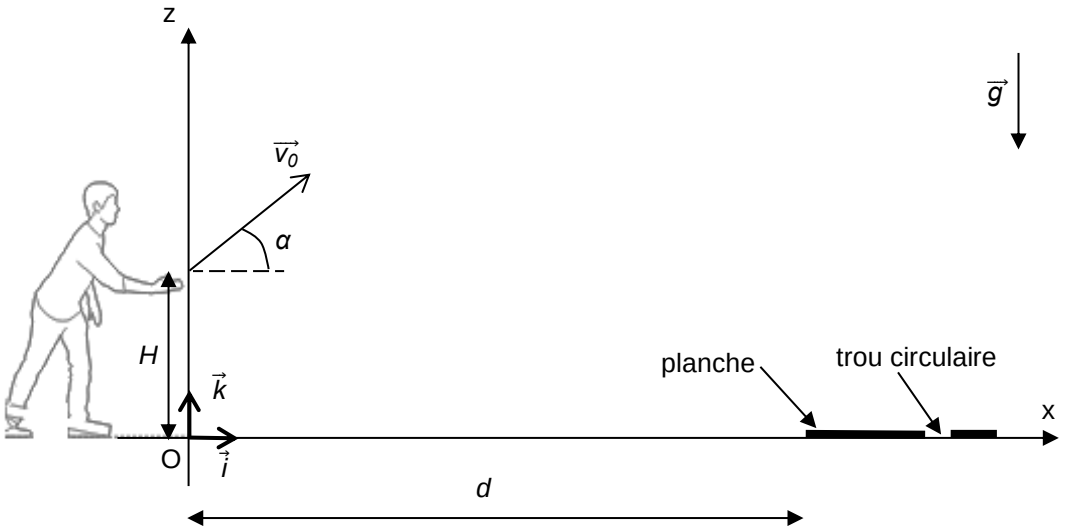


Figure 1. Schéma représentant la situation du lancer du sac

1. Étude énergétique

Le mouvement complet du sac est filmé puis étudié à l'aide d'un logiciel de pointage. Les données de la partie ascendante du mouvement sont traitées à l'aide d'un programme écrit en langage python (extrait en figure 2) qui permet de représenter l'évolution au cours du temps des énergies cinétique (E_c), potentielle de pesanteur (E_{pp}) et mécanique (E_m) du sac (figure 3).

```
12  #Calcul des énergies
13  m=0.440
14  g=9.81
15  ? = (vx**2 + vz**2)**(1/2)
16  ? = 0.5*m*v**2
17  ? = m*g*z
18  ? = 0.5*m*v**2 + m*g*z
19
```

Figure 2. Extrait du programme écrit en langage python

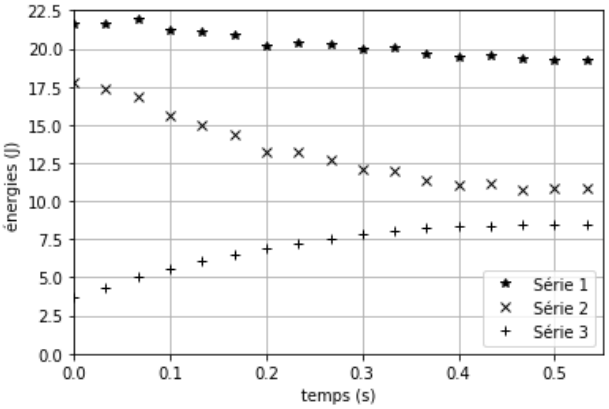


Figure 3. Évolution des énergies cinétique, potentielle de pesanteur et mécanique du sac au cours du temps obtenue à l'aide du programme écrit en langage python

1.1 Identifier les grandeurs calculées dans l'extrait du programme écrit en langage python (figure 2) aux lignes 15, 16, 17 et 18.

(1 pt) Ligne 15 ? = (vx2 + vz**2)**(1/2)** **Calcul de la vitesse v =** $\sqrt{v_x^2 + v_z^2}$

Ligne 16 ? = 0.5*m*v2** **Calcul de l'énergie cinétique** $\frac{1}{2}.m.v^2$

Ligne 17 ? = m*g*z **Calcul de l'énergie potentielle de pesanteur $E_{pp} = m.g.z$**

Ligne 18 ? = 0.5*m*v2 + m*g*z** **Calcul de l'énergie mécanique $E_m = E_C + E_{PP}$**

1.2 Exploitation de la figure 3

1.2.1 En justifiant votre choix, attribuer à chaque série l'énergie qui lui correspond.

(1 pt) L'étude porte sur la partie ascendante du mouvement ainsi l'altitude *z* augmente donc E_{PP} augmente et correspond à la série 3.

La vitesse diminue, donc l'énergie cinétique aussi et correspond à la série 2.

Enfin l'énergie mécanique correspond à la somme $E_C + E_{PP}$ représentée par la série 1.

1.2.2 Expliquer en quoi les résultats expérimentaux permettent de considérer que l'action de l'air sur le sac n'est pas négligeable devant le poids du sac.

(0,5 pt) L'énergie mécanique diminue au cours du temps, ce qui montre que les frottements de l'air ne sont pas négligeables face à la force poids du sac.

1.2.3 Estimer la valeur de la vitesse initiale v_0 du centre de masse du sac.

On lit sur la figure 3, la valeur de l'énergie cinétique initiale $E_{C0} = \frac{1}{2}.m.v_0^2$ = 17,8 J

$$v_0 = \sqrt{\frac{2E_{C0}}{m}}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2\times 17,8}{0,440}} = 9,00 \text{ m.s}^{-1}$$

1.2.4 Estimer la valeur de l'altitude initiale *H* du centre de masse du sac. Commenter.

On lit sur la figure 3, la valeur de l'énergie potentielle initiale $E_{PP0} = m.g.H = 3,8$ J

$$H = \frac{E_{PP0}}{m.g}$$

$$H = \frac{3,8}{0,440 \times 9,81} = 0,88 \text{ m}$$

Cette valeur semble correcte, la figure 1 montre que H est environ à mi-hauteur du joueur.

