

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2010

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement de Spécialité

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 8

L'usage des calculatrices est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12

**La feuille d'annexe (page 12/12)
EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**

EXERCICE 1 : DES ISOTOPES DU PHOSPHORE 31 (6 points)

Dans la nature, l'isotope prépondérant de l'élément phosphore est le phosphore 31.

1. Le phosphore 32

Données :

masse du noyau de phosphore 32 $m(P) = 5,31 \times 10^{-26}$ kg.
 extrait de la classification périodique : $_{11}\text{Na}$; $_{12}\text{Mg}$; $_{13}\text{Al}$; $_{14}\text{Si}$; $_{15}\text{P}$; $_{16}\text{S}$; $_{17}\text{Cl}$.

Substance radioactive artificielle, le phosphore $^{32}_{15}\text{P}$ est utilisé en médecine nucléaire. Il est radioactif β^- et sa demi-vie $t_{1/2}$ est égale à 14,3 jours. Il se présente sous forme d'une solution qui s'injecte par voie veineuse pour traiter la polyglobulie primitive (maladie de Vaquez). Il se fixe sélectivement sur les globules rouges (hématies), car il suit le métabolisme du fer, abondant dans ces globules, et son rayonnement détruit les hématies en excès. C'est un traitement efficace et bien toléré de cette affection.

D'après le site « dictionnaire médical »

1.1. Généralités

- 1.1.1. Donner la composition du noyau de phosphore 32.
- 1.1.2. Définir le terme " isotope ".
- 1.1.3. Quelle est la particule émise lors d'une radioactivité β^- ?
- 1.1.4. Énoncer les lois de conservation qui régissent une réaction nucléaire, puis établir l'équation de désintégration du phosphore 32 en précisant l'élément formé.

1.2. Loi de décroissance

Un patient reçoit par voie intraveineuse une solution de phosphate de sodium contenant une masse m_0 égale à $10,0 \times 10^{-9}$ g de phosphore 32. Le nombre de noyaux de phosphore restant au cours du temps est donné par la loi de décroissance radioactive : $N = N_0 \times e^{-\lambda t}$ où λ est une constante strictement positive.

- 1.2.1. Calculer le nombre initial N_0 de noyaux de phosphore 32.
- 1.2.2. Définir la demi-vie $t_{1/2}$ puis établir la relation entre $t_{1/2}$ et λ .
La relation précédente conduit à $\lambda = 5,61 \times 10^{-7} \text{ s}^{-1}$.
- 1.2.3. Définir l'activité $A(t)$ d'un échantillon à l'instant t et en déduire la relation entre l'activité $A(t)$ et $N(t)$ le nombre de noyaux à l'instant t . Calculer la valeur de l'activité A_0 de l'échantillon de phosphore reçu par le patient.
- 1.2.4. Déterminer l'instant t_1 où l'activité sera divisée par 10.
- 1.2.5. Tracer l'allure de la courbe représentant $A(t)$ en fonction de t . On tracera la courbe sans calculatrice ; on représentera simplement les activités correspondant à $t_{1/2}$, $2t_{1/2}$, $3t_{1/2}$, $4t_{1/2}$, $5t_{1/2}$...).
- 1.2.6. Retrouver graphiquement l'ordre de grandeur du temps t_1 .

2. Le phosphore 30

En 1934, Irène et Frédéric Joliot-Curie ont synthétisé du phosphore 30 ($^{30}_{15}\text{P}$) en bombardant de l'aluminium 27 avec des particules alpha. Le phosphore 30 se désintègre par émission β^+ en silicium 30, un isotope stable.

Données :

- unité de masse atomique : $1 \text{ u} = 1,660 5 \times 10^{-27} \text{ kg}$
- électron-volt : $1 \text{ eV} = 1,602 18 \times 10^{-19} \text{ J}$
- célérité de la lumière dans le vide : $c = 2,997 92 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- masse de différentes particules :

Particule	proton	neutron	$^{30}_{15}\text{P}$
Masse	$m_p = 1,007 28 \text{ u}$	$m_n = 1,008 66 \text{ u}$	$m(^{30}\text{P}) = 29,970 06 \text{ u}$

- énergie de liaison par nucléon du phosphore 31 :
 $E_l / A = 8,48 \text{ MeV/nucléon}$

2.1. Donner la définition de l'énergie de liaison E_l d'un noyau.

2.2. Donner l'expression du défaut de masse Δm d'un noyau en fonction du nombre de nucléons et du nombre de protons de ce noyau et des masses m_p , m_n et $m(^{30}\text{P})$. Calculer le défaut de masse d'un noyau de phosphore 30 ; l'exprimer en kilogramme.

