

Traitement d'une infection virale (8 points)

Pour une infection provoquée par le virus Influenza, deux types de traitements peuvent être prescrits aux patients : les traitements symptomatiques tels que les antipyrétiques (paracétamol, ibuprofène, ...) et les traitements antiviraux (oséltamivir, zanamivir,...)

Dans un laboratoire, on reçoit deux comprimés : l'un étant de l' « ibuprofène 100 mg » et l'autre de l'« oséltamivir 75 mg ». Ces médicaments contiennent un principe actif différent et d'autres espèces chimiques appelées excipients. Le principe actif est l'espèce chimique utile au traitement. Par exemple, pour le comprimé « ibuprofène 100 mg », il s'agit de l'ibuprofène.

Dans cet exercice on se propose de vérifier l'identité des deux comprimés, puis de réaliser le dosage pH-métrique de l'ibuprofène et enfin d'étudier quelques propriétés de l'oséltamivir.

Les trois parties de cet exercice sont indépendantes.

1. Identification des comprimés d'ibuprofène et de l'oséltamivir

1.1. Analyse chromatographique

On réalise une chromatographie sur couche mince des deux comprimés reçus que l'on nomme arbitrairement A et B. L'éluant est un mélange complexe de solvants organiques.

Identifier, en justifiant les réponses, les deux comprimés A et B à partir du chromatogramme représenté en **figure 1**.

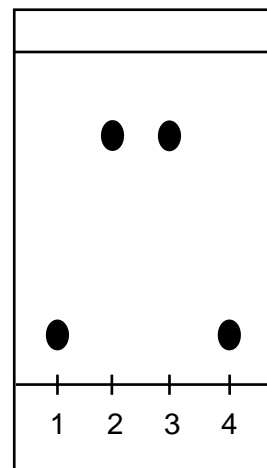


Figure 1. chromatogramme

Dépôt 1 : principe actif du comprimé A

Dépôt 2 : principe actif du comprimé B

Dépôt 3 : ibuprofène de référence

Dépôt 4 : « oséltamivir » de référence

1.2. Principe actif

Données :

- masse molaire de l'ibuprofène : $M_i = 206 \text{ g.mol}^{-1}$;

- masse molaire de l'oséltamivir : $M_o = 312 \text{ g.mol}^{-1}$.

Aide au calcul : $\frac{100}{206} = 0,485$; $100 \times 206 = 2,06 \times 10^4$; $\frac{312}{485} = 0,643$; $312 \times 485 = 1,51 \times 10^5$

- 1.2.1. La masse du comprimé d' «ibuprofène 100 mg » est de 300 mg. Celle du comprimé d'« oséltamivir 75mg » est de 225 mg. Expliquer la différence entre les masses annoncées et les masses mesurées.
- 1.2.2. Déterminer la quantité de matière de principe actif contenu dans le comprimé d' «ibuprofène 100 mg ».
- 1.2.3. Calculer la masse d'oséltamivir correspondant à la même quantité de matière.
- 1.2.4. Les deux comprimés contiennent-ils la même quantité de matière de leur principe actif ? Justifier.

2. Dosage pH-métrique de l' « ibuprofène »

On souhaite vérifier la masse d'ibuprofène présente dans un comprimé. L'ibuprofène a été synthétisé pour la première fois dans les années 1960. Sa formule correspond à la **figure 2**.

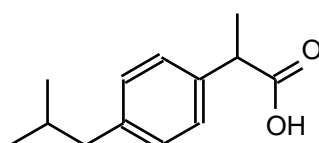


Figure 2. Ibuprofène

2.1. Préparation de la solution aqueuse d'ibuprofène

On broie puis on dissout le comprimé contenant l'ibuprofène dans 30 mL d'éthanol. Les excipients y sont insolubles. On filtre alors sous vide le mélange. Le filtrat, contenant l'ibuprofène dissous, est dilué dans 70 mL d'eau. On obtient une solution S d'ibuprofène dont on admet qu'elle a le même comportement qu'une solution aqueuse.

- 2.1.1. En utilisant les mots contenus dans le tableau ci-dessous, légendier le schéma de la **FIGURE 1 DE L'ANNEXE 1**.

filtrat	fiolle à vide	papier filtre
entonnoir Büchner	excipients solides	vers la trompe à vide

- 2.1.2. Expliquer pourquoi la filtration sous vide est préférée à la filtration simple.

