

TS5
Devoir surveillé de PHYSIQUE CHIMIE
Mardi 26 Janvier 2016
3 h 00

remarque : La présentation sera soignée ; les résultats demandés encadrés . Tout résultat non justifié ne sera pas pris en compte.

Chaque exercice sera rédigé sur une copie particulière

Aucun sujet ne sera introduit dans les copies dont chaque feuille sera nominative.

Les éventuels documents à compléter seront recopiés ou découpés et collés sur la copie; aucune feuille volante ne sera prise en compte.

Le barème indiqué, peut être modifié lors de la correction.

Exercice 1 : Les Planètes du système solaire (7 points)

L'objectif de cet exercice est d'étudier les planètes du système solaire à travers les points de vue de deux astronomes : Johann Bode (1747-1826) et Johannes Kepler (1571-1630)

Le système solaire est constitué de huit planètes (Mercure, Vénus, Terre, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune), d'une ceinture d'astéroïdes (située entre Mars et Jupiter) située à 2,77 UA et de plusieurs astres mal définis (comme Pluton, Sedna...). Tous ces corps sont en mouvement autour d'une étoile, le Soleil.

➤ **Données :**

- Masse du Soleil : $M_S = 2,00 \times 10^{30}$ kg
- Masse de la Terre : $M_T = 5,98 \times 10^{24}$ kg
- Distance moyenne Terre- Soleil : $R = 150 \times 10^9$ m = 150 Gm
- Constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ unité SI
- 1 UA = distance moyenne entre le Soleil et la Terre.

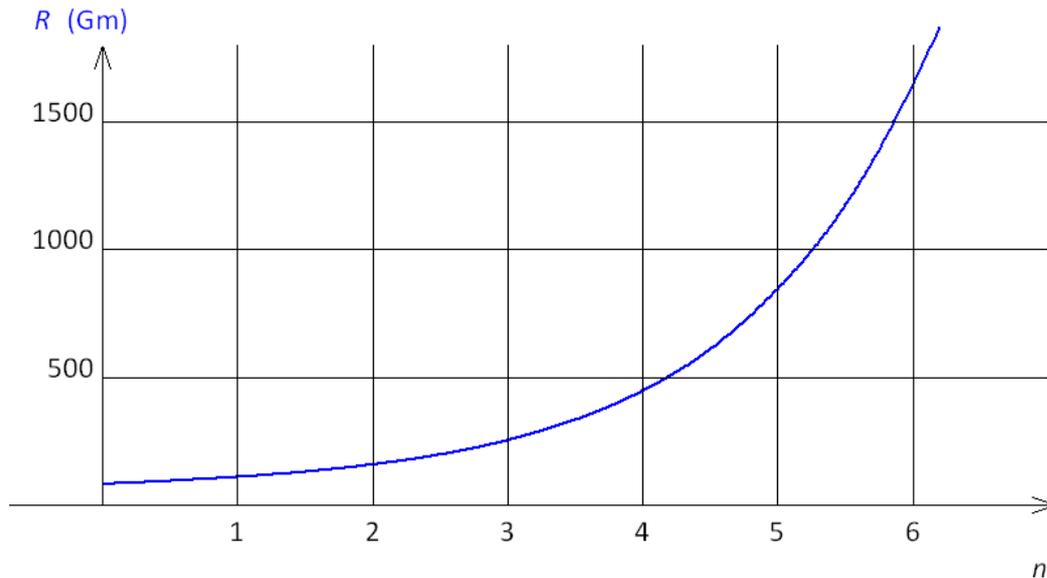
Ordre des planètes	 	1	2	3		
Planètes	Mercure	Vénus	Terre	Mars	Jupiter	Saturne
Distance au soleil (en Gm)	57,9	108,2	150	227,9	778,3	1427
Type de planète	Tellurique	Tellurique	Tellurique	Tellurique	Gazeuse	Gazeuse

1. Questions préliminaires

- 1.1. Quel est le référentiel adapté pour l'étude du mouvement de ces planètes ?
- 1.2. Énoncer les première et deuxième lois de Kepler.

