BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2012

_____

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

_____

DURÉE de L'ÉPREUVE : **3 h 30** - COEFFICIENT : **6**

_____

L'usage d'une calculatrice EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

obligatoire

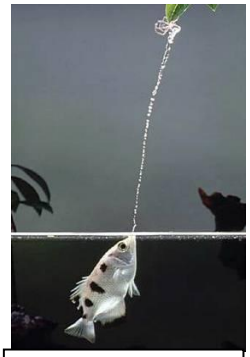
Ce sujet comporte un exercice de PHYSIQUE, deux exercices de CHIMIE présentés sur 13 pages numérotées de 1 à 13, y compris celle-ci.

Les pages annexes (pages 11 à 13) SONT À RENDRE AVEC LA COPIE, même si elles n'ont pas été complétées.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

EXERCICE I - LES PROUESSES DU POISSON ARCHER (9 points)

Le Toxotes jaculatrix, plus communément appelé poisson archer, est une espèce d'une dizaine de centimètres de long originaire de la Polynésie française, du Nord de l'Australie et de l'Asie du Sud-Est, bien connue des aquariophiles. Sa technique de capture des insectes en fait un chasseur hors-pair puisqu'il est capable à l'âge adulte d'atteindre des proies aériennes situées à près de deux mètres.



Crédit : Encyclopédie Microsoft® Encarta® en ligne 2007

Après une présentation de sa technique de chasse, on modélisera le mouvement du jet d'eau ; enfin on s'intéressera à l'éclairage des aquariums.

Les parties 1, 2, 3 sont indépendantes.

1. Étude de texte

« La particularité du poisson archer est qu'il ne se contente pas d'attendre le hasard d'une chute ou qu'un coup de vent providentiel amène à lui cette manne céleste [les proies aériennes]. Il peut, en projetant un puissant jet d'eau avec sa bouche, faire tomber des proies en surface avant de les attraper […].

Après avoir repéré sa future proie, le poisson s'oriente, se rapproche et se positionne. Le museau affleure à la surface de l'eau mais les deux gros yeux situés près de la bouche […] restent sous la surface […].

Précis, le tir du Toxotes [poisson archer] est pourtant confronté à une difficulté balistique majeure : pour viser, il lui faut tenir compte de la différence d'indice de réfraction entre l'eau et l'air […].

Deux hypothèses ont été proposées pour expliquer la précision du poisson archer. La première est qu'il se positionne à la verticale de sa proie […]. Il voit donc théoriquement l'insecte où il est vraiment. Cependant l'observation montre que la majorité des tirs a lieu selon des angles variant de 70° à 80°, aussi pense-t-on que plus probablement son habileté résulte d'un apprentissage : c'est à force de rater sa cible que le poisson corrigerait de lui-même la réfraction. On a en effet déterminé expérimentalement qu'il est capable de tirer avec précision environ 8 fois par minute sur une période de 10 minutes, ce qui lui permet d'ajuster son tir si nécessaire. […]. [1]»

[1] Bruno Didier, *Le poisson archer,* Revue Insectes n°130, 2003, Septembre, p23

Données :

- Indices de réfraction de l'air et de l'eau : n_{air} = 1,0 et n_{eau} = 1,33
- Loi de Descartes : $n_1.sin\ i_1 = n_2.sin\ i_2$ avec i_1 : angle d'incidence et i_2 : angle de réfraction

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 2 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

1.1.

1.1.1. En prenant appui sur le texte, nommer le phénomène physique mis en jeu lors de la visée de l'insecte par le poisson. Dans quelles conditions observe-t-on ce phénomène ?

1.1.2. Justifier la phrase du texte : « *Il voit donc théoriquement l'insecte où il est vraiment* ».

1.2. Calculer la fréquence *f* d'émission des jets d'eau.

2. Modélisation du mouvement du jet d'eau

Dans la suite de l'exercice, le comportement du jet d'eau sera assimilé à celui d'une goutte d'eau de masse *m*.

On note $\overrightarrow{v_0}$ le vecteur vitesse initiale du centre d'inertie de la goutte.

Une mouche posée sur une feuille située à une hauteur $H = 75\ cm$ au-dessus de la surface de l'eau est convoitée par un poisson archer situé non loin de là. Le poisson projette vers l'insecte un jet d'eau avec un vecteur vitesse initiale $\overrightarrow{v_0}$ incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale. Le jet percute l'insecte au moment où l'eau atteint le sommet de sa trajectoire.