2.3. Énergie de liaison par nucléon du phosphore 30.

2.3.1. Quelle relation lie l'énergie de liaison et le défaut de masse ?

Calculer l'énergie de liaison d'un noyau de phosphore 30 exprimée en joule puis en MeV. En déduire l'énergie de liaison par nucléon.

2.3.2. Comparer cette valeur à celle de l'énergie de liaison par nucléon du phosphore 31. Conclure.

**EXERCICE II : OSCILLATIONS CHIMIQUES ET OSCILLATIONS MÉCANIQUES
(6 points)**

Des oscillations peuvent être observées dans des domaines très divers.

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

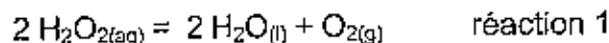
1. Oscillations chimiques

Données : masses molaires en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

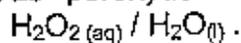
H : 1,0 O : 16,0 I : 126,9

La réaction de Briggs et Rauscher est une réaction chimique oscillante. Lorsqu'on mélange les différents réactifs, la solution passe alternativement du jaune au bleu. La réaction est complexe. Cependant on peut considérer que le bilan est une réaction de dismutation du peroxyde d'hydrogène H_2O_2 (ou eau oxygénée).

Le peroxyde d'hydrogène réagit sur lui-même selon l'équation de réaction suivante :



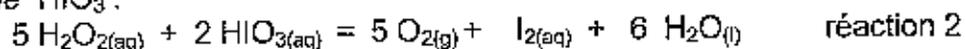
1.1. Le peroxyde d'hydrogène intervient en tant qu'oxydant dans le couple :



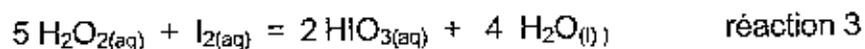
Quel est l'autre couple oxydant-réducteur mis en jeu ?

Quel est le rôle du peroxyde d'hydrogène dans cet autre couple ?

1.2. On peut expliquer de façon simple le phénomène en distinguant deux phases principales qui se répètent et qui mettent en jeu un second réactif, l'acide iodique HIO_3 :



puis



Lors de la réaction 2, il y a apparition de diiode qui, en présence d'empois d'amidon, conduit à la formation d'un complexe bleu. Lors de la réaction 3, il y a disparition du diiode d'où la disparition de la couleur bleue.

Le mélange initial a été réalisé en utilisant un volume V_1 égal à 20 mL d'une solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène de concentration molaire en soluté apporté c_1 égale à $4,5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ et un volume V_2 égal à 20 mL d'une solution aqueuse préparée à partir d'une masse m_2 d'acide iodique HIO_3 égale à 0,70 g.

1.2.1. Calculer les quantités de matière initiales de H_2O_2 et HIO_3 .

Compléter le tableau d'évolution de la réaction 2 donné en annexe I à rendre avec la copie.

Déterminer le réactif limitant et l'avancement maximal.

1.2.2. En déduire la concentration maximale du diiode qui peut se former dans le milieu réactionnel sachant que le volume total est de 60 mL.