2. Étude du mouvement du sac après le lancer

On souhaite étudier la chute du sac au cours du temps. La situation est toujours représentée sur la figure 1. Les frottements ne seront pas pris en compte dans cette partie.

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.

Les dimensions de la planche sont précisées sur la figure 4 ci-dessous :

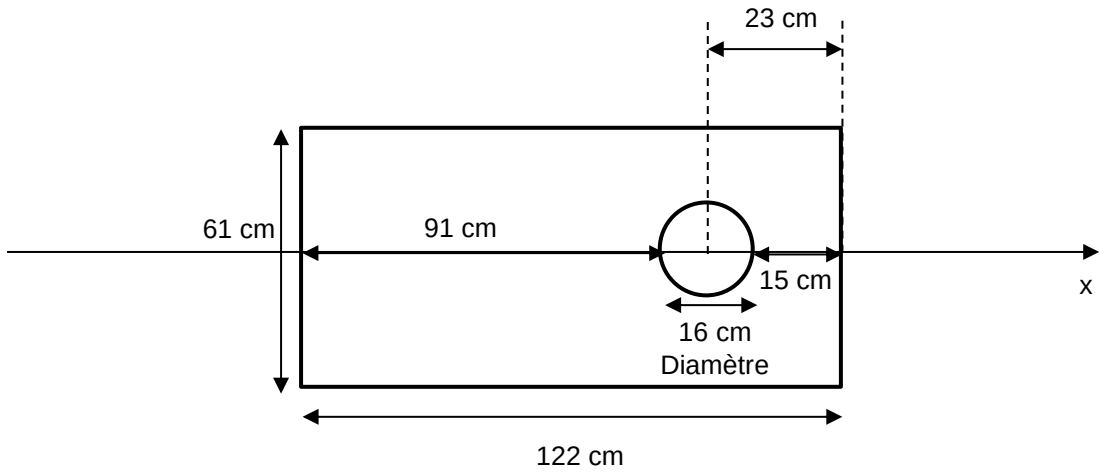


Figure 4. Dimensions de la planche de Cornhole

2.1. 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.

(1 pt) On applique la deuxième loi de Newton $\Sigma\overrightarrow{F_{Ext}} = m.\vec{a}$ au système {sac} dans le référentiel sol supposé galiléen.
Le système n'est soumis qu'à la force poids.

$\vec{P} = m.\vec{a}$ **.**

$m.\vec{g} = m.\vec{a}$

$\vec{a} = \vec{g}$

En projection selon les axes Ox et Oz du repère choisi et compte tenu du sens du vecteur $\vec{g}$ indiqué sur le schéma il vient :

$$\vec{a}\begin{cases} a_x = g_x = 0 \\ a_z = g_z = -g \end{cases}$$

2.2. 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.

(2 pts) $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ **donc** $a_x = \frac{dv_x(t)}{dt}$ **et** $a_z = \frac{dv_z(t)}{dt}$

Ainsi en primitivant on obtient $\vec{v}\begin{cases} v_x(t) = Cte_1 \\ v_z(t) = -g.t + Cte_2 \end{cases}$

On détermine les constantes avec les conditions initiales.

Coordonnées du vecteur vitesse initiale $\vec{v}_0$ **:** $\vec{v}_0\begin{cases} v_{0x} = v_0.\cos\alpha \\ v_{0z} = v_0.\sin\alpha \end{cases}$

Compte tenu du vecteur vitesse initiale $\vec{v}_0 = \vec{v}(t=0)$ **on a :**

$v_0.\cos\alpha = Cte_1$

$v_0.\sin\alpha = 0 + Cte_2$

Finalement : $\vec{v}\begin{cases} v_x(t) = v_0.\cos\alpha \\ v_z(t) = -g.t + v_0.\sin\alpha \end{cases}$

À chaque instant $\vec{v} = \frac{d\overrightarrow{OM}}{dt}$ **donc** $v_x = \frac{dx(t)}{dt}$ **et** $v_z = \frac{dz(t)}{dt}$

En primitivant on obtient $\overrightarrow{OM}\begin{cases} x(t) = v_0.\cos\alpha.t + Cte_3 \\ z(t) = -\frac{1}{2}g.t^2 + v_0.\sin\alpha.t + Cte_4 \end{cases}$

Conditions initiales, à t = 0 s, le projectile est au point de coordonnées ($x(0) = 0$; $z(0) = H$) donc :

$0 + Cte_3 = 0$

$0 + 0 + Cte_4 = H$

Finalement, on obtient les équations horaires $\overrightarrow{OM}\begin{cases} x(t) = v_0.\cos\alpha.t \\ z(t) = -\frac{1}{2}g.t^2 + v_0.\sin\alpha.t + H \end{cases}$

2.3. Montrer que l'équation littérale de la trajectoire du centre de masse du sac dans le repère d'espace (Ox, Oz) est :

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

Qualifier cette trajectoire.

(0,75 pt) $t = \frac{x(t)}{v_0.\cos\alpha}$

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

$z(x) = -\frac{1}{2}.g.\frac{x^2}{{v_0}^2.\cos^2\alpha} + \tan\alpha.x + H$ **Cette trajectoire est une parabole.**

2.4. 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.

(0,5 pt) Le joueur peut modifier la vitesse initiale v_0, l'angle α et l'altitude de départ H.