La situation est schématisée **SUR LA FIGURE 1 DE L'ANNEXE EN PAGE 11 À RENDRE AVEC LA COPIE.**

Soit **G** le centre d'inertie de la goutte d'eau et **I** le centre d'inertie de la mouche.

Dans toute l'étude on supposera que l'action de l'air est négligeable.

Le mouvement de **G** est étudié dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

On prend comme origine des dates, l'instant où le poisson archer projette l'eau ; le point **G** se trouve alors au point O pris comme origine du repère $(O\ ;\ \vec{\imath};\ \vec{\jmath})$.

Données :

- Intensité du champ de pesanteur terrestre : $g = 9{,}81\ m.s^{-2}$
- $v_0 = 4{,}0\ m.s^{-1}$

2.1. Étude du mouvement

2.1.1. Qu'implique la phrase : « l'action de l'air est négligeable » pour le bilan des forces ?

2.1.2. En déduire, en appliquant la deuxième loi de Newton dans le repère $(O\ ;\ \vec{\imath};\ \vec{\jmath})$, l'expression vectorielle puis les coordonnées du vecteur accélération $\overrightarrow{a_G}$ du centre d'inertie G de la goutte.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

2.2. Vecteur vitesse

2.2.1. Exprimer les coordonnées du vecteur vitesse initiale $\overrightarrow{v_0}$ dans le repère $\left(O\ ;\ \vec{i}\ ;\ \vec{j}\right)$ en fonction de l'angle α et de v_0.

2.2.2. Soit v_x la coordonnée horizontale du vecteur vitesse $\vec{v}$ du centre d'inertie G de la goutte au cours du mouvement. Expliquer qualitativement pourquoi on peut affirmer que v_x garde une valeur constante au cours du mouvement.

2.3. Recherche de la condition initiale sur l'angle α pour que le jet d'eau atteigne l'insecte

2.3.1. Dessiner **SUR LA FIGURE 1 DE L'ANNEXE EN PAGE 11,** sans souci d'échelle, le vecteur vitesse (noté $\overrightarrow{v_S}$) du centre d'inertie G de la goutte, au moment de l'impact avec l'insecte, resté immobile au point représenté sur la figure.

2.3.2. Exprimer les coordonnées de $\overrightarrow{v_S}$ dans le repère $(O\ ;\ \vec{i}\ ;\ \vec{j})$ en fonction de v_0 et α.

2.3.3. Exprimer l'énergie mécanique du jet d'eau en fonction de m, v_0, α, g et H :

2.3.3.1. au point O ;

2.3.3.2. au moment de l'impact avec la mouche.

On choisira la surface de l'eau comme référence pour l'énergie potentielle de pesanteur : $Ep = 0$ pour $y = 0$.

2.3.4. En déduire que la valeur de l'angle α permettant au jet d'eau d'atteindre la mouche vérifie l'équation : $\sin\alpha = \dfrac{\sqrt{2\times g\times H}}{v_0}$.

On rappelle que $\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1$.

Vérifier que la valeur de l'angle α vaut 74°.

2.4. Mouvement du jet d'eau

2.4.1. À partir des résultats de la question 2.1.2., montrer que les équations horaires $x_G(t)$ et $y_G(t)$ du mouvement du centre d'inertie G de la goutte sont :

$$\begin{cases} x(t) = v_0\cos\alpha\times t \\ y(t) = -\dfrac{1}{2}g\times t^2 + v_0\sin\alpha\times t \end{cases}$$

2.4.2. Montrer que pour que la mouche puisse échapper au jet d'eau, il faut que son temps de réaction, noté t_R, soit inférieur ou égal à 0,39 s.

2.4.3. En déduire que la distance d indiquée **SUR LA FIGURE 1 DE L'ANNEXE EN PAGE 11** a pour valeur environ 43 cm.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 4 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

3. Éclairage d'un aquarium

En aquariophilie, on utilise comme éclairage des tubes fluorescents. Ce type de tube contient de la vapeur de mercure à basse pression dans laquelle on déclenche une décharge électrique. Le rayonnement ultraviolet émis par le mercure est transformé en lumière visible par une poudre fluorescente qui tapisse la paroi intérieure du tube. Le spectre d'émission du tube dépend de la nature de la poudre fluorescente utilisée.