1.3. L'évolution de la réaction peut être suivie par spectrophotométrie.

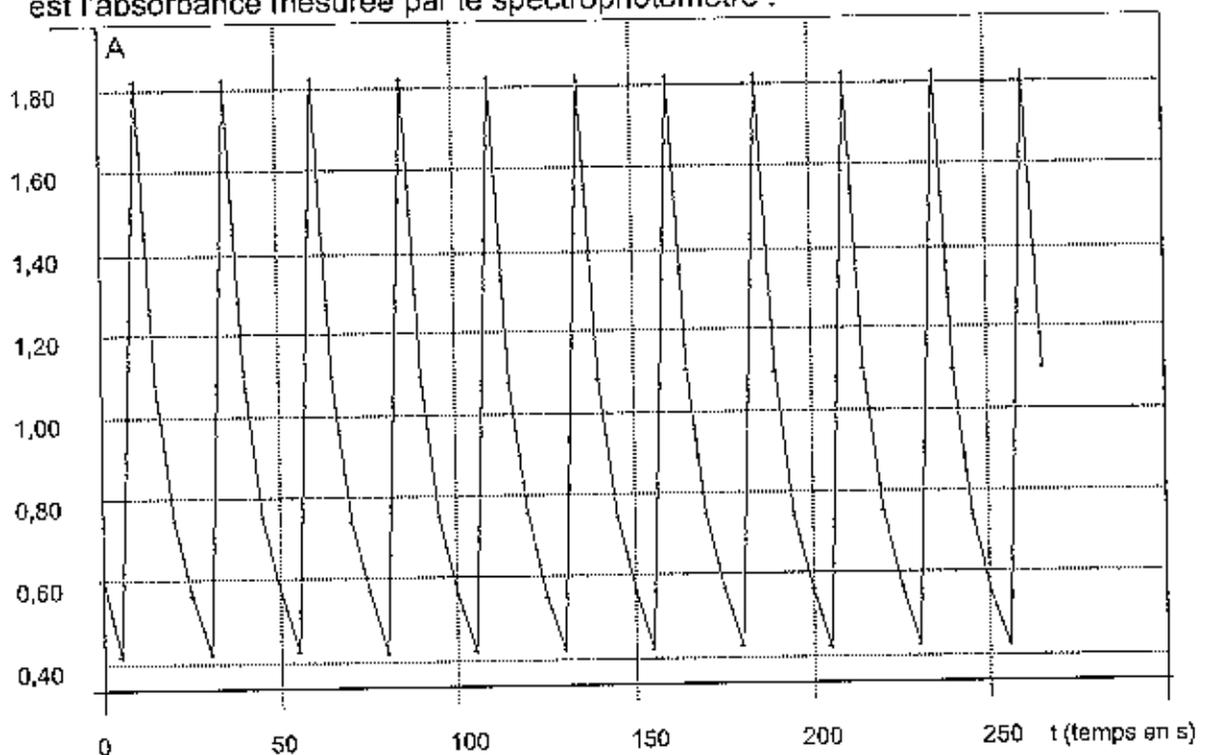
1.3.1. Quelle est la grandeur mesurée par un spectrophotomètre ?

1.3.2. Pour suivre les variations de concentration du complexe bleu formé lors de la réaction 2 en fonction du temps, le spectrophotomètre est réglé sur une longueur d'onde dans le vide égale à 600 nm, dans le domaine du jaune. Justifier ce choix de longueur d'onde.

1.3.3. Énoncer la relation entre la concentration d'une espèce colorée et la grandeur mesurée par un spectrophotomètre.

1.4. Résultats expérimentaux

L'étude réalisée a permis de tracer la courbe représentée ci-dessous, où A est l'absorbance mesurée par le spectrophotomètre :



1.4.1. Déterminer graphiquement la période des oscillations observées. En déduire leur fréquence.

1.4.2. Pour une concentration en diode de $2,50 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$, la valeur de A est de 1,03. On admettra que la quantité de matière de diode formé est égale à celle du complexe coloré.

Déterminer la concentration molaire maximale du diode dans le milieu réactionnel. Comparer à la valeur du 1.2.2. et conclure.

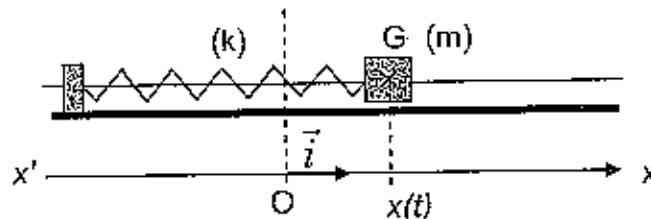
2. Oscillations mécaniques : mesure de la masse d'un astronaute

2.1. Étude théorique de l'oscillateur

Dans cette étude tous les frottements sont négligés.

On peut modéliser un oscillateur mécanique horizontal par un système solide-ressort constitué d'un solide (S) de masse m , mobile sur un rail à coussin d'air, fixé à l'extrémité d'un ressort à spires non jointives, de masse négligeable et de constante de raideur k . La position du centre d'inertie G du solide est étudiée dans un référentiel terrestre considéré comme galiléen et repérée par son abscisse $x(t)$ sur un axe horizontal $x'Ox$. L'origine des abscisses O correspond à l'abscisse de G lorsque le solide est à l'équilibre.