Le joueur effectue un premier lancer. L'équation de la trajectoire du centre de masse du sac a pour expression numérique : $z(x) = -0{,}0842\,x^2 + 0{,}625\,x + 0{,}880$ avec x et z en m

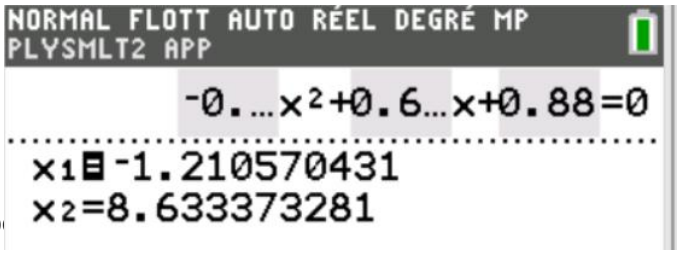
La distance d qui sépare l'origine O du repère d'espace et le bord de la planche est égale à $d = 8{,}0$ m.

2.5. Déterminer le nombre de point(s) marqué(s) par le joueur pour ce lancer.

(1pt) Déterminons l'abscisse x à laquelle le sac touche le sol $z = 0$ m.
$0 = -0{,}0842\,x^2 + 0{,}625\,x + 0{,}880$
$\Delta = 0{,}625^2 + 4\times0{,}0842\times0{,}880 = 0{,}687009$

$x_1 = \dfrac{-0{,}625+\sqrt{0{,}687009}}{-2\times0{,}0842} = -1{,}21$ m **$x_2 = \dfrac{-0{,}625-\sqrt{0{,}687009}}{-2\times0{,}0842} = 8{,}6$ m**

On peut aussi utiliser la calculatrice pour résoudre cette équation. Voir ce tutoriel http://acver.fr/ti2nddeg



On ne retient que la solution positive
$x_2 = 8{,}6$ m
Pour tomber dans le trou, il faudrait que
$8{,}0 + 0{,}91 < x < 8{,}0 + 0{,}91 + 0{,}16$ m
$8{,}91 < x < 9{,}07$ m
Le sac arrive sur la planche car $x > 8{,}0$ m, mais ne tomb
Le joueur marque 1 point.

2.6. Le joueur effectue un second lancer en conservant le même angle de tir α, la même hauteur initiale H mais en modifiant la valeur de la vitesse initiale par rapport au premier lancer.

Déterminer une valeur possible de la nouvelle vitesse initiale v_0 , afin que le sac tombe 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.

(1 pt) On reprend l'équation de la trajectoire $z(x) = -\dfrac{1}{2}.g.\dfrac{x^2}{{v_0}^2.\cos^2\alpha} + \tan\alpha.x + H$ **,**

On cherche v_0 avec $x = 9{,}0$ m et $z = 0$.
Il faut déterminer α et H.
On avait $z(x) = -0{,}0842\,x^2 + 0{,}625\,x + 0{,}880$, donc par analogie $\tan\alpha = 0{,}625$ et $H = 0{,}88$ m.
$\alpha = \arctan(0{,}625)$
$\alpha = 32{,}0°$

$$0 = -\frac{1}{2}\times9{,}81\times\frac{9{,}0^2}{{v_0}^2.\cos^2 32} + \tan 32\times9{,}0 + 0{,}880$$

$$0 = -\frac{552}{{v_0}^2} + 5{,}625 + 0{,}880$$

$$0 = -\frac{552}{{v_0}^2} + 6{,}505$$

$$\frac{552}{{v_0}^2} = 6{,}505$$

$$\frac{552}{6{,}505} = {v_0}^2$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{552}{6{,}505}}$$ **= 9,21 m.s^{-1}**

$V_0 = 9{,}21\times3{,}6 = 33{,}2$ km.h^{-1}
Cette valeur est élevée et on comprend la difficulté de ce sport car il faut allier force (pour atteindre une vitesse initiale suffisante) et précision (pour maitriser le geste et adapter α et H).

Bac Mars 2021 Métropole **Correction © http://labolycee.org**

EXERCICE A - UN INDICATEUR COLORÉ NATUREL ISSU DU CHOU ROUGE (5 points)

Mots-clés : réactions acide-base ; dosage par titrage

Les anthocyanes sont des espèces chimiques responsables de la couleur de nombreux végétaux comme le chou rouge, l'hortensia ou encore l'aubergine. Une des propriétés remarquables des anthocyanes est que leur couleur en solution dépend fortement du pH de la solution.

Dans cet exercice, on se propose de modéliser un indicateur coloré naturel contenant des anthocyanes pour pouvoir l'utiliser lors du titrage d'un lait fermenté.

Données :

- numéros atomiques des éléments hydrogène, carbone et oxygène :

Élément chimique	H	C	O
Numéro atomique	1	6	8

- constante d'acidité à 20°C du couple acide lactique / ion lactate : $K_A = 10^{-3,9}$;
- masse molaire de l'acide lactique : $M_{AH} = 90,1\ g{\cdot}mol^{-1}$;
- l'acidité Dornic d'un lait, exprimée en degré Dornic de symbole °D, est reliée à la concentration en masse d'acide lactique dans ce lait en considérant qu'il est le seul acide présent : 1,0 °D correspond à une concentration en masse en acide lactique égale à $0,10\ g{\cdot}L^{-1}$.

1. Modélisation d'un indicateur coloré naturel issu du chou rouge

La couleur du chou rouge est principalement due à la présence d'une vingtaine d'anthocyanes différentes. Pour comprendre l'influence du pH du milieu sur la couleur, on modélise ce mélange complexe d'espèces chimiques par une seule espèce chimique, la cyanidine (figure 1), dont la structure est commune à toutes les anthocyanes.