Il existe une grande variété de tubes fluorescents parmi lesquels on trouve des tubes avec la mention « plein spectre » (lumière du jour). La **figure 2** présente le spectre d'émission d'un de ces tubes.

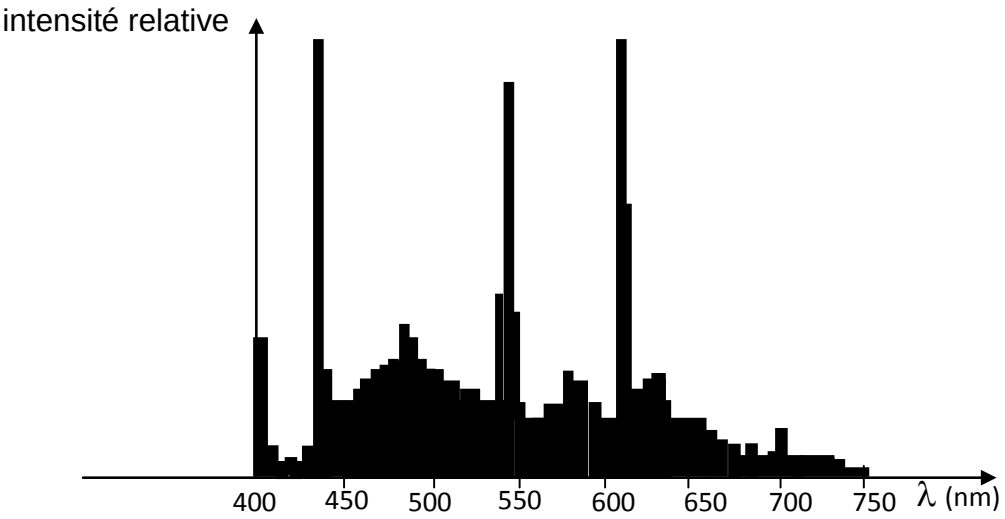


Figure 2. Spectre d'émission d'un tube fluorescent « plein spectre »

Données :

- Longueurs d'onde des principales raies d'émission du mercure dans le visible : 405 nm, 436 nm, 546 nm, 577 nm, 579 nm, 615 nm.
- Constante de Planck : $h = 6{,}63.10^{-34}$ J.s.
- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3{,}00.\ 10^{8}$ m.s^{-1}.
- $1\ eV = 1{,}60 \times 10^{-19}$ J.
-

Couleurs	Violet	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
λ (nm)	400 – 424	424 – 491	491 – 575	575 – 585	585 – 610	610 – 750

3.1. Situer le domaine des longueurs d'onde des ultra-violets par rapport au domaine des longueurs d'onde des radiations visibles.

3.2. À propos du spectre du tube fluorescent

3.2.1. Justifier l'appellation « plein spectre » de ce type de tube.

3.2.2. À partir du texte, indiquer le rôle du mercure dans le tube fluorescent.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 5 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

3.3. À propos du mercure utilisé dans le tube fluorescent

La **figure 3 ci-dessous** représente le diagramme simplifié des niveaux d'énergie de l'atome de mercure.

3.3.1. Quel nom donne-t-on au niveau d'énergie E_0 ? Comment appelle-t-on les niveaux d'énergie E_1 à E_4 ?

3.3.2. L'une des radiations visibles émises par la vapeur de mercure correspond à une transition faisant intervenir les niveaux d'énergie E_1 et E_3 du diagramme représenté sur la **figure 3 ci-dessous**. Préciser le sens de cette transition.

3.3.3. Calculer la valeur de la longueur d'onde du photon émis lors de la transition. La valeur trouvée est-elle cohérente avec les données de l'énoncé ?