Écarté de sa position d'équilibre puis lâché sans vitesse initiale à $t = 0$ s, le solide (S) oscille ; le système est représenté à un instant t :



- 2.1.1. Nommer les forces extérieures appliquées à (S) à l'instant t et les représenter, sans souci d'échelle, sur le schéma 1 de l'annexe 1 à rendre avec la copie.
- 2.1.2. Quelle loi faut-il appliquer au solide (S) pour déterminer son accélération ?
- 2.1.3. Montrer que l'équation différentielle qui régit le mouvement du centre d'inertie G de (S) est : $\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = 0$.
- 2.1.4. Vérifier que l'équation horaire $x(t) = x_{\max} \cos(2\pi \frac{t}{T_0})$ est une solution de l'équation différentielle pour la période propre $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ de l'oscillateur.

2.2. Détermination de la masse d'un astronaute

La mesure de sa masse est l'un des éléments du bilan médical auquel doit s'astreindre un astronaute. Mais comment « se peser » dans une navette spatiale où règne l'apesanteur ?

L'utilisation d'un pèse-personne n'étant plus possible, les scientifiques ont utilisé le dispositif de la chaise oscillante : un siège de masse m mobile sur un rail à coussin d'air est fixé à l'extrémité d'un ressort, l'autre extrémité étant reliée à un point fixe de l'engin spatial.



Chaise oscillante M 172

La période propre T_1 des oscillations de la chaise « à vide » est égale à 1,28 s. Lorsque l'astronaute de masse M est arrimé sur la chaise (photo ci-dessus), la période propre T_2 des oscillations est alors égale à 2,39 s.

2.2.1. Donner l'expression littérale de la période propre T_1 et de la période propre T_2 puis vérifier que l'expression littérale de la masse M de

$$\text{l'astronaute est : } M = \left(\frac{T_2^2}{T_1^2} - 1 \right) \times m.$$

2.2.2. Calculer M sachant que la masse m du siège est de 25,2 kg.

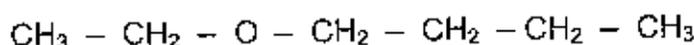
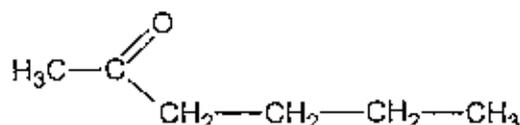
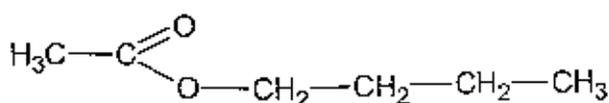
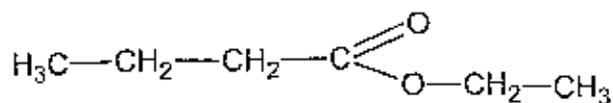
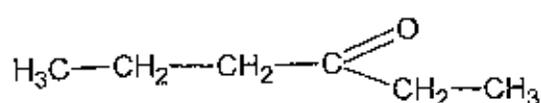
EXERCICE III : L'ARÔME ANANAS (4 points)

De plus en plus souvent des arômes naturels ou de synthèse sont utilisés en cuisine ou dans l'industrie alimentaire. Les arômes de fruits peuvent être obtenus à partir de mélanges d'esters.

D'après l'ouvrage « La chimie des couleurs et des odeurs » de Capron, le parfum artificiel d'ananas est constitué d'un mélange d'esters et d'acides carboxyliques ; l'ester prépondérant est le butanoate d'éthyle.

1. L'arôme ananas du commerce.

1.1. Après avoir identifié le butanoate d'éthyle dans les formules suivantes, recopier sa formule et entourer le groupe caractéristique ester.