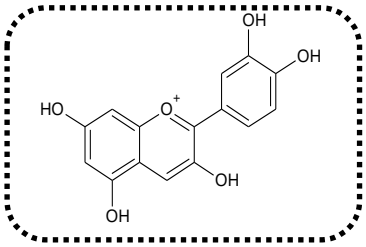
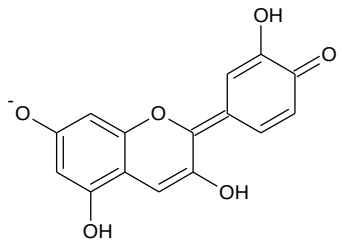
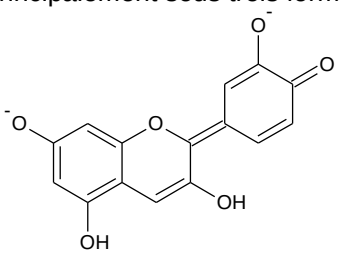


Figure 1. Formule topologique de la cyanidine

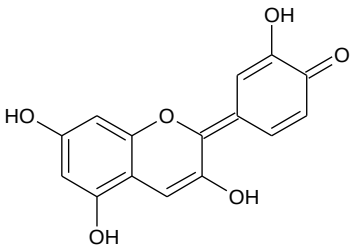
On limite la modélisation à des milieux où le pH est compris entre 4,5 et 9,0.
Dans cet intervalle, la cyanidine existe principalement sous trois formes :



Forme n°1



Forme n°2



Forme n°3

Au laboratoire, on prépare une solution de jus de chou rouge en faisant macérer pendant dix minutes dans de l'eau distillée chaude le quart d'un chou rouge coupé en morceaux. On filtre le mélange et on obtient une solution aqueuse de couleur violet-bleu intense. On fait varier le pH de la solution et on note la couleur correspondante :

Couleur	Violet	Violet	Violet-bleu	Violet-bleu	Bleu	Bleu	Bleu-Vert	Bleu-Vert	Vert	Vert
pH	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0

1.1. Justifier que la forme n°1 est une espèce amphotère.

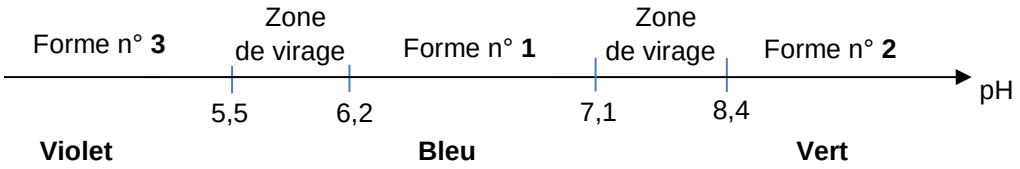
(0,5 pt) On passe de la forme n°1 à la forme n°2 en cédant un proton H^+. Donc la forme n°1 est l'acide conjugué de la forme n°2.

On passe de la forme n°1 à la forme n°3 en captant un proton H^+. Donc la forme n°1 est la base conjuguée de la forme n°3.

La forme n°1 se comporte à la fois comme un acide ou comme une base, il s'agit bien d'une espèce amphotère.

1.2. Recopier puis compléter les pointillés du diagramme de prédominance ci-après pour cet indicateur coloré. Associer une couleur à chaque forme en solution aqueuse.

(0,75 pt)



2. Titrage d'un lait fermenté

Pour préparer des fromages ou des yaourts, il est nécessaire de faire fermenter du lait frais. Des bactéries appelées ferments lactiques sont utilisées pour transformer notamment le lactose du lait frais en acide lactique (figure 2).

Lors de la fabrication des produits laitiers, pour déterminer l'avancement de la fermentation du lait, les techniciens réalisent un titrage acido-basique de l'acide lactique formé afin de déterminer l'acidité Dornic.

L'acidité Dornic d'un lait doit être supérieure à 80 °D pour pouvoir fabriquer un yaourt.

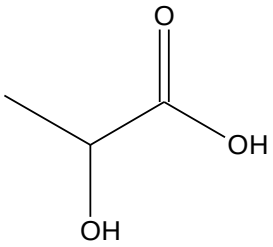
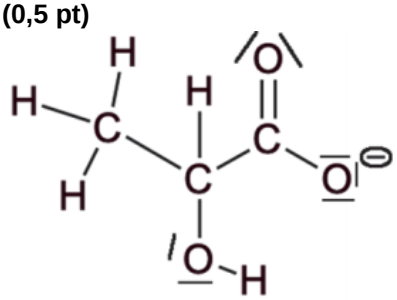


Figure 2. Formule topologique de l'acide lactique

2.1. Représenter le schéma de Lewis de l'ion lactate.

(0,5 pt)



2.2. Justifier que la fermentation du lait contribue à acidifier celui-ci.

(0,25 pt) Lors de la fermentation, il se forme de l'acide lactique qui contribue à l'acidification du lait.

2.3. On veut modéliser la transformation chimique entre l'acide lactique et l'eau du lait. On notera AH l'acide lactique et A^- l'ion lactate.

2.3.1 Écrire l'équation de la réaction modélisant cette transformation chimique.

(0,5pt) $AH(aq) + H_2O(\ell) \leftrightarrows A^-(aq) + H_3O^+(aq)$

2.3.2 Montrer que cette transformation chimique est spontanée. On admettra que la concentration initiale en ion lactate est nulle.

La transformation est spontanée si $Q_{r,i} < K_A$.

$$Q_{r,i} = \frac{\left[A^-(aq)\right]_i . \left[H_3O^+(aq)\right]_i}{\left[AH(aq)\right]_i}$$ **comme $[A^-(aq)]_i = 0$ alors $Q_{r,i} = 0 < K_A$.**

La méthode Dornic consiste à titrer 10,0 mL de lait par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration en quantité de matière $C_0 = 1{,}11\times10^{-1}$ mol·L^{-1}. On note V_E le volume de solution titrante versée à l'équivalence.

On modélise la transformation chimique mise en jeu lors de ce titrage par une réaction support dont l'équation est la suivante :

$$AH(aq) + HO^-(aq) \rightarrow A^-(aq) + H_2O(\ell)$$

On applique la méthode Dornic à un lait en utilisant le chou rouge comme indicateur coloré. Le pH initial vaut 5,9 et le pH à l'équivalence vaut 8,3. Le volume versé à l'équivalence est égal à 2,8 mL.

2.4. Justifier que le jus de chou rouge peut être utilisé pour repérer l'équivalence de ce titrage et préciser le changement de couleur du milieu.

(0,5 pt) Le *p*H à l'équivalence est compris dans la zone de virage entre les formes n°1 et 2.
Le milieu passera de la couleur bleue à la couleur verte (un changement de couleur pas évident à repérer).

2.5. En détaillant le raisonnement, déterminer si l'acidité Dornic du lait fermenté testé permet la fabrication d'un yaourt.

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.

(1,5 pt)
L'acidité Dornic d'un lait doit être supérieure à 80 °D pour pouvoir fabriquer un yaourt.
Il faut déterminer la concentration en masse d'acide lactique à l'aide des résultats du titrage.
À l'équivalence, les réactifs ont été mélangés dans les proportions stœchiométriques,
on a $n_{HO^- versée} = n_{AH\ initiale}$

$$C_0.V_E = \frac{m_{AH\ initiale}}{M_{AH}}$$

$m_{AH\ initiale} = C_0.V_E.M_{AH}$ **dans la prise d'essai de 10,0 mL de lait.**

Dans un litre de lait la masse sera $\frac{1000}{10,0}$ **= 100 fois plus grande.**

$c_m = 100\times C_0.V_E.M_{AH}$
$c_m = 100 \times 1{,}11\times10^{-1}\times2{,}8\times10^{-3}\times90{,}1 = 2{,}8$ g.L^{-1}

1,0 °D correspond à une concentration en masse en acide lactique égale à 0,10 g·L^{-1}
Le degré vaut $\frac{2,8}{0,10}$ **= 28 °D.**
Cette valeur est inférieure à 80°D, le lait testé ne permet pas la fabrication du yaourt.

Bac Mars 2021 Métropole Correction © http://labolycee.org
EXERCICE B - UNE BOISSON DE RÉHYDRATATION (5 points)

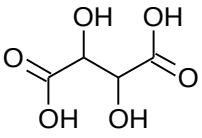
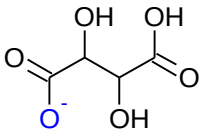
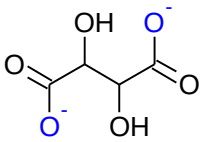
Mots-clés : réactions acide-base ; réactions d'oxydoréduction ; dosage par étalonnage

Une boisson de réhydratation, obtenue par dissolution dans l'eau d'un médicament commercialisé sous forme de poudre, est composée principalement d'eau, de glucose (sucre) et de chlorure de sodium (sel). Elle peut être utilisée pour réhydrater rapidement un enfant souffrant de diarrhée.

L'objectif de cet exercice est de vérifier la teneur en glucose d'une de ces boissons par la spectrophotométrie UV-visible.

Données :

- différentes formes de l'acide tartrique :

Nom	Acide tartrique	Ion hydrogénotartrate	Ion tartrate
Notation	H_2T	HT^-	T^{2-}
Formule brute	$C_4H_6O_6$	$C_4H_5O_6^-$	$C_4H_4O_6^{2-}$
Formule topologique			

- pK_A de couples acide-base à 25°C :
  - $H_2T(aq)$ / $HT^-(aq)$: $pK_{A1} = 3,5$;
  - $HT^-(aq)$ / $T^{2-}(aq)$: $pK_{A2} = 4,2$;
  - $H_2O(\ell)$ / $HO^-(aq)$: $pK_E = 14$;
- couple oxydant-réducteur ion gluconate / glucose : $C_5H_{11}O_5 - CO_2^-(aq)$ / $C_5H_{11}O_5 - CHO(aq)$;
- composition d'un médicament permettant la réhydratation commercialisée en pharmacie :

Espèces chimiques	Analyse moyenne pour un sachet
Glucose ($C_6H_{12}O_6$)	4 g
Saccharose ($C_{12}H_{22}O_{11}$)	4 g
Sodium (Na^+)	0,226 g
Potassium (K^+)	0,199 g
Chlorure (Cl^-)	0,181 g
Bicarbonate (HCO_3^-)	0,289 g
Gluconate ($C_6H_{11}O_7^-$)	0,995 g

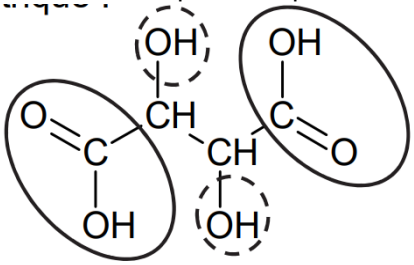
1. Étude de la liqueur de Fehling

Pour doser le glucose présent dans un médicament permettant la réhydratation, on prépare au préalable une solution de liqueur de Fehling en mélangeant :

- une solution aqueuse (A) contenant des ions cuivre $Cu^{2+}(aq)$;
- une solution aqueuse (B) obtenue lors du mélange d'une solution d'acide tartrique $H_2T(aq)$ et d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium. La solution (B) ainsi obtenue est très basique, son pH est supérieur à 12.

1.1. Écrire la formule semi-développée de la molécule d'acide tartrique. Entourer les groupes caractéristiques de la molécule, en précisant pour chacun d'eux la famille fonctionnelle correspondante.

(0,5 pt)



COOH Famille des acides carboxyliques
OH Famille des alcools

1.2. Déterminer la forme prédominante dans la solution (B) parmi les espèces $H_2T(aq)$, $HT^-(aq)$ et $T^{2-}(aq)$.
(0,5 pt) pH = 12 et pK_{A2} = 4,2 donc pH > pK_{A2} ainsi l'ion tartrate T^{2-} prédomine.
1.3. En déduire l'équation de la réaction chimique modélisant la transformation ayant lieu lors de la préparation de la solution (B).
(0,5 pt) On mélange une solution d'acide tartrique $H_2T(aq)$ et une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium $Na^+(aq) + HO^-(aq)$.