2. La vision de Bode

- Au 18^{ème} siècle, de nombreux astronomes ont cherché à mettre en équation la mécanique céleste. Parmi eux on trouve un allemand, Johann Daniel Titius (1729-1796) qui pensait que les planètes du système solaire étaient placées à des distances du soleil qui suivent une suite arithmético-géométrique (de la forme $r = a + b \times 2^n$ avec n entier naturel). Comme Mercure lui pose un problème, il commence son étude à partir de Vénus, planète à laquelle il attribue $n = 1$. Il indique que $a = 59,8$ Gm et $b = 22,4$ Gm.
 - Mais cette loi est surtout connue grâce à Johann Bode qui l'utilisa et permit la découverte de certains astres du système solaire.
- 2.1. A quelle distance du soleil (en Gm) se situe la ceinture d'astéroïdes ?
 - 2.2. Calculer la valeur attendue de la distance prévue par la méthode de Titius-Bode pour Vénus, Terre et Mars. Comparer ces résultats avec les valeurs du tableau de l'énoncé. Cette loi peut-elle être validée ?
 - 2.3. En utilisant le graphe ci-dessous, déterminer les rangs des planètes gazeuses du système solaire



2.4. Quelle incohérence peut-on relever à partir des deux questions précédentes ?

2.5. A quelle distance devait se situer l'astre manquant ? Comparez cette distance avec la distance au Soleil de la ceinture d'astéroïdes. Que peut-on en conclure?

3. La vision de Kepler

• Bien avant Titius et Bode, un savant allemand avait exprimé le mouvement des planètes du système solaire. Il s'agit de Johannes Kepler dont les lois empiriques ont permis à Newton d'élaborer sa théorie de la gravitation universelle.

3.1. Préciser les quatre caractéristiques de la force de gravitationnelle $\vec{F}_{S/T}$ exercée par le Soleil sur la Terre. Représenter la force $\vec{F}_{S/T}$ sur **la feuille réponse**.

3.2. L'accélération du centre de gravité G de la planète s'exprime sous la forme $\vec{a}_G = \frac{dv}{dt} \vec{t} + \frac{v^2}{r} \vec{n}$

où \vec{t} et \vec{n} sont les vecteurs unitaires de la base de Frenet.

3.2.1 Pour un mouvement uniforme de la planète, montrer que l'accélération n'a qu'une seule composante.

3.2.2 A partir de la deuxième loi de Newton, montrer que pour un **mouvement circulaire uniforme** de la planète, l'accélération peut se mettre sous la forme suivante : $\vec{a}_G = \frac{GM_S}{R^2} \vec{n}$.

3.2.3 En déduire que la vitesse de déplacement de la planète se met sous la forme : $v = \sqrt{\frac{GM_S}{R}}$.

3.2.4 Rappeler la définition de la période de révolution T. En déduire l'expression de T en fonction de v et de R.

3.2.5 Montrer que la relation précédente permet de vérifier la troisième loi de Kepler qui s'écrit $\frac{T^2}{R^3} = \text{constante}$

3.2.6 Vérifier que la période de révolution de la Terre est bien de 365 jours environ.

Exercice 2 : La lidocaïne (8 points)

La lidocaïne est un anesthésique local de type amino-amide souvent employé en sirop, spray ou comprimés pour lutter contre les maux de gorge, les aphtes et plaies à la bouche.

Il existe aussi en crème pour apaiser les brûlures du Soleil ou les piqûres de moustiques. Elle est aussi appelée xylocaïne ou lignocaïne du grec «xylon» et du latin «ligno» signifiant «bois», son action étant réputée pour rendre les membres insensibles... comme du bois



• **Données** : électronégativités : $\chi(\text{H}) = 2,20$; $\chi(\text{C}) = 2,55$; $\chi(\text{N}) = 3,04$; $\chi(\text{O}) = 3,44$; $\chi(\text{Cl}) = 3,16$

Structure électronique des éléments : C : $(\text{K})^2(\text{L})^4$; N : $(\text{K})^2(\text{L})^5$; O : $(\text{K})^2(\text{L})^6$; Cl : $(\text{K})^2(\text{L})^8(\text{M})^7$