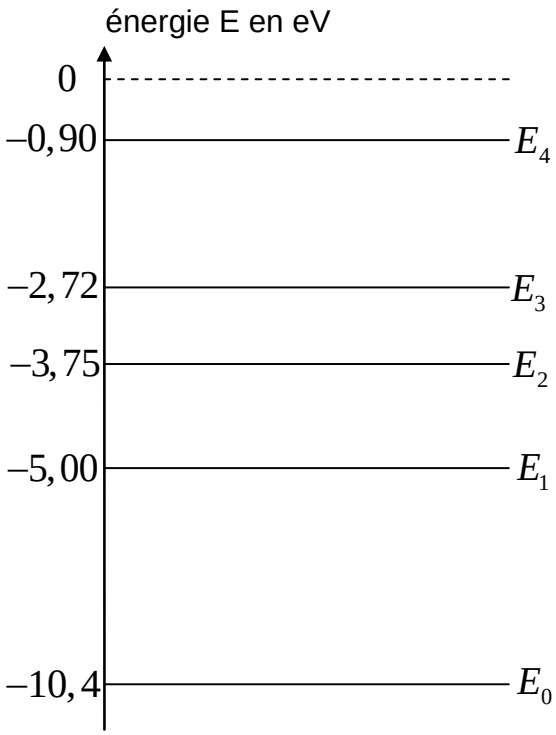


Figure 3. Diagramme simplifié des niveaux d'énergie de l'atome de mercure

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 6 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

EXERCICE II - RÉACTIONS ACIDO-BASIQUES (3 points)

Données : Les solutions aqueuses considérées sont prises à 25°C.

- Produit ionique de l'eau : K_e = 1,0.10^{-14}.
- Volume molaire dans les conditions de l'expérience : V_m = 24,0 L.mol^{-1}.
- Couples de l'eau : H_3O^+ / H_2O et H_2O / HO^-.
- Couple acide éthanoïque / ion éthanoate : CH_3COOH / CH_3COO^- ; Ka_1 = 1,6.10^{-5}.
- Couple ion ammonium / ammoniac : NH_4^+ / NH_3 ; Ka_2 = 6,3.10^{-10}.
- Zones de virage de quelques indicateurs colorés :

Indicateur	Hélianthine	Bleu de bromothymol	Rouge de crésol	Phénolphtaléine
Zone de virage	3,2 – 4,4	6,0 – 7,6	7,2 – 8,8	8,2 – 10

Cet exercice comporte 9 affirmations numérotées de 1.1 à 3.3.
Répondre à chaque affirmation par VRAI ou FAUX. Toute réponse doit être accompagnée de justifications ou de commentaires brefs (définitions, calculs, justifications graphiques).

1. Solution d'acide éthanoïque

Le pH d'une solution aqueuse d'acide éthanoïque de concentration molaire C = 1,0.10^{-2} mol.L^{-1} est de 3,4.

1.1. L'équation de réaction entre l'acide éthanoïque et l'eau s'écrit :

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = CH_3COO^-{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

1.2. Cette transformation est limitée.

1.3. Le rapport $\dfrac{[CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f}$ des concentrations à l'état final vaut environ 25.

2. Réaction de l'ammoniac avec l'eau

On dissout dans l'eau 50 mL d'ammoniac NH_3 gazeux de manière à obtenir 200 mL de solution.

La réaction de l'ammoniac avec l'eau s'écrit : $NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} = NH_4^+{}_{(aq)} + HO^-{}_{(aq)}$

2.1. La concentration molaire en ammoniac apporté est de 4,2.10^{-4} mol.L^{-1}.

2.2. L'ammoniac est un acide au sens de Brönsted.

2.3. La constante d'équilibre K associée à la transformation vaut 1,6.10^{-5}.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 7 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

3. Dosage de l'acide méthanoïque par la soude

On réalise la simulation du titrage pH-métrique d'un volume V_a = 10,0 mL de solution aqueuse d'acide méthanoïque HCOOH de concentration molaire $C_a = 1{,}5.10^{-2}$ mol.L^{-1} par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_b = 1{,}0.10^{-2}$ mol.L^{-1}.

L'équation de la réaction servant de support au titrage est :

$$HCOOH_{(aq)} + HO^{-}{}_{(aq)} = HCOO^{-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

La courbe pH = f(V_b) ainsi que les variations des pourcentages des espèces du couple acide méthanoïque/ion méthanoate en fonction du volume V_b de solution d'hydroxyde de sodium versé sont représentées **SUR LA FIGURE 4 DE L'ANNEXE EN PAGE 12 À RENDRE AVEC LA COPIE.**

3.1. La courbe 2 est la courbe d'évolution du pourcentage d'acide méthanoïque.
3.2. Le pKa du couple HCOOH / HCOO$^-$ est égal à 5,0.
3.3. Le rouge de crésol peut être utilisé comme indicateur coloré de fin de réaction.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 8 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