$H_2T(aq) + HO^-(aq) \rightarrow HT^-(aq) + H_2O(\ell)$
$HT^-(aq) + HO^-(aq) \rightarrow T^{2-}(aq) + H_2O(\ell)$
En additionnant ces deux équations, on obtient :
$H_2T(aq) + 2HO^-(aq) \rightarrow T^{2-}(aq) + 2\ H_2O(\ell)$

Lors du mélange des solutions (A) et (B), les ions $Cu^{2+}(aq)$ réagissent avec les ions tartrate $T^{2-}(aq)$ pour former des ions de formule $CuT_2^{2-}(aq)$, seuls responsables de la coloration bleue de la liqueur de Fehling.
1.4. Écrire l'équation de la réaction chimique modélisant la transformation ayant lieu lors du mélange des solutions (A) et (B).
(0,25 pt) **$Cu^{2+}(aq) + 2\ T^{2-}(aq) \rightarrow CuT_2^{2-}(aq)$**

Le spectre d'absorption de la liqueur de Fehling (figure 1) est donné ci-après ainsi qu'un cercle chromatique (figure 2) :

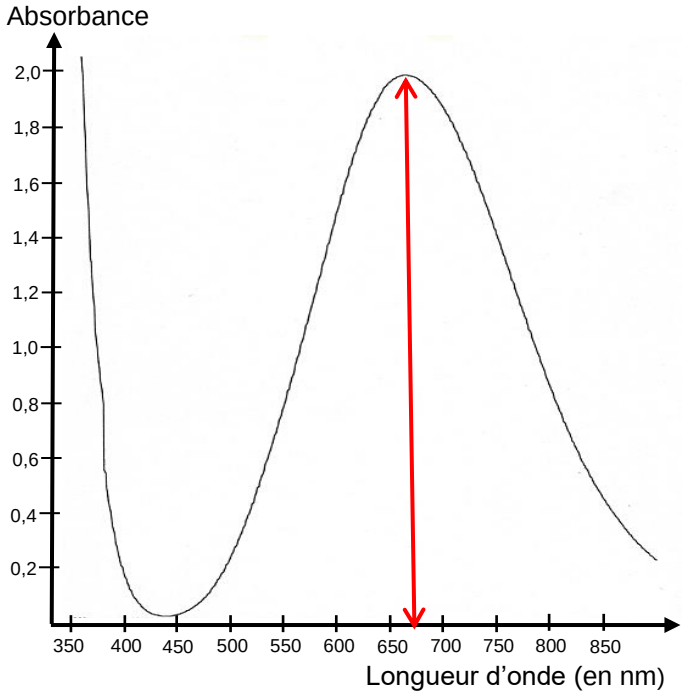


Figure 1. Spectre d'absorption de la liqueur de Fehling

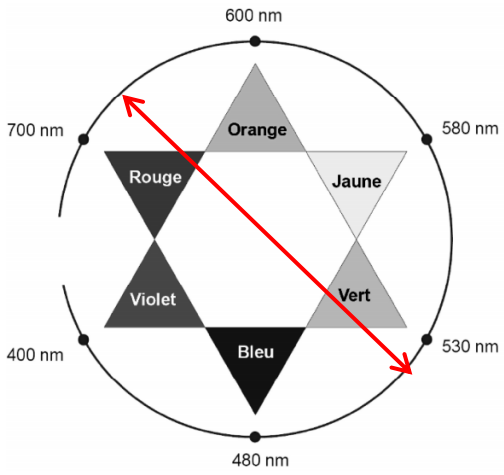


Figure 2. Cercle chromatique

1.5. Justifier la couleur de la solution de liqueur de Fehling.
(0,5 pt) La solution absorbe plus fortement la lumière de longueur d'onde λ_{max} = 675 nm (rouge-orange). La couleur perçue est la couleur complémentaire, diamétralement opposée sur le cercle chromatique, c'est-à-dire vert-bleu.

2. Dosage du glucose

Le médicament permettant la réhydratation contient, entre autres, du glucose qui possède des propriétés réductrices. On souhaite utiliser ces propriétés pour réaliser un dosage par étalonnage utilisant la spectrophotométrie.

On réalise une courbe d'étalonnage selon le protocole expérimental suivant :

- préparer une gamme de solutions aqueuses étalons de concentrations en masse C_m de glucose connues ; ces solutions étalons sont incolores ;
- faire réagir, une à une, 10,0 mL de ces solutions étalons avec 5,0 mL de liqueur de Fehling dans un bain-marie bouillant pendant 15 min ; il se forme le précipité rouge-brique Cu_2O ;
- éliminer le précipité du mélange par filtration. Le filtrat obtenu est de couleur bleue ;
- introduire ce filtrat dans une fiole jaugée de 25,0 mL et ajuster le trait de jauge avec de l'eau distillée ;
- mesurer avec un spectrophotomètre l'absorbance de la solution obtenue de couleur bleue.

Le glucose contenu dans le médicament permettant la réhydratation réagit avec les ions CuT_2^{2-} contenus dans la liqueur de Fehling. Cette transformation chimique est totale et produit l'ion gluconate et l'oxyde de cuivre $Cu_2O(s)$, de couleur rouge-brique. L'équation de la réaction modélisant cette transformation est :

$$2\ CuT_2^{2-}(aq) + \underset{\text{glucose}}{C_5H_{11}O_5-CHO(aq)} + 5\ HO^-(aq) \rightarrow Cu_2O(s) + \underset{\text{ion gluconate}}{C_5H_{11}O_5-CO_2^-(aq)} + 4\ T^{2-}(aq) + 3\ H_2O(\ell)$$

2.1. Justifier le caractère réducteur du glucose dans cette réaction à l'aide d'une demi-équation électronique.

(0,5 pt) $C_5H_{11}O_5$–CHO(aq) + $H_2O(\ell)$ = $C_5H_{11}O_5$–CO_2^-(aq) + $3H^+$ + 2 e^-

Le glucose $C_5H_{11}O_5$–CHO(aq) libère des électrons, il s'agit bien d'un réducteur.

2.2. À l'issue de la réaction entre une solution étalon de glucose et la solution de liqueur de Fehling, le filtrat est de couleur bleue. Identifier le réactif limitant.

(0,5 pt) Si le filtrat est de couleur bleue c'est qu'il contient encore des ions CuT_2^{2-}(aq), ces ions sont en excès.

Alors le glucose est le réactif limitant.

2.3. Proposer une longueur d'onde optimale pour régler le spectrophotomètre afin de réaliser les mesures.

Il faut choisir une longueur d'onde pour laquelle l'absorbance de la solution est grande. On peut choisir λ = 675 nm.

La courbe d'étalonnage est obtenue à partir des mesures de l'absorbance des filtrats des différents mélanges. Elle est modélisée par une droite d'équation :

$$A = -0{,}39 \times C_m + 0{,}88 \qquad \text{avec } C_m \text{ en g·L}^{-1}.$$

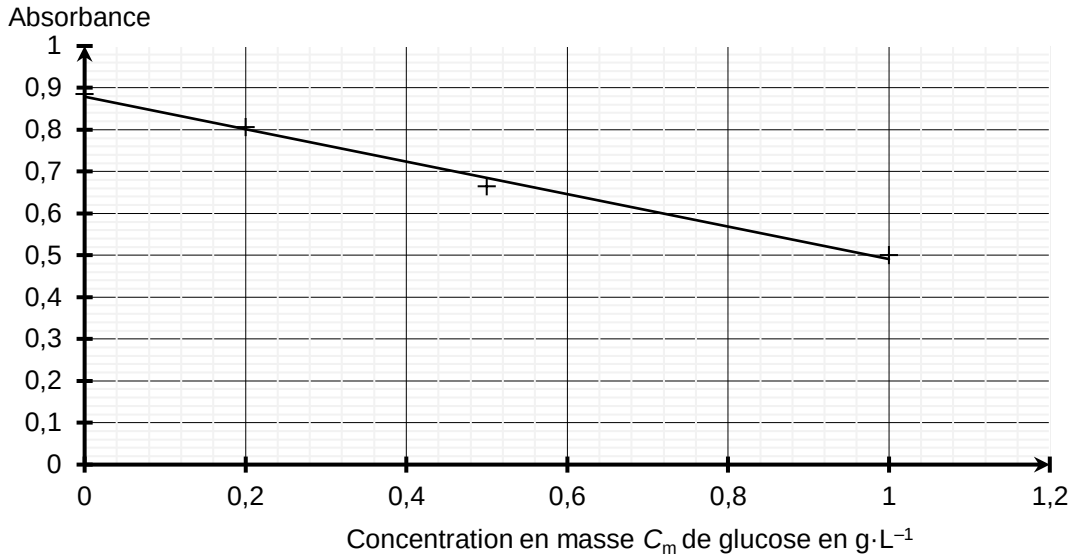


Figure 3**.** Courbe d'étalonnage : absorbance en fonction de la concentration en masse C_m de glucose

2.4. Expliquer pourquoi l'absorbance du filtrat diminue lorsque la concentration en masse de glucose augmente.

(0,5 pt) L'absorbance est proportionnelle à la concentration en ions CuT_2^{2-}. Or plus la solution contient de glucose et plus les ions CuT_2^{2-} sont consommés, moins ils sont présents en solution.

Afin de déterminer la masse de glucose contenue dans un sachet de médicament permettant la réhydratation, on réalise l'expérience suivante :

- une solution (S_1) de volume $V_1 = 500{,}0$ mL est préparée en dissolvant le contenu d'un sachet de médicament dans de l'eau distillée ;
- la solution (S_1) est ensuite diluée d'un facteur 10 pour obtenir la solution (S_2) ;
- en réalisant le même protocole expérimental que pour les solutions étalons, on mesure une absorbance $A = 0{,}59$ lorsqu'on utilise 10,0 mL de solution (S_2) à la place de 10,0 mL de solution étalon.

2.5. Déterminer la masse de glucose contenue dans le sachet de médicament permettant la réhydratation et commenter le résultat obtenu.

(1pt)

$\boldsymbol{A = -0{,}39 \times C_m + 0{,}88}$

$\boldsymbol{-0{,}39\, C_m = A - 0{,}88}$

$$c_m = \frac{0{,}88 - A}{0{,}39}$$

Comme $A = 0{,}59$, alors $c_m = \dfrac{0{,}88 - 0{,}59}{0{,}39}$ = 0,74 g.L^{-1} dans la solution S_2.

La solution S_1 est dix fois plus concentrée, alors $C_{mS1} = 7{,}4$ g.L^{-1}.

$C_{mS_1} = \dfrac{m}{V_1}$ **donc $m = C_{mS1}.V_1$**

$m = 7{,}4 \times 0{,}5000 = 3{,}7$ g de glucose dans un sachet.

La composition du sachet indiquait en moyenne 4 g de glucose.

$\dfrac{4 - 3{,}7}{4}$ **= 7,5 % d'écart relatif.**

Les deux valeurs sont cohérentes car elles sont assez proches et l'étiquette précisait qu'il s'agit d'une valeur moyenne.

Bac mars 2021 Métropole CORRECTION © http://labolycee.org
EXERCICE C - FOUR À MICRO-ONDES POUR SYNTHÈSE ORGANIQUE (5 points)

Données :

Espèce chimique	Hydroxyde de potassium	Urée	Benzile	Phénytoïne
Formule brute	KOH	CH_4N_2O	$C_{14}H_{10}O_2$	$C_{15}H_{12}N_2O_2$
Masse molaire en $g \cdot mol^{-1}$	56,1	60,1	210,2	252,3

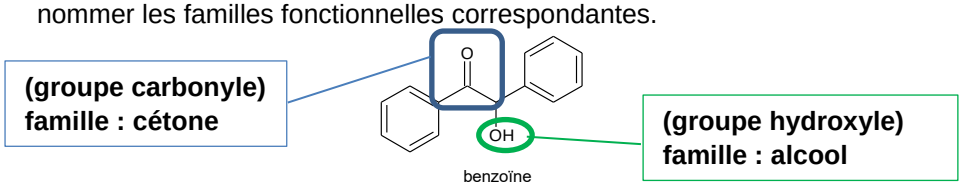
1. Préparation de la benzoïne (étape 1)

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



benzaldéhyde benzoïne

1.1. Recopier la formule topologique de la benzoïne sur la copie. Entourer les groupes caractéristiques et nommer les familles fonctionnelles correspondantes.



1.2. 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**.

On veut préparer 100,0 mL d'une solution de concentration égale à 1,1 mol.L^{-1}.

$n = \dfrac{m}{M_{KOH}}$ **donc** $m = n.M_{KOH}$ **, or** $n = c.V$ **donc** $m = c.V.M_{KOH}$

$m = 1{,}1 \times 100 \times 10^{-3} \times 56{,}1 = 6{,}2$ **g de KOH à peser.**

1.3. Donner l'état physique du produit obtenu à la fin de l'étape **c** du protocole expérimental.

Il est indiqué qu'il faut laisser cristalliser, ainsi le produit obtenu est solide.

1.4. Indiquer la plaque qui correspond à la CCM effectuée avant la purification. Justifier.

Les plaques 1 et 2 ne diffèrent qu'au niveau du produit P. Sur la plaque 2, celui-ci conduit à l'apparition de 2 taches, ce qui montre que le produit obtenu contient 2 espèces chimiques. Il n'a pas encore été purifié, sinon il apparaîtrait une seule tache comme pour la plaque 1.

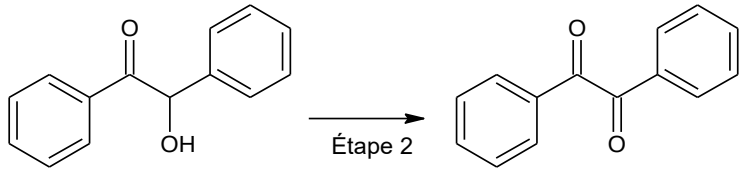
Plaque 2 : AVANT purification.

1.5. Proposer une autre méthode d'identification du produit obtenu en fin de synthèse.

On peut utiliser la spectroscopie infra-rouge. Les deux groupes caractéristiques de la benzoïne seront repérables sur un spectre IR.

On peut aussi mesurer la température de fusion du produit obtenu et la comparer avec celle de la benzoïne.

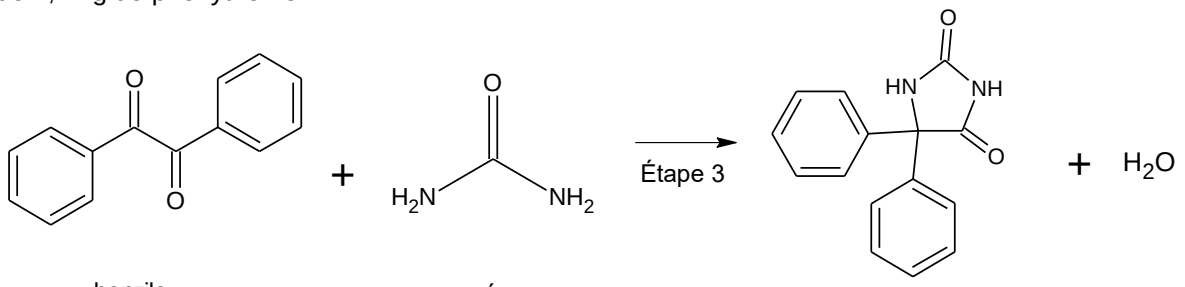
2. Préparation du benzile (étape 2)
L'étape 2 de la synthèse est une oxydation de la benzoïne qui permet de former du benzile.



benzoïne benzile

2.1. Donner la formule brute de la benzoïne.
$C_{14}H_{12}O_2$
2.2. 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.
Formule brute du benzyle : $C_{14}H_{10}O_2$ *(indiquée dans les données)*
Demi-équation d'oxydation de la benzoïne : $C_{14}H_{12}O_2 = C_{14}H_{10}O_2 + 2H^+ + 2\ e^-$
Le réducteur benzoïne est oxydé en benzyle en libérant deux électrons.

3. 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 phénythoïne.



benzile urée phénytoïne

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

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

Rendement $\eta = \dfrac{m_{exp.}}{m_{max.}}$ où m_{exp} est la masse de produit obtenue expérimentalement, et m_{max} est la masse de produit maximale qu'il était possible d'obtenir avec un transformation totale et sans perte.
On détermine le réactif limitant.
Quantité de matière initiale de benzyle : **Quantité de matière initiale d'urée :**

$$n_b = \frac{m_b}{M_b} \qquad n_u = \frac{m_u}{M_u}$$

$$n_b = \frac{1{,}00}{210{,}2} = 4{,}75\times10^{-3}\ \text{mol} \qquad n_b = \frac{0{,}450}{60{,}1} = 7{,}49\times10^{-3}\ \text{mol}$$

Les coefficients stœchiométriques étant égaux à 1, le réactif limitant est celui introduit en plus faible quantité. Il s'agit du benzyle.
D'après l'équation chimique, on peut espérer former une quantité de phénytoïne $n_P = n_b$.

$$m_P = n_P.M_P = n_b.M_P = \frac{m_b}{M_b}.M_P$$

$$m_P = \frac{1{,}00}{210{,}2}\times 252{,}3 = \mathbf{1{,}20\ g}$$

On calcule le rendement : $\eta = \dfrac{m_{exp}}{m_p}$

$\eta = \dfrac{1{,}11}{1{,}20}$ = 0,925 = 92,5 %

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.