1.2. Pour vérifier la présence de butanoate d'éthyle dans un flacon d'arôme ananas du commerce (en phase aqueuse), on souhaite réaliser une extraction liquide-liquide à l'aide d'une ampoule à décanter. On dispose de trois solvants : dichlorométhane, éthanol et cyclohexane.

solvant	eau	éthanol	cyclohexane	dichlorométhane
solubilité du butanoate d'éthyle	faible	bonne	moyenne	bonne
densité	1	0,8	0,6	1,3
miscibilité avec l'eau	/	miscible	non miscible	non miscible

1.2.1. Quel solvant faut-il choisir parmi ceux du tableau pour extraire le maximum de butanoate d'éthyle ? Justifier.

1.2.2. Dessiner l'ampoule à décanter après agitation en précisant le contenu.

1.3. Lors d'une extraction liquide-liquide, on définit le coefficient de partage de l'espèce E à extraire. Ce coefficient est égal à la constante d'équilibre K associée à l'équation de la réaction : $E_{(aq)} = E_{(solvant\ organique)}$ (réaction 1)

1.3.1. Le coefficient de partage s'exprime donc en fonction des concentrations molaires effectives, à l'équilibre, de E dans les phases aqueuse et organique, notées respectivement : $[E_{aq}]_{eq}$ et $[E_{org}]_{eq}$. Donner cette expression.

1.3.2. On dispose d'un volume V de solution aqueuse contenant l'espèce E . On ajoute un volume V_S de solvant organique pour réaliser l'extraction. La quantité de matière initiale de E dans l'eau est notée n_0 et la quantité de matière extraite à l'équilibre est égale à x_{eq} , avancement à l'état final de la réaction 1.

Déterminer l'expression de x_{eq} en fonction de V , V_S , K et n_0 . On pourra s'aider d'un tableau d'évolution pour cette réaction 1.

1.3.3. Le taux d'extraction τ est défini comme le rapport de la quantité de matière extraite x_{eq} à la quantité de matière initiale n_0 .

L'expression de τ en fonction de V , V_S et K est :

$$\tau = \frac{K \cdot V_S}{V + V_S \cdot K}$$

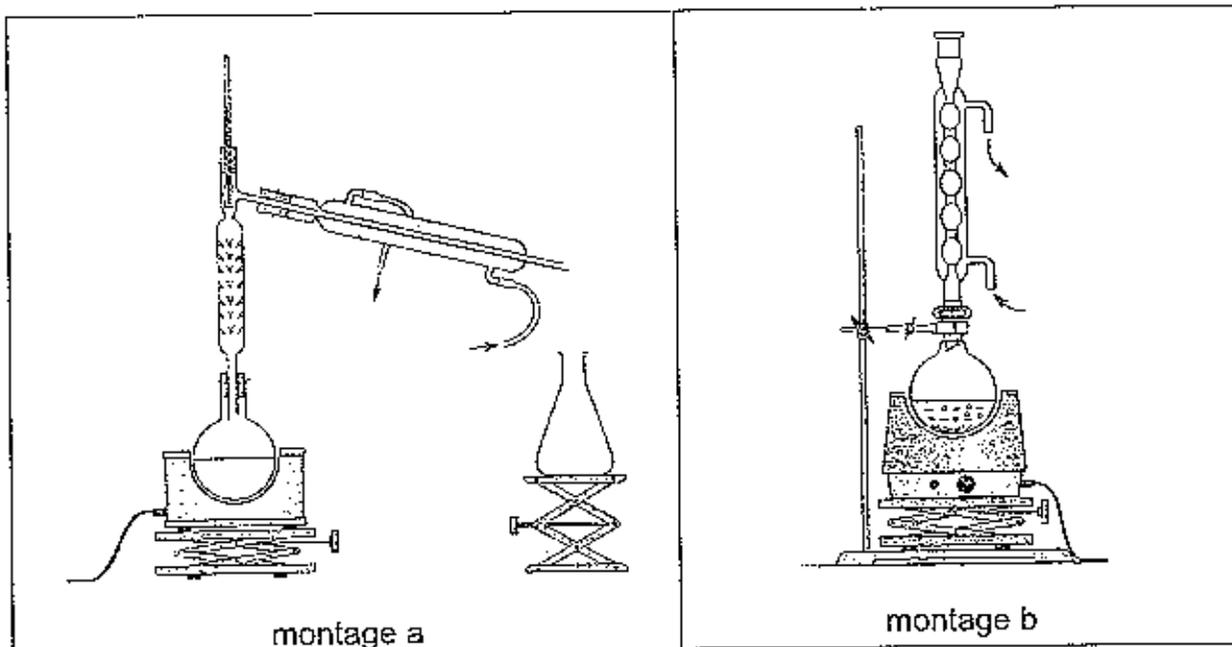
Calculer le taux d'extraction du butanoate d'éthyle lors de l'expérience du 1.2.2. sachant que : $K = 3,0$, $V = 20$ mL et $V_S = 20$ mL.

La phase organique de l'extraction est conservée et appelée solution S_1 .

2. Synthèse du butanoate d'éthyle au laboratoire.

On chauffe à reflux un mélange de 0,20 mol d'acide et de 0,20 mol d'alcool afin d'obtenir l'ester à odeur d'ananas, le butanoate d'éthyle.

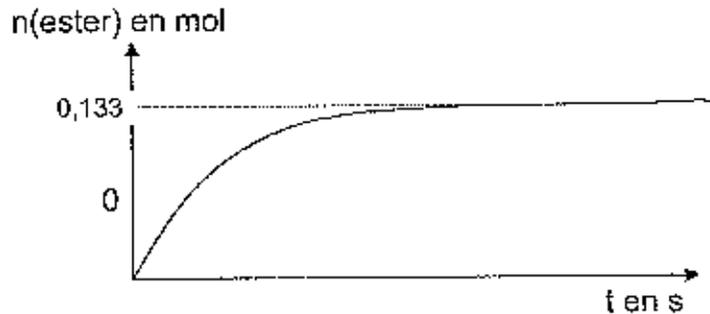
2.1. Identifier le montage de chauffage à reflux. Quel est l'intérêt de ce montage ?



2.2. Écrire à l'aide des formules semi-développées l'équation de la réaction d'estérification envisagée (réaction 2) et préciser le nom des espèces chimiques.

2.3. Donner les caractéristiques de cette réaction.

2.4. Un suivi cinétique de la réaction permet de tracer le graphe de la quantité d'ester formée en fonction du temps (graphe ci-dessous) :



Définir le rendement de cette réaction et le calculer.

2.5. On utilise maintenant pour cette synthèse 0,50 mol d'acide et 0,20 mol d'alcool.

Le rendement va-t-il évoluer ? Expliquer.

Lors de cette synthèse, après refroidissement, on récupère la phase organique ; elle est nommée solution S_2 .

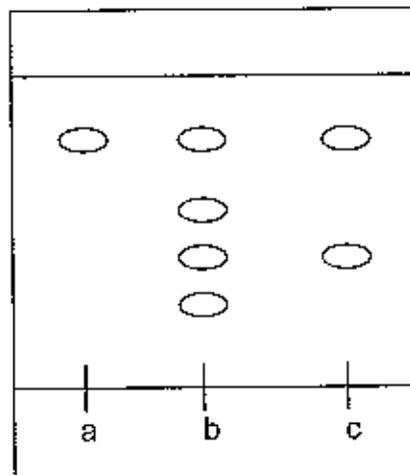
3. Chromatographie sur couche mince

Sur une plaque de silice sensible au rayonnement UV, on effectue trois dépôts :

(a) - solution contenant du butanoate d'éthyle pur (b) - solution S_1

(c) - solution S_2 diluée

La plaque est révélée avec une lampe émettant des radiations ultraviolettes, on obtient le chromatogramme suivant :



- 3.1. Quel est le rôle d'une chromatographie sur couche mince ?
- 3.2. Comment appelle-t-on le solvant ou mélange de solvants utilisé dans la cuve à chromatographie ?
- 3.3. Interpréter le chromatogramme pour les solutions S_1 et S_2 .
- 3.4. Le rapport frontal R_f d'une espèce chimique, dans un solvant ou mélange de solvants donné, est défini par : $R_f = \frac{x}{h}$ où h est la distance parcourue par le solvant ou mélange de solvants et x la distance parcourue par l'espèce chimique.
Déterminer la valeur du rapport frontal du butanoate d'éthyle dans les conditions de cette chromatographie.

ANNEXE I À RENDRE AVEC LA COPIE :
EXERCICE II : OSCILLATIONS CHIMIQUES ET OSCILLATIONS MÉCANIQUES

Question 1.2.1. : Tableau d'avancement de la réaction 2

Équation chimique		$5 \text{H}_2\text{O}_2_{(aq)} + 2 \text{HIO}_3_{(aq)} = 5 \text{O}_2_{(g)} + \text{I}_2_{(aq)} + 6 \text{H}_2\text{O}_{(l)}$				
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)				
État initial	0					
Au cours de la transformation	X					
État final	X_{max}					

Question 2.1.1. : Schéma 1