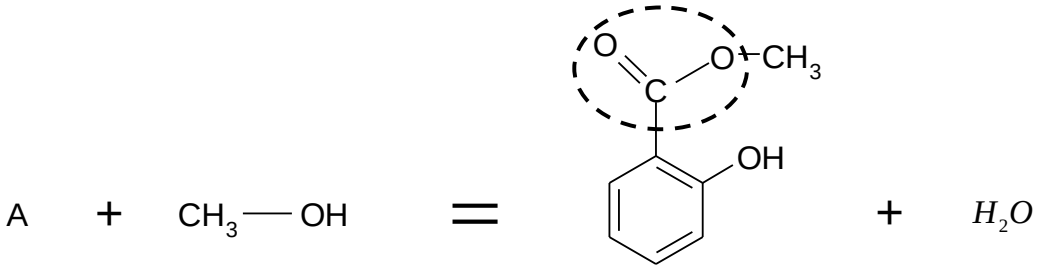
EXERCICE III - L'ACIDE SALICYLIQUE (4 points)

Les parties 1, 2, 3 sont indépendantes.

*L'acide salicylique, noté **A** dans l'exercice, est un intermédiaire de synthèse intéressant car il possède deux groupes caractéristiques susceptibles de réagir selon la nature du réactif mis en présence.*

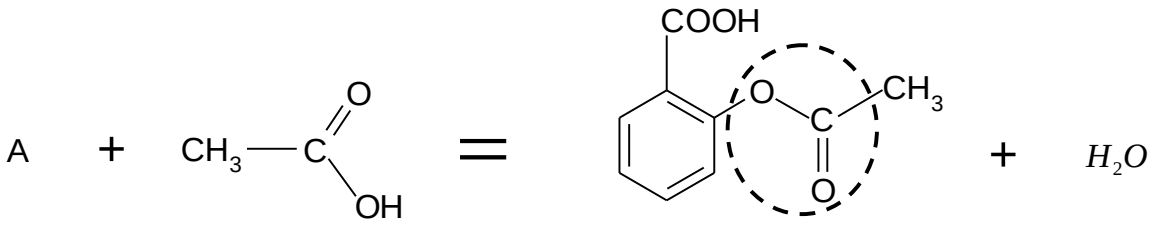
*Le salicylate de méthyle (utilisé comme arôme alimentaire sous le nom d'essence de Wintergreen) et l'acide acétylsalicylique (communément appelé aspirine) peuvent tous deux être synthétisés à partir de l'acide salicylique **A** par estérification suivant les équations de réaction 1 et 2.*

Équation 1 :



méthanol (**B**) *salicylate de méthyle* (**F**)

Équation 2 :



acide éthanoïque (**C**) *acide acétylsalicylique* (**G**)

1. Étude des molécules

En prenant appui sur le texte encadré et les équations 1 et 2 :

1.1. Nommer le groupe caractéristique entouré dans les molécules **F** et **G**.

1.2. Identifier les groupes caractéristiques présents dans la molécule **A**. Justifier.

1.3. Écrire la formule semi-développée de l'acide salicylique **A**.

2. Synthèse du salicylate de méthyle (F) suivant la réaction d'équation 1

Données :

	masse volumique en $g.mL^{-1}$	masse molaire en $g.mol^{-1}$
acide salicylique (**A**)		138
méthanol (**B**)	0,79	32
salicylate de méthyle (**F**)	1,18	152

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 9 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

Résumé du protocole :

*Dans un ballon, on introduit 1,50 g de **A**, environ 14 mL de **B** et quelques gouttes d'acide sulfurique concentré.*

*On réalise le montage dessiné sur la **figure 5** et le mélange est porté à ébullition pendant plus d'une heure.*

*On laisse ensuite refroidir le mélange puis on traite le contenu du ballon (extraction, lavage, séchage). À l'issue de ces opérations on récupère 1,27 g de produit **F**.*

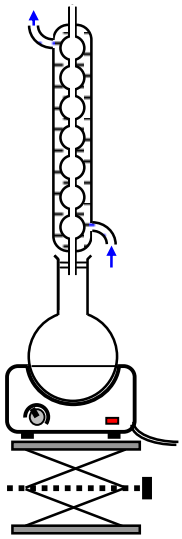


Figure 5.

2.1. Nommer le montage de la **figure 5** et préciser son intérêt.

2.2.

2.2.1. Montrer que le méthanol est utilisé en large excès.

2.2.2. Préciser l'intérêt de ce large excès.

2.2.3. Quel est le rôle de l'acide sulfurique ?

2.3.