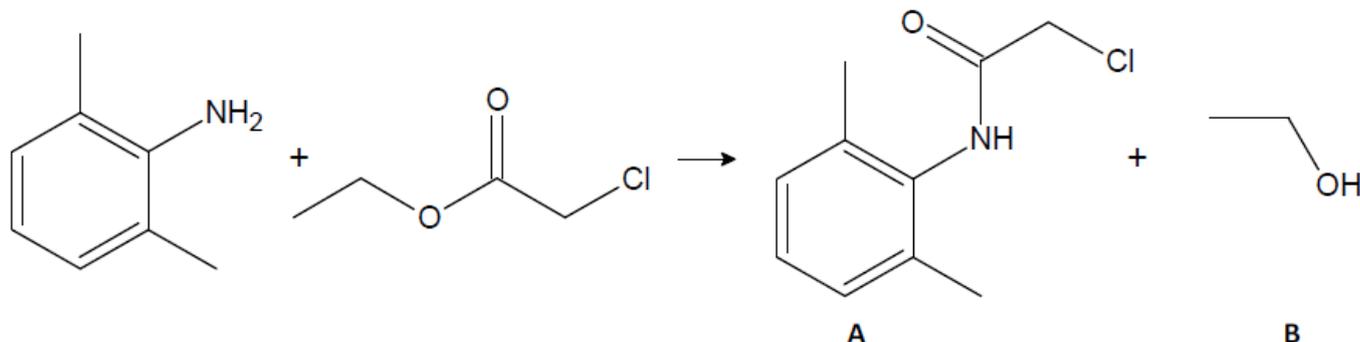
Masse molaire de la lidocaïne $M_{\text{lidocaïne}} = 234,3 \text{ g.mol}^{-1}$.

Masse molaire de la molécule A : $M(A) = 197,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
Masse molaire de la molécule C : $M(C) = 73,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
Densité de C : $d_C = 0,707$

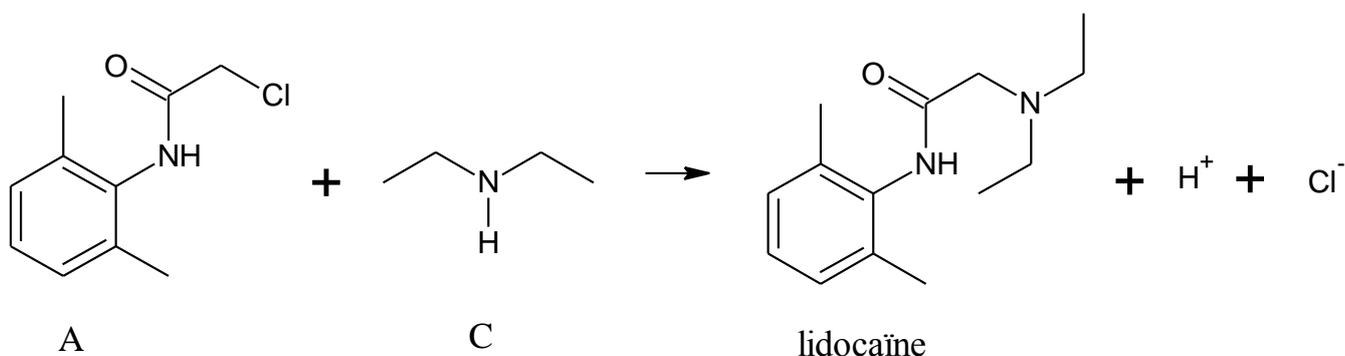
1. Les étapes de la synthèse.

- La lidocaïne est un anesthésique local utilisé couramment en chirurgie. Une partie de la synthèse est détaillée ci-dessous et reproduite sur **la feuille réponse**.

Première étape



Seconde étape



- Dans la première étape entourer, sur **la feuille réponse**, les groupes caractéristiques présents dans les réactifs et les produits en précisant la famille associée.
- Donner la formule développée et le nom de la molécule B.
- Dans la seconde étape, quel type de réaction (addition, élimination, substitution) est mis en jeu ? Justifier.
- Représenter tous les doublets non liants des réactifs de l'étape 2 sur le schéma de **la feuille réponse**.
- Préciser le site donneur de doublet d'électrons de la molécule C.
- Quel est le site accepteur de la molécule A intervenant dans la réaction ? Justifier à partir de la polarisation des liaisons.
- Représenter, sur **la feuille réponse**, le mouvement des doublets d'électrons à l'aide de flèches courbes au cours de la seconde étape.

2. Suivi cinétique

On réalise un suivi temporel de la réaction de synthèse de la lidocaïne correspondant à la seconde étape.

A la date $t_1 = 0 \text{ min}$, on introduit, dans un ballon bicol de 100 mL, une masse $m_1 = 5,00 \text{ g}$ de N-chloroacétyl-2,6-diméthylaniline à l'état solide, que l'on notera par la suite réactif A et un volume $V_2 = 10,0 \text{ mL}$ de diéthylamine. On ajoute un volume $V_3 \sim 50 \text{ mL}$ de toluène: solvant permettant de favoriser le contact entre les espèces chimiques du mélange réactionnel. On chauffe à reflux le mélange précédent. Le suivi de la réaction de synthèse est réalisé par prélèvement successifs à instants donnés, trempe et dosage de l'acide formé. On obtient alors les valeurs de l'avancement en fonction du temps de réaction.

Une fois la transformation achevée, on extrait la lidocaïne du mélange réactionnel par distillation.

Analyse du protocole expérimental :

2.1. Parmi la liste de matériel ci-dessous, choisir la verrerie adaptée au prélèvement des volumes V_2 et V_3 .

Bécher de 10 mL ou 50 mL ; fiole jaugée de 10,0 mL, de 50,0 mL ; pipette jaugée de 10,0 mL, de 50,0 mL ; éprouvette graduée de 10mL, de 50 mL.

2.2. La trempe consiste à placer le prélèvement dans un tube à essais plongé dans un mélange eau +glace. Quel est l'intérêt de cette étape ?

Etude quantitative de la transformation chimique :

2.3. Calculer les quantités de matière initiales des réactifs .

2.4. Compléter le tableau d'avancement donné en annexe

2.5. Déterminer l'avancement maximal ainsi que le réactif limitant.

Etude cinétique de la transformation chimique :

Le suivi temporel et son exploitation ont permis de tracer la courbe donnée en annexe.

2.6. Donner la définition puis déterminer graphiquement le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ en montrant soigneusement la méthode employée

La réaction est menée une seconde fois en ajoutant un catalyseur. Les résultats sont rassemblés dans le tableau suivant :

t (min)	0	4	8	12	16	20	25	30	50
x ($\times 10^{-2}$ mol)	0	1,0	1,6	1,8	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0

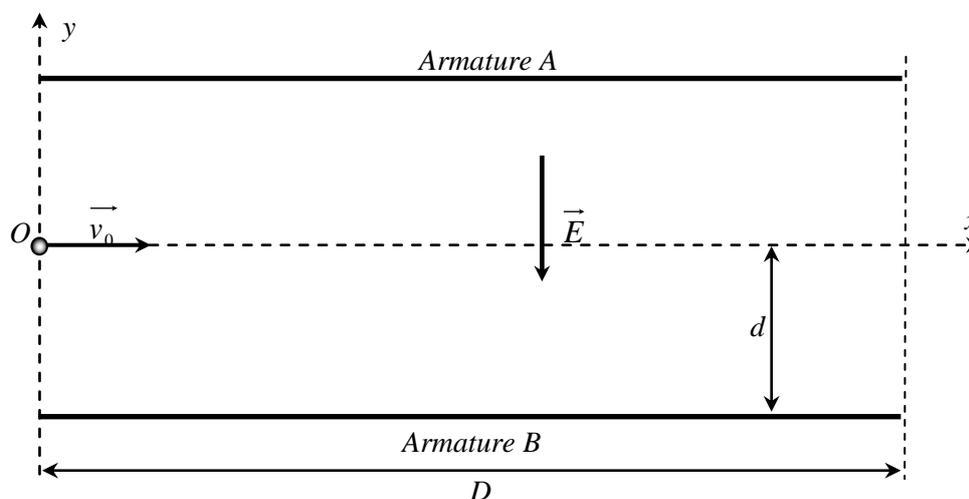
2.7. Placer les points expérimentaux sur le graphique précédent et en déduire le nouveau temps de demi-réaction $t_{1/2}$. Qu'en déduire concernant l'utilisation d'un catalyseur ?

Exercice 3 : condensateur plan (5 pts)

On considère un proton lancé à la vitesse v_0 depuis l'origine O du repère dans un condensateur constitué de deux armatures planes de longueur D chargées de manière opposée et distante d'une longueur $2d$.

La charge électrique du proton est $+e$. Sa masse est $m = 1,6 \cdot 10^{-27}$ kg.

On donne $g = 10$ N.kg⁻¹.



1. Quel est le système d'étude ?
2. Sachant que l'armature A est chargée positivement, vers quelle armature se dirigera le proton lors de son mouvement dans le condensateur ? Justifier.

3. Représenter sur le schéma en annexe l'allure de la trajectoire du proton sachant qu'il finit par ressortir du condensateur sans être capturé par une armature.
4. Une force peut être négligée si elle est au moins mille fois inférieure à une autre. Sachant que la force électrique \vec{F}_E que subit le proton dans le condensateur est de $3,2 \cdot 10^{-15} \text{ N}$ montrer que le poids du proton peut être négligé lors de l'étude de son mouvement.
5. Donner les coordonnées du vecteur champ électrique dans le condensateur.
6. En déduire celles de la force électrique que subit le proton.