2.2. Réalisation du dosage pH-métrique de l'ibuprofène

On dose l'ibuprofène contenu dans la solution S à l'aide d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$) de concentration en soluté apporté $c_B = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. La mesure du pH permet de tracer les courbes de la **FIGURE 2 DE L'ANNEXE 1**.

- 2.2.1. À l'aide de la formule de l'ibuprofène (**figure 2**), expliquer pourquoi il est possible de doser la solution S par une solution d'hydroxyde de sodium.
- 2.2.2. On note l'ibuprofène AH. Écrire l'équation de la réaction support du dosage.

2.2.3. À l'aide du graphique de la **FIGURE 2 DE L'ANNEXE 1**, justifier qu'aux erreurs de mesure près, le volume versé à l'équivalence est $V_{BE} = 9,4$ mL.

2.2.4. Parmi les propositions ci-dessous, choisir, en le justifiant, l'expression littérale correcte pour déterminer la masse effective m d'ibuprofène dans le comprimé où M_i est la masse molaire de l'ibuprofène.

a. $m = \frac{c_B \cdot V_{BE}}{M_i}$

b. $m = \frac{c_B \cdot M_i}{V_{BE}}$

c. $m = \frac{M_i \cdot V_{BE}}{c_B}$

d. $m = c_B \cdot V_{BE} \cdot M_i$

2.2.5. Calculer la masse effective m d'ibuprofène dans le comprimé et conclure.

Aide au calcul : $\frac{5,00 \times 9,4}{2,06} = 23$; $\frac{5,00 \times 2,06}{9,4} = 1,1$; $\frac{2,06 \times 9,4}{5,00} = 3,9$; $2,06 \times 5,00 \times 9,4 = 97$

3. Propriétés de l'oséltamivir

L'oséltamivir a été développé vers 1995. Sa formule semi-développée correspond à la **figure 5**.

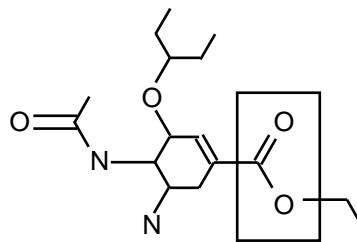


Figure 5. Oséltamivir

Par souci de simplification d'écriture, cette formule sera notée $R_1-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-R_2$

R_1 étant un groupe n'intervenant pas dans le sujet et contenant les éléments C, H, O et N.

3.1. Groupes caractéristiques

3.1.1. Nommer le groupe caractéristique encadré.

3.1.2. Donner la formule semi-développée du groupe R_2 .

3.2. Transformation chimique de l'oséltamivir

L'oséltamivir, une fois ingéré, est transformé par une enzyme en ion carboxylate ; celui-ci agit alors sur le virus. On admet que l'enzyme joue le même rôle que l'ion hydroxyde HO^- sur le groupe caractéristique encadré.

3.2.1. Écrire la réaction entre l'oséltamivir (noté $R_1-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-R_2$) et l'ion hydroxyde.

3.2.2. Comment nomme-t-on cette réaction ?

3.2.3. Donner les deux caractéristiques de la réaction chimique précédente.

3.3. Première étape de la synthèse de l'oséltamivir

En 2005, il a été révélé que l'oséltamivir était produit à partir de l'acide shikimique (voir **figure 6**) contenu dans la badiane chinoise, aussi appelée anis étoilé et cultivée dans le sud de la Chine. Cet acide, qui ne présente aucune activité antivirale, subit de multiples transformations avant de devenir l'oséltamivir. La première étape est une estérification entre l'acide shikimique et l'éthanol.