2.3.1. Calculer la masse maximale de salicylate de méthyle que l'on peut espérer obtenir dans l'hypothèse d'une transformation totale.

2.3.2. En déduire le rendement expérimental *r* de la synthèse.

3. Synthèse de l'acide acétylsalicylique (G) suivant la réaction d'équation 2

Donnée : Constante d'équilibre K associée à l'équation 2 : $K = 7,7.10^{-3}$

On considère un mélange initial homogène constitué de 0,10 mol de **A** et 0,10 mol de **C**.

3.1. Exprimer puis calculer le quotient de réaction $Q_{r,i}$ dans l'état initial.

3.2. Justifier que le système chimique évolue spontanément dans le sens direct.

3.3.

3.3.1. Compléter le tableau descriptif de l'évolution du système, **TABLEAU DE L'ANNEXE EN PAGE 13 À RENDRE AVEC LA COPIE**.

3.3.2. On montre qu'à l'état d'équilibre l'avancement final x_f est lié à la constante d'équilibre K par la relation :

$$x_f = \frac{0,10 \times \sqrt{K}}{1+\sqrt{K}}$$

Calculer x_f et en déduire la valeur du taux d'avancement τ de la réaction de synthèse.

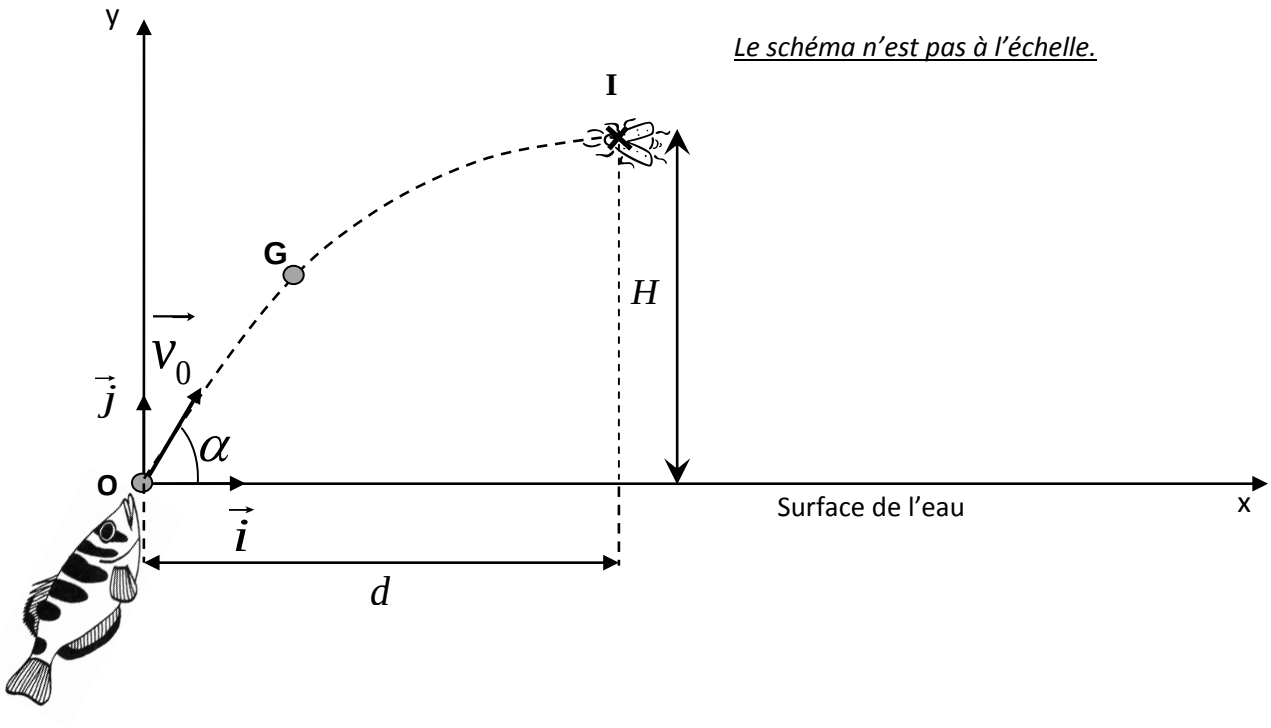
3.4. Quel autre réactif pourrait-on utiliser à la place de l'acide éthanoïque pour améliorer le rendement de cette synthèse ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 10 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE I

2.



Le schéma n'est pas à l'échelle.