7. Montrer que l'accélération subit par le proton peut s'écrire : $\vec{a} \left(\begin{array}{c} 0 \\ -\frac{eE}{m} \end{array} \right)$

8. Sachant que les équations horaires du mouvement du proton sont :
détérminer l'équation de sa trajectoire. $\left\{ \begin{array}{l} x(t) = v_0 t \\ y(t) = -\frac{eE}{2m} \times t^2 \end{array} \right.$

Question BONUS : (+2 pts)

Montrer que pour que le proton puisse ressortir du condensateur sans toucher la plaque il faut que :

$$E < \frac{2mv_0^2 d}{eD^2}$$

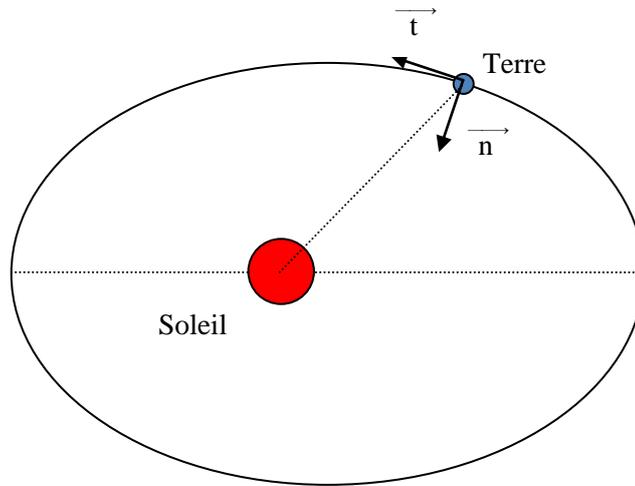
ANNEXE : FEUILLES REPONSES

NOM :

Prénom :

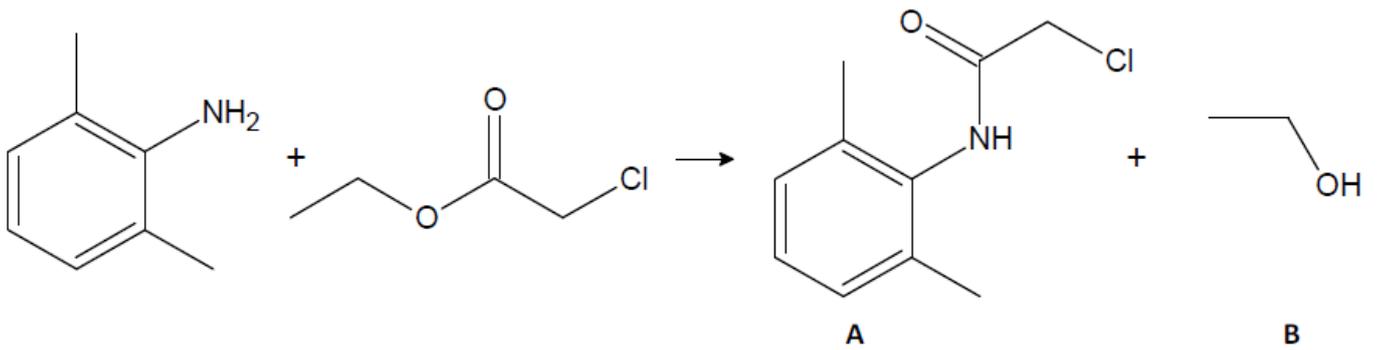
Classe : TS ...

I. Deux visions du système solaire

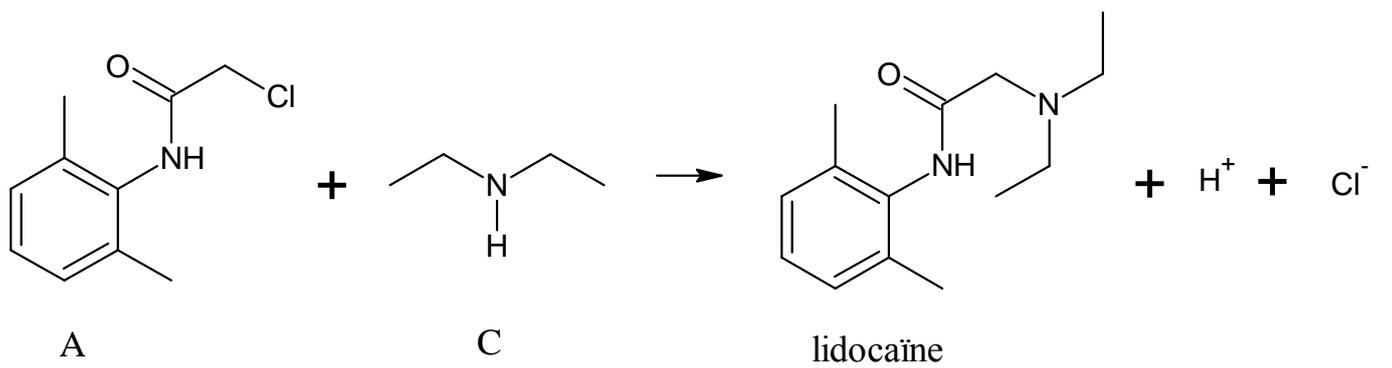


II. La lidocaïne

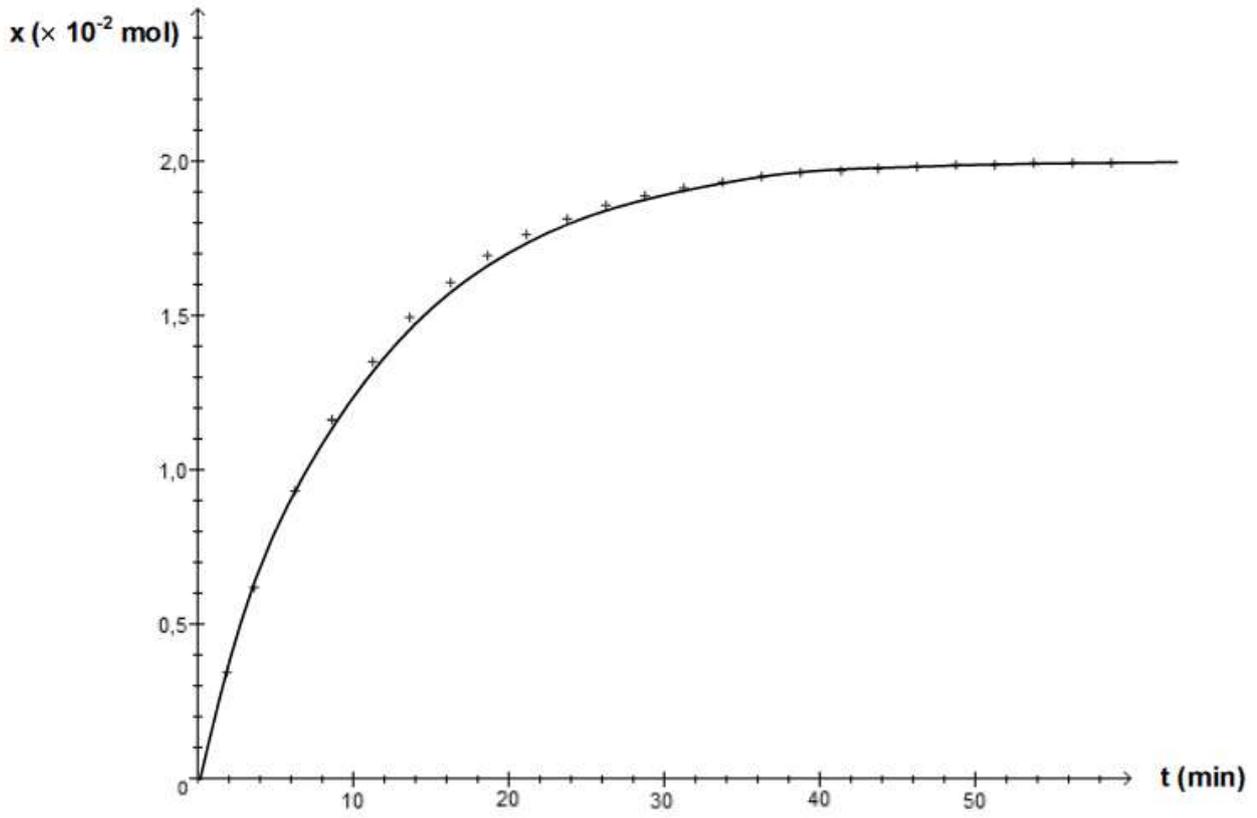
Première étape



Seconde étape



	$C_{10}H_{12}NOCl$	+	$C_4H_{11}N$	=	$C_{14}H_{22}N_2O$	+	HCl
Etat initial							
Etat intermédiaire							
Etat final							



III. Condensateur plan