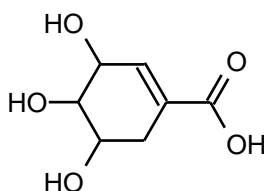


Figure 6. Acide shikimique

3.3.1. Caractéristiques d'une estérification

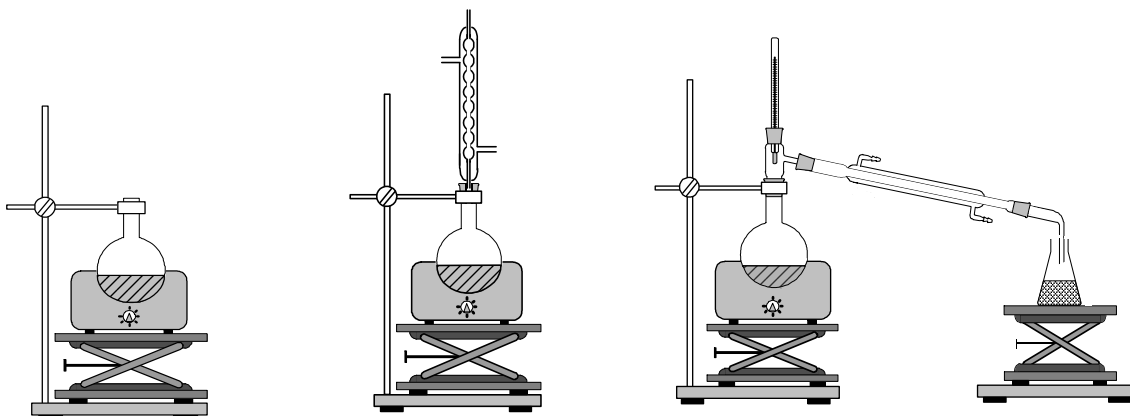
a. Écrire l'équation de la réaction d'estérification entre l'acide shikimique noté $\text{R}-\text{C}(\text{OH})=\text{O}$ et l'éthanol, en formule semi-développée.

b. Citer deux caractéristiques de cette réaction d'estérification.

3.3.2. Synthèse de l'ester

On dissout 200 mg d'acide shikimique dans 10 mL d'éthanol et on ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique, ainsi que quelques grains de pierre ponce. On chauffe à reflux le mélange réactionnel.

a. Parmi les trois propositions ci-dessous, choisir le schéma correct correspondant au protocole décrit :



A.

B.

C.

b. Quel est le rôle du réfrigérant à eau ?

c. Quel est l'intérêt de chauffer le mélange réactionnel ?

d. Quel est l'intérêt d'ajouter de l'acide sulfurique ?

3.3.3. Rôles de l'éthanol

a. Parmi les propositions ci-dessous, choisir la (ou les) réponse(s) correcte(s) relative(s) au(x) rôle(s) joué(s) par l'éthanol :

A. catalyseur

B. réactif

C. solvant

b. Quel est l'intérêt d'utiliser l'éthanol en excès sur l'état d'équilibre du système ?

c. Une réaction est-elle possible entre deux groupes caractéristiques de deux molécules d'acide shikimique ? Justifier.

A propos du satellite SPOT 4 (5 points)

Le satellite d'observation SPOT 4 est placé sur une orbite polaire (c'est-à-dire passant à la verticale des pôles) supposée circulaire dans le référentiel d'étude, à une altitude $h = 830 \text{ km}$ et sa période de révolution est de $T = 101 \text{ min}$.

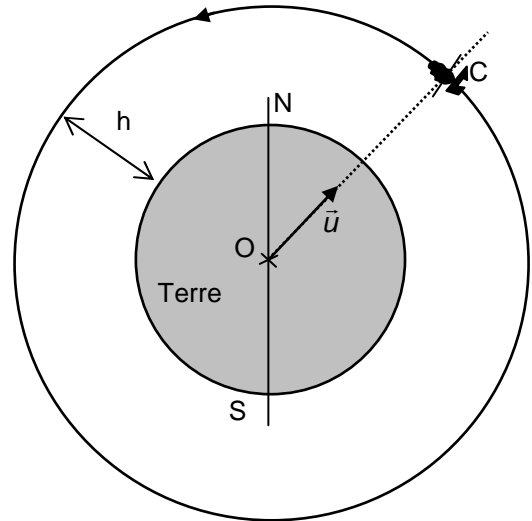
On supposera que le satellite, de centre d'inertie C, est un solide ponctuel. À cette altitude, on suppose que le satellite se déplace sans frottement.

On appellera m la masse du satellite et M_T la masse de la Terre.

On donne :

Rayon moyen de la Terre : $R_T = 6,38 \times 10^6 \text{ m}$

Constante gravitationnelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$



Aides au calcul :

$$\frac{4\pi^2}{6,67 \times 10^{-11}} \approx 6 \times 10^{11}$$

$$\frac{6,67 \times 10^{-11}}{4\pi^2} \approx 2 \times 10^{-12}$$

$$\pi^2 \approx 10$$

$$(7,21 \times 10^6)^2 \approx 5 \times 10^{13}$$

$$(7,21 \times 10^6)^3 \approx 4 \times 10^{20}$$

$$(6,06 \times 10^3)^2 \approx 4 \times 10^7$$

$$(6,06 \times 10^3)^3 \approx 2 \times 10^{11}$$

1. Quel est le nom du référentiel dans lequel le mouvement du satellite est étudié ?

Décrire la trajectoire d'un point de la surface de la Terre dans ce référentiel.

2. Exprimer vectoriellement la force \vec{F} exercée par la Terre sur le satellite en fonction des données de l'énoncé et du vecteur unitaire \vec{u} .

3. On considérera dans la suite de l'exercice que le référentiel d'étude est galiléen

3.1 Énoncer la deuxième loi de Newton appliquée au satellite.

3.2 En déduire une représentation du vecteur accélération \vec{a} (sans souci d'échelle) sur le schéma en annexe 1, à rendre avec la copie.

3.3 En déduire que la valeur de l'accélération a du centre d'inertie C du satellite est : $a = G \frac{M_T}{(R_T + h)^2}$

4. Quelles propriétés a le vecteur accélération si le mouvement est circulaire uniforme ? Montrer que ces propriétés sont vérifiées ici.
5. Donner l'expression de la vitesse v , supposée constante, du centre d'inertie C du satellite en fonction de R_T , h et T .
6. Donner l'expression de l'accélération a du centre d'inertie C du satellite en fonction de v , R_T et h . En déduire l'expression de l'accélération a du centre d'inertie C du satellite en fonction de R_T , h et T .
7. En identifiant les expressions de l'accélération obtenues aux questions 4.3 et 7, exprimer la masse M_T de la Terre en fonction des données de l'énoncé et calculer sa valeur. (Pour cette seule question, le résultat sera exprimé avec un seul chiffre significatif).
8. Le satellite est-il géostationnaire ? Justifier la réponse.

Détermination de la capacité d'un condensateur. (7 points)

On se propose de déterminer la capacité d'un condensateur à partir de deux méthodes différentes.

On dispose du matériel suivant :

- un générateur de tension continue $E = 20 \text{ V}$;
- une boîte de résistances étalonnées R ($\times 1 \Omega$, $\times 10 \Omega$, $\times 100 \Omega$, $\times 1000 \Omega$) ;
- une bobine idéale d'inductance $L = 0,50 \text{ H}$ et de résistance nulle ;
- un condensateur de capacité C inconnue ;
- un ordinateur relié au montage par une interface et permettant d'enregistrer des variations de tensions et d'intensité au cours du temps ;
- des fils de connexion sécurisés ;
- un interrupteur.

I - Première méthode.

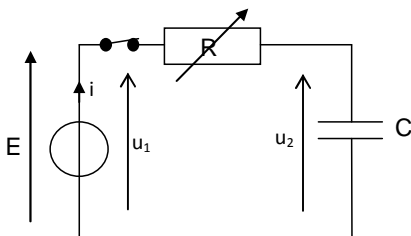


Figure 1

Le montage d'un circuit RC est représenté sur la **figure 1**.

À l'aide de l'ordinateur, on enregistre les variations, au cours du temps des deux tensions u_1 et u_2 à partir de l'instant de la fermeture de l'interrupteur, choisi comme origine des dates.

Les graphes obtenus pour les différentes valeurs de la résistance R sont reproduits sur l'**annexe 3**, à rendre avec la copie.

1. Compléter le tableau 1 l'**annexe 3**, à rendre avec la copie, en indiquant dans chaque case, le numéro de la courbe qui convient (le même numéro peut apparaître plusieurs fois).
2. Compléter le tableau 2 de l'**annexe 3**, à rendre avec la copie, après avoir déterminé graphiquement la constante de temps τ correspondant à la charge du condensateur pour $R = 1600 \Omega$ en expliquant la méthode utilisée.
3. Donner l'expression de la constante de temps τ en fonction des caractéristiques du circuit. Justifier son unité par une analyse dimensionnelle.
4. Tracer sur le quadrillage de l'**annexe 3**, à rendre avec la copie, le graphe représentant τ en fonction de R (échelle : 1 carreau \leftrightarrow 0,02 s et 1 carreau \leftrightarrow 100 Ω).
En déduire la valeur de C en expliquant la méthode utilisée.

II - Deuxième méthode.

Le condensateur chargé sous une tension $E = 20\text{ V}$ est maintenant placé en série avec la résistance R et la bobine idéale d'inductance $L = 0,50\text{ H}$ et de résistance nulle.

Le circuit ainsi réalisé est représenté sur la **figure 2**.

À l'instant de date $t = 0\text{ s}$, on ferme l'interrupteur.

L'ordinateur permet de suivre les variations, au cours du temps de la tension u_C et de l'intensité i .

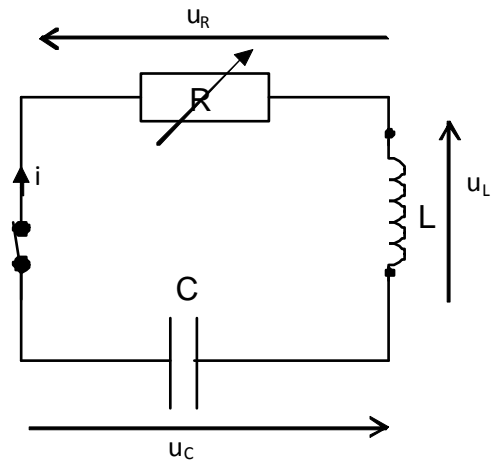
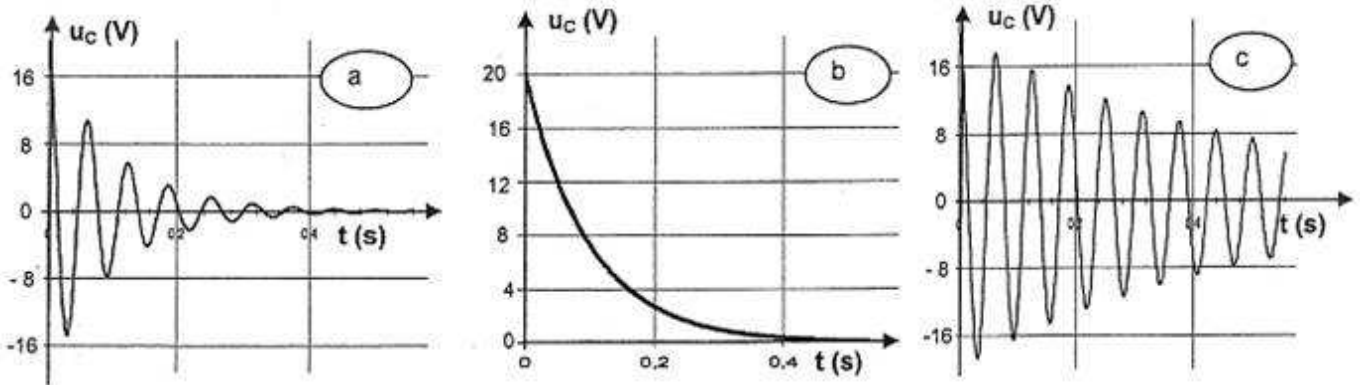


Figure 2

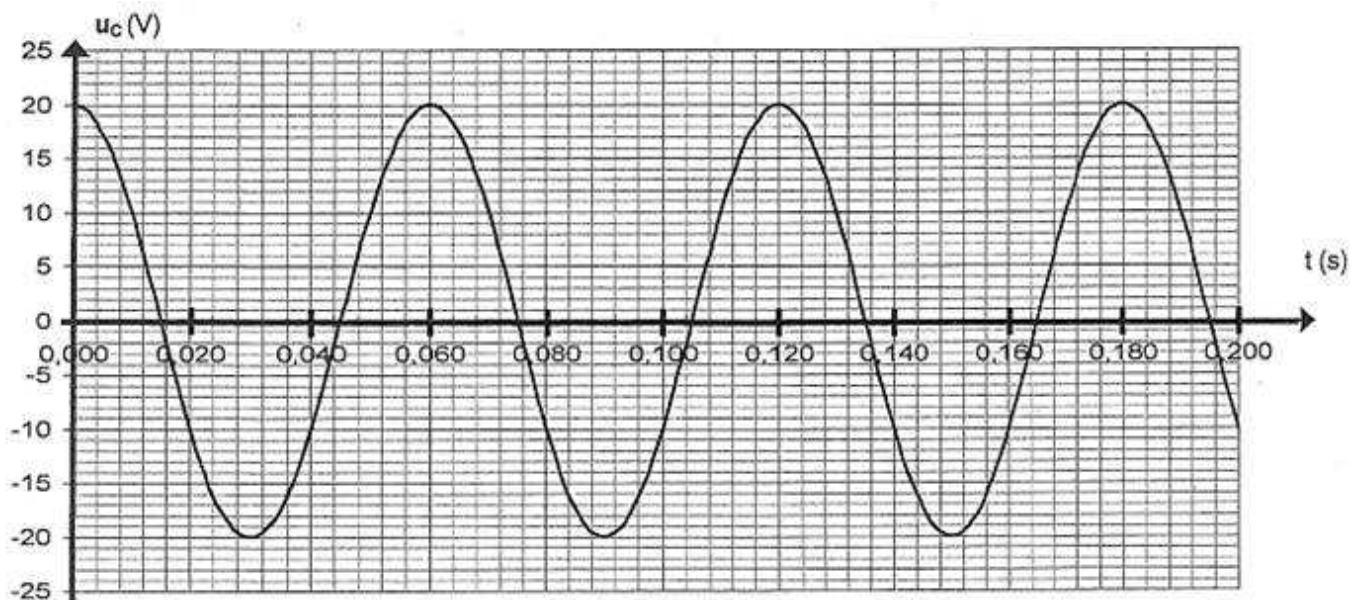
1. On donne ci-dessous plusieurs courbes représentant les variations de u_C au cours du temps pour différentes valeurs de R .

Compléter le tableau 3 de l'**annexe 3**, à rendre avec la copie, en associant chaque courbe à la valeur de R qui lui correspond et donner le nom du régime de décharge.



2. Établir l'équation différentielle vérifiée par la fonction $u_C(t)$ si la résistance R est nulle.

3. L'ordinateur donne la courbe suivante :



a. Déterminer la période propre T_0 des oscillations et donner son expression en fonction des caractéristiques du circuit.

b. En déduire la valeur de C .

On donne :

$$(0,060)^2 = 3,6 \times 10^{-3}$$

$$\pi^2 \approx 10$$

ANNEXE 1 À RENDRE AVEC LA COPIE

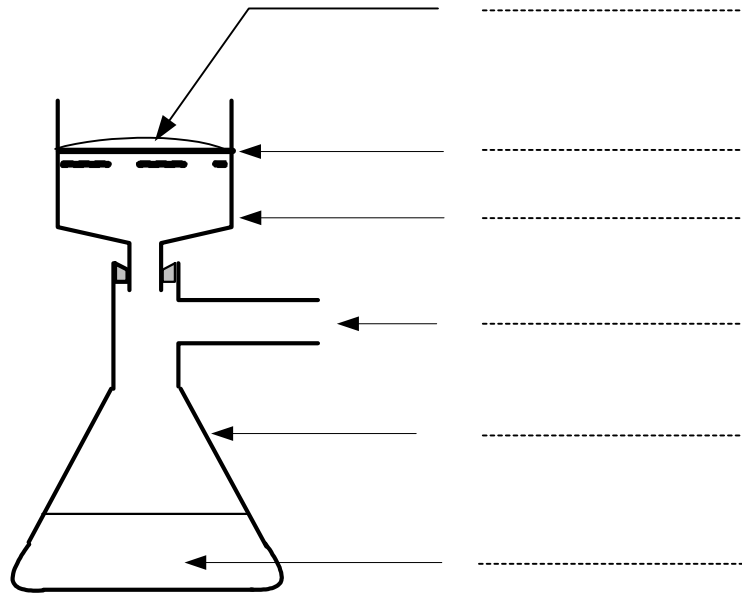


Figure 1. Schéma du montage de filtration sous vide

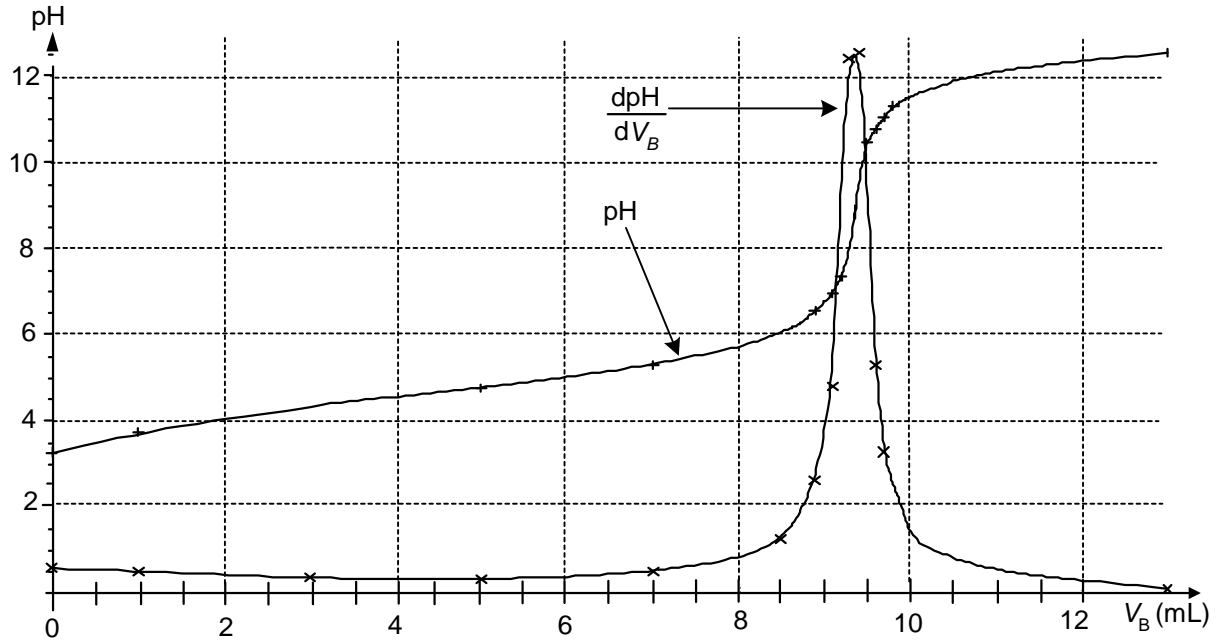
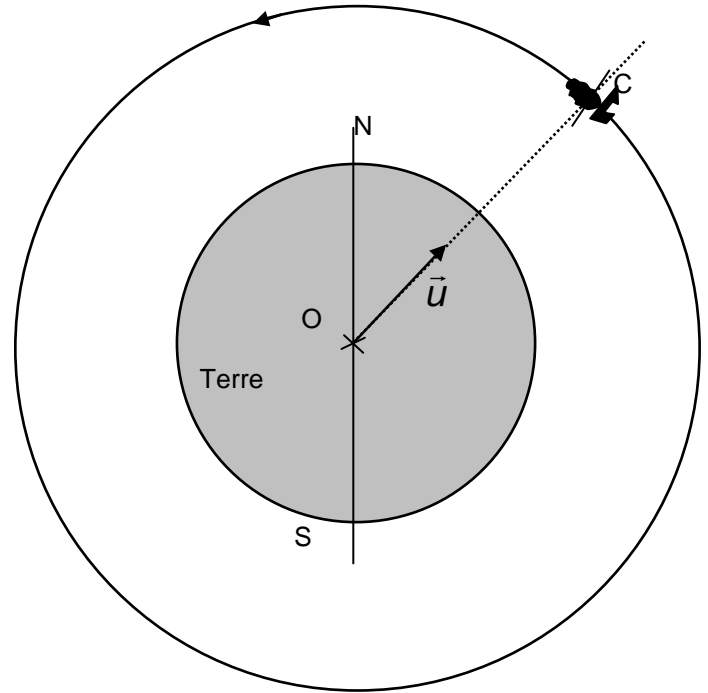


Figure 2. Évolution du pH de la solution et de sa dérivée au cours du dosage

ANNEXE 2 À RENDRE AVEC LA COPIE

Trajectoire du satellite SPOT 4



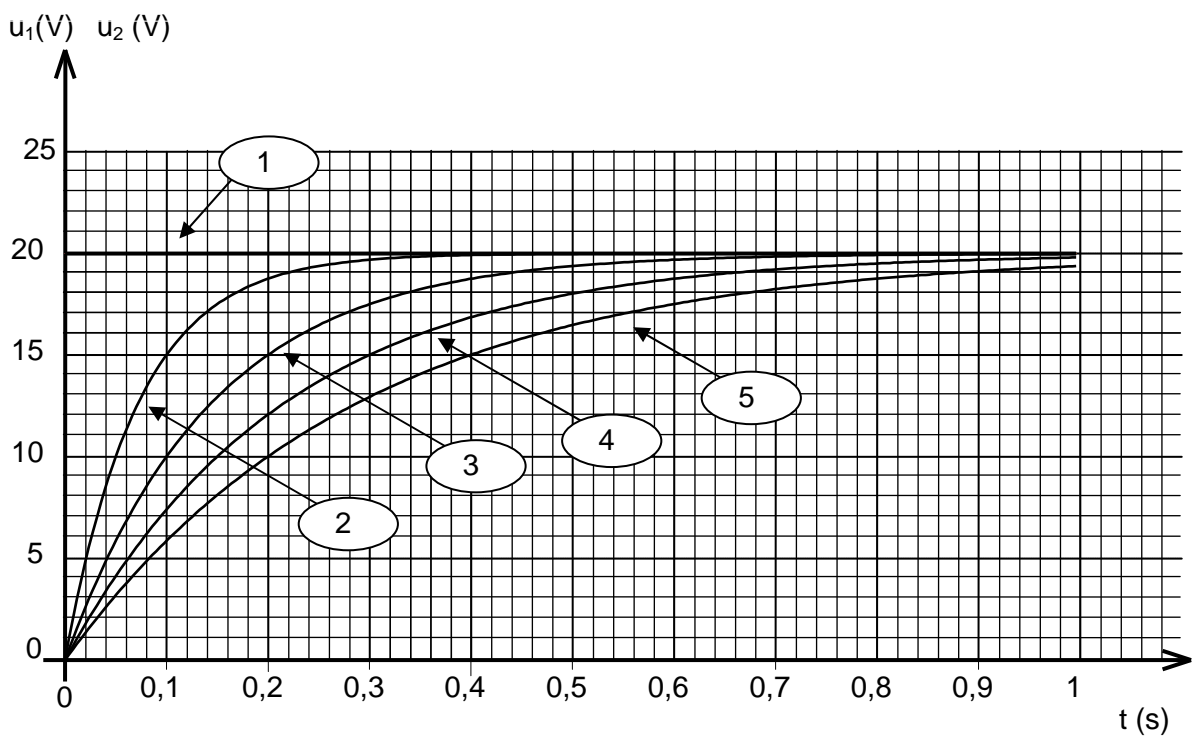
ANNEXES 3 À RENDRE AVEC LA COPIE

Tableau 1

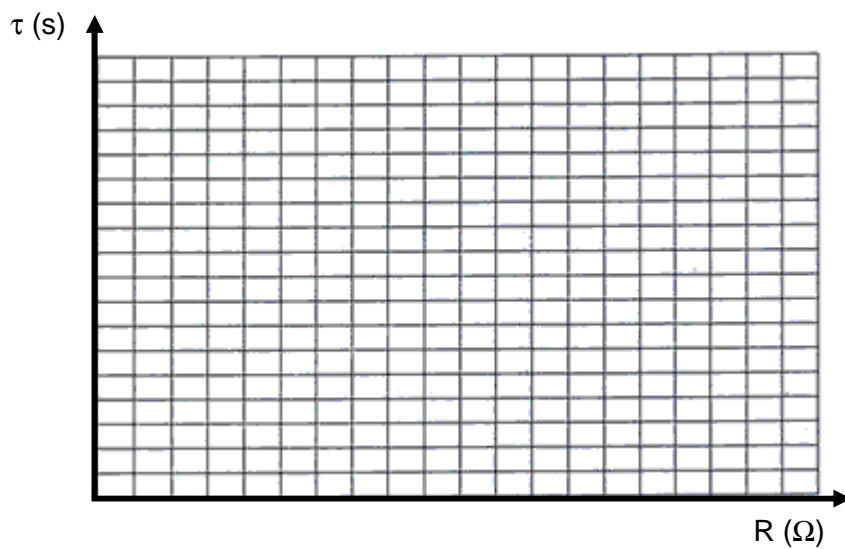
R (Ω)	400 Ω	800 Ω	1200 Ω	1600 Ω
Courbe représentant u_1				
Courbe représentant u_2				

Tableau 2

R (Ω)	400 Ω	800 Ω	1200 Ω	1600 Ω
τ (s)	0,06	0,14	0,21	



Quadrillage



Échelle :

1 carreau \leftrightarrow 0,02 s

Tableau 3

	R= 2 Ω	R= 10 Ω	R= 1000 Ω
Courbe représentant u_C			
Nom du régime de décharge			