Figure 1

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 11 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE II

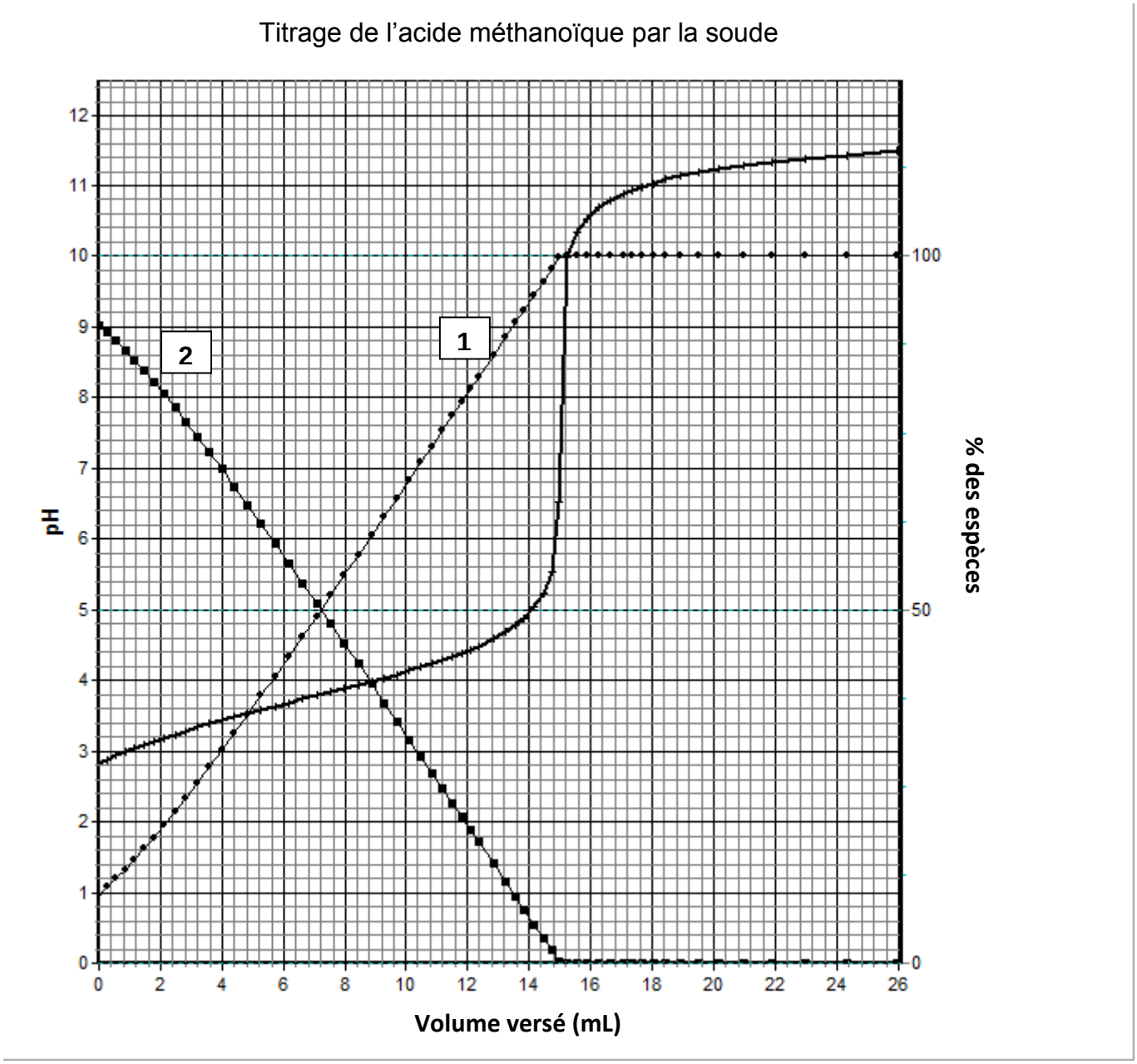


Figure 4. Courbes d'évolution du pH et des pourcentages des espèces HCOOH et $HCOO^-$ en fonction du volume V_b de solution d'hydroxyde de sodium versé

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 12 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE III

3.3.

Équation		A	+	C	=	G	+	H_2O
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)						
État initial	$x = 0$	0,10 mol		0,10 mol				
État intermédiaire	x							
État final	x_f							

Tableau descriptif de l'évolution du système

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 13 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer