

Note : Le candidat doit répondre à l'exercice 1 et choisir 2 exercices des 3 restants

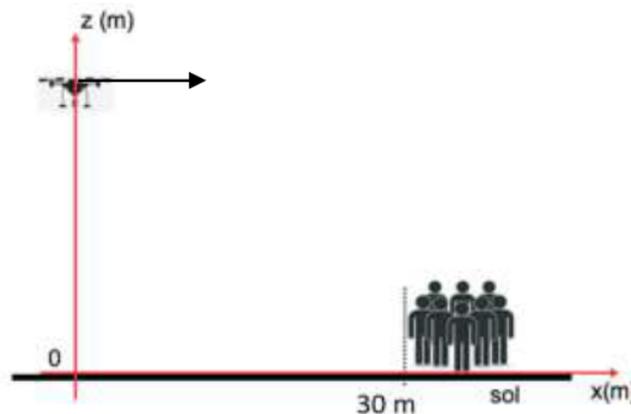
Exercice 1 – Obligatoire – (10 points)
« Etude de la panne d'un drone en plein vol »

Mots-clés : mouvement dans un champ de pesanteur uniforme ; aspect énergétique.

Depuis quelques années, les spectacles de drones remplacent peu à peu les feux d'artifice classiques. Lors d'une représentation, un drone est en mouvement rectiligne uniforme à l'altitude constante $h = 100$ m. Celui-ci se déplace alors à la vitesse maximale autorisée dans ce contexte. On note $\vec{v}_0 = v_0 \vec{u}_x$ la vitesse du drone.

À l'instant $t = 0$ s, à la suite d'un problème technique, les moteurs s'arrêtent alors que le drone vole en direction du public.

On considère alors que le drone est en chute libre. La situation est modélisée au moyen du schéma et du graphique ci-dessous.

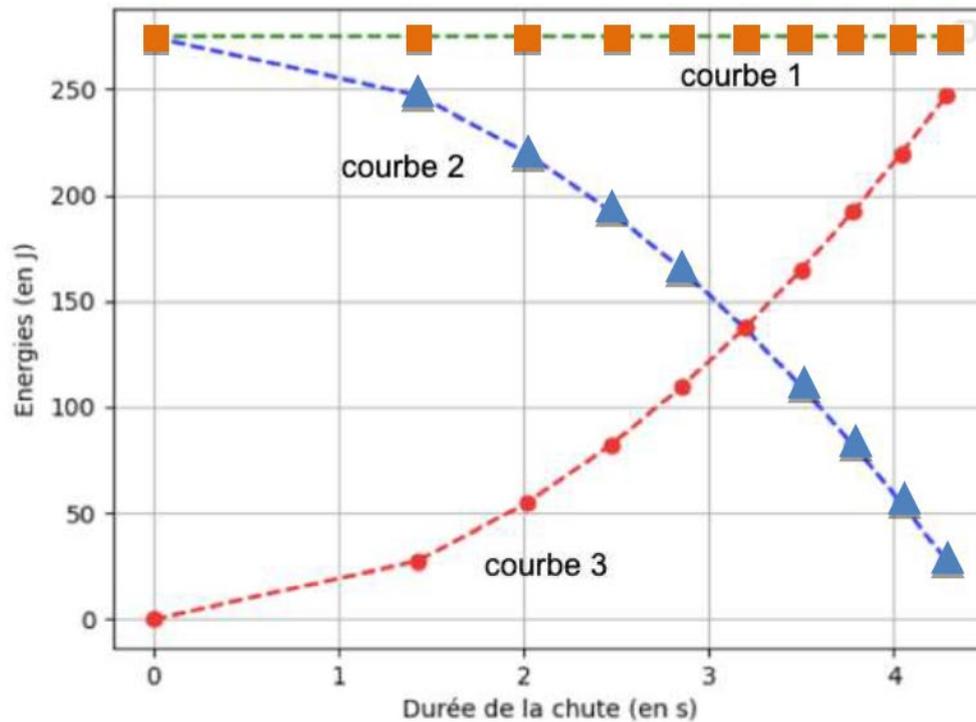


L'exercice porte sur l'étude du mouvement du drone.

Caractéristiques du drone

Type	Quadricoptère avec hélices couvertes
Taille	384 mm × 384 mm × 93 mm
Poids maximal au décollage	280 g
Temps de vol	jusqu'à 20 minutes
Vitesse maximale	3,0 m·s ⁻¹

Simulation de l'évolution temporelle de différentes énergies associées au drone dans le cadre du modèle de la chute libre



Donnée :

Accélération du champ de pesanteur terrestre : $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

1. Définir le modèle de la « chute libre ».
2. Établir la direction et le sens du vecteur accélération \vec{a} du drone au cours de sa chute.
3. Établir les équations horaires du mouvement du drone lors de la chute.
4. Montrer que la position horizontale x_P du point d'impact P avec le sol a pour expression : $x_P = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$. Calculer la valeur de x_P et commenter ce résultat.
5. Déterminer l'altitude minimale au-delà de laquelle le drone pourrait atteindre le public, celui-ci étant toujours placé à 30 mètres de la verticale du drone à $t = 0$. Commenter.

On cherche désormais à étudier la vitesse de chute.

6. En utilisant le théorème de l'énergie cinétique appliqué au drone entre l'instant où les moteurs s'arrêtent et le moment où il va toucher le sol, déterminer l'expression de sa vitesse v_P au moment de l'impact en fonction de v_0 , g et h .
7. Associer chaque courbe du document « évolution temporelle des différentes énergies associées au drone » au type d'énergie correspondant. Justifier.

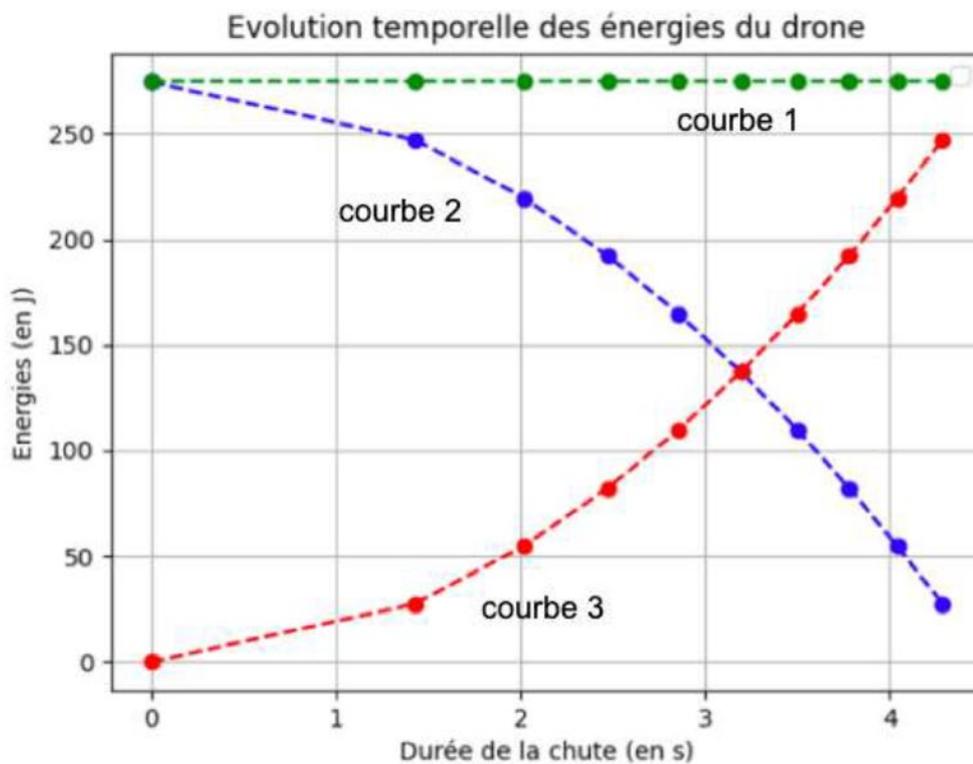
Les courbes sont des simulations établies dans le cadre du modèle de la chute libre : elles ne rendent pas compte des mesures effectuées.

8. Déterminer le phénomène qui n'a pas été pris en compte pour ces simulations.
9. Dans le cas réel, tracer sur le document-réponse 1 en **ANNEXE à rendre avec la copie** la courbe modifiée représentant l'évolution de l'énergie mécanique en fonction du temps. Même question pour la courbe représentant l'énergie cinétique.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Document-réponse 1 : EXERCICE 1, question 9.

Évolution temporelle de différentes énergies associées au drone dans le cadre du modèle de la chute libre



Exercice A – Analyse de la salinité de l'eau d'un delta (5 points)

Les tilapias sont produits dans de nombreux pays comme la Chine et l'Égypte (3,7 millions de tonnes en 2014 source FAO fish stat). C'est un poisson d'eau douce qui supporte mal un taux de salinité supérieur à 5 g.L⁻¹.



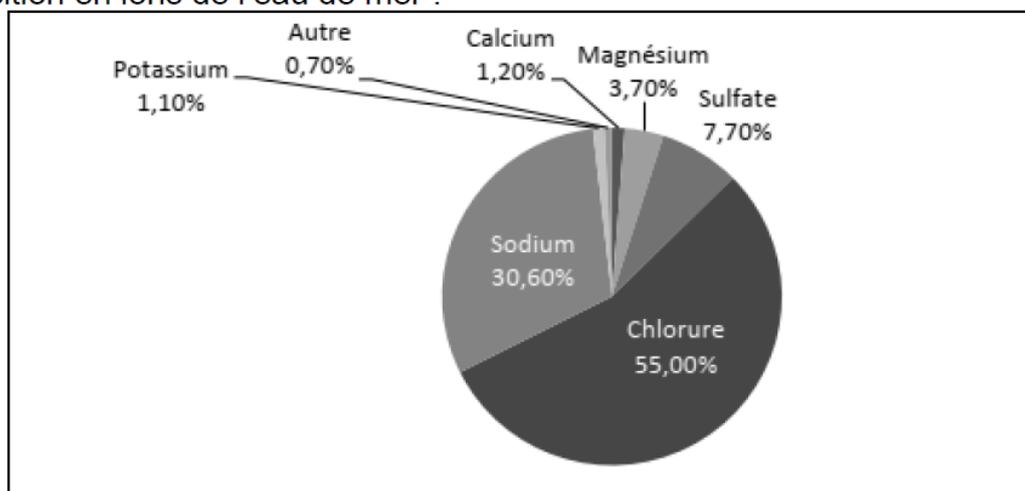
L'objectif de cet exercice est de savoir si l'augmentation de la salinité dans le delta d'un fleuve, due à l'élévation du niveau de la mer, permet encore l'élevage de ces poissons.

Données à 25°C :

- masse molaire atomique du chlore $M = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$
- conductivité molaire ionique de quelques ions :

Ions	Argent Ag ⁺	Chlorure Cl ⁻	Nitrate NO ₃ ⁻	Sodium Na ⁺
Conductivité molaire ionique λ (S.m ² .mol ⁻¹)	$6,1 \times 10^{-3}$	$7,6 \times 10^{-3}$	$7,1 \times 10^{-3}$	$5,0 \times 10^{-3}$

- composition en ions de l'eau de mer :



Composition des ions présents dans l'eau de mer en pourcentage massique

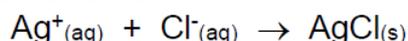
- la salinité S de l'eau de mer est la masse des ions dissous dans un litre d'eau de mer ;
- les proportions relatives des principaux ions sont pratiquement constantes dans l'eau des mers et des océans. Par conséquent, le titrage de l'un d'eux donne la teneur des autres et permet ainsi de déterminer la salinité. D'après la loi de Dittmar, la salinité S est proportionnelle à la concentration massique en solution des ions chlorure C_m : elle est donnée par l'expression $S = 1,80 \times C_m$

Pour déterminer la concentration molaire en ions chlorure de l'eau du delta, on réalise un titrage suivi par conductimétrie.

On dilue 10 fois l'eau de mer. La solution obtenue est notée S_0 .

On dose un volume $V_0 = 20,0 \text{ mL}$ de la solution S_0 placé dans un erlenmeyer. On ajoute 180 mL d'eau distillée. On titre par une solution aqueuse de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$)_{aq} de concentration molaire $C = 8,6 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

La réaction support de titrage est la suivante :



On suppose qu'aucun autre ion présent dans l'eau de mer ne réagit avec les ions Ag^+ .

On obtient la courbe représentative de la conductivité σ en fonction du volume V de la solution aqueuse de nitrate d'argent versé représentée en **figure 1**.

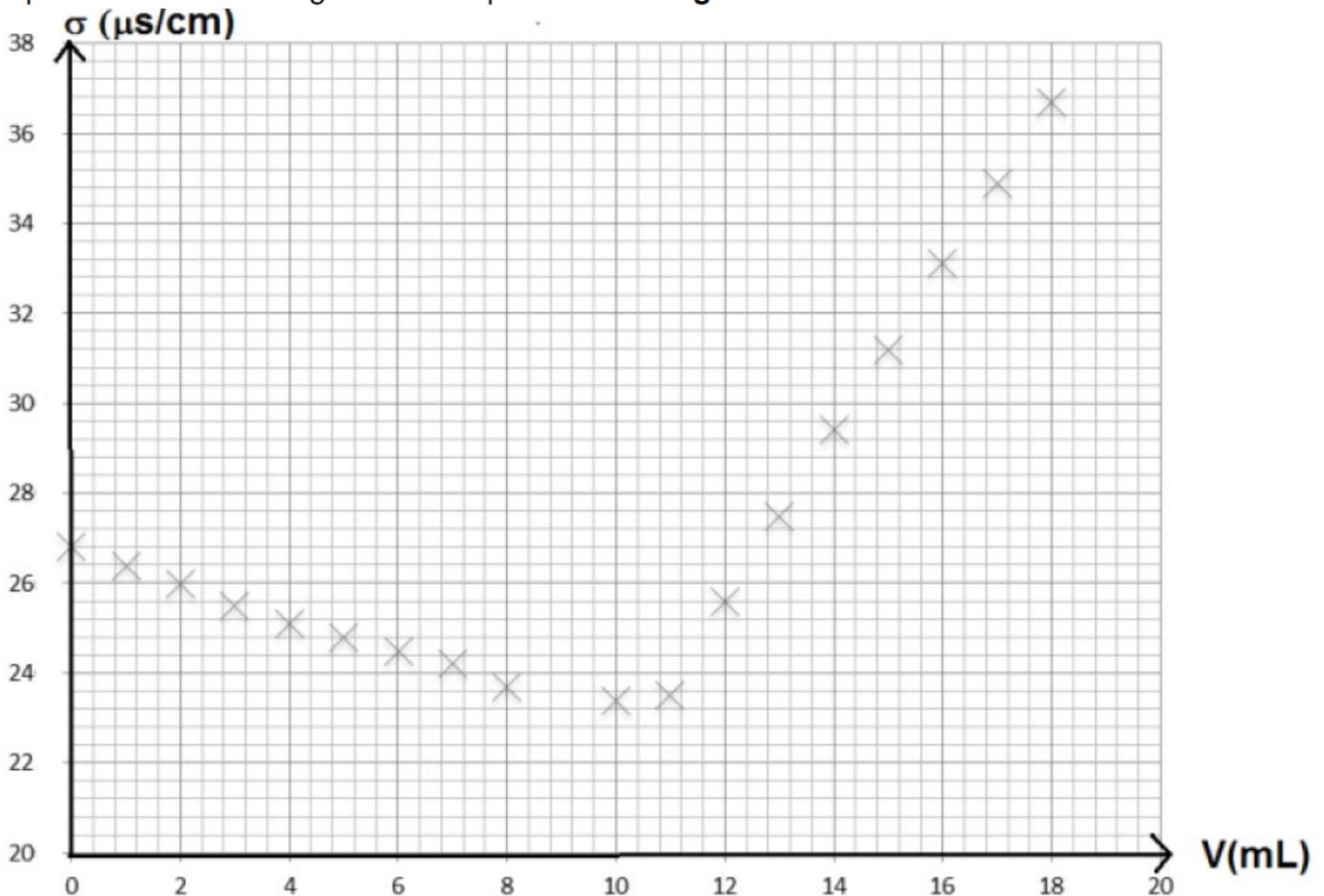


Figure 1 : conductivité σ en fonction du volume V de la solution aqueuse de nitrate d'argent versé

1. Faire un schéma légendé du dispositif expérimental permettant de réaliser le titrage.
2. Expliquer le fait que la conductivité de la solution S_0 avant le titrage n'est pas nulle.
3. En explicitant votre démarche, indiquer qualitativement comment évoluent les quantités de matière en ions argent Ag^+ , en ions nitrate NO_3^- , en ions chlorure Cl^- et en ions sodium Na^+ dans l'erlenmeyer, avant et après l'équivalence. En considérant la variation de volume dans l'erlenmeyer négligeable au cours du titrage, expliquer l'allure de la courbe.
4. Citer deux caractéristiques nécessaires pour la réaction support de titrage.
5. Peut-on continuer l'élevage des tilipias dans les eaux de ce delta ?

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti.

EXERCICE B. UN APPORT DE MAGNÉSIUM (5 POINTS)

Mots clés : dilution ; titrage avec suivi pHmétrique

Le manque de magnésium dans l'organisme se manifeste par des contractures, des tremblements, une fatigue, une tétanie...

Donnée : masse molaire du magnésium : $M(\text{Mg}) = 24,3 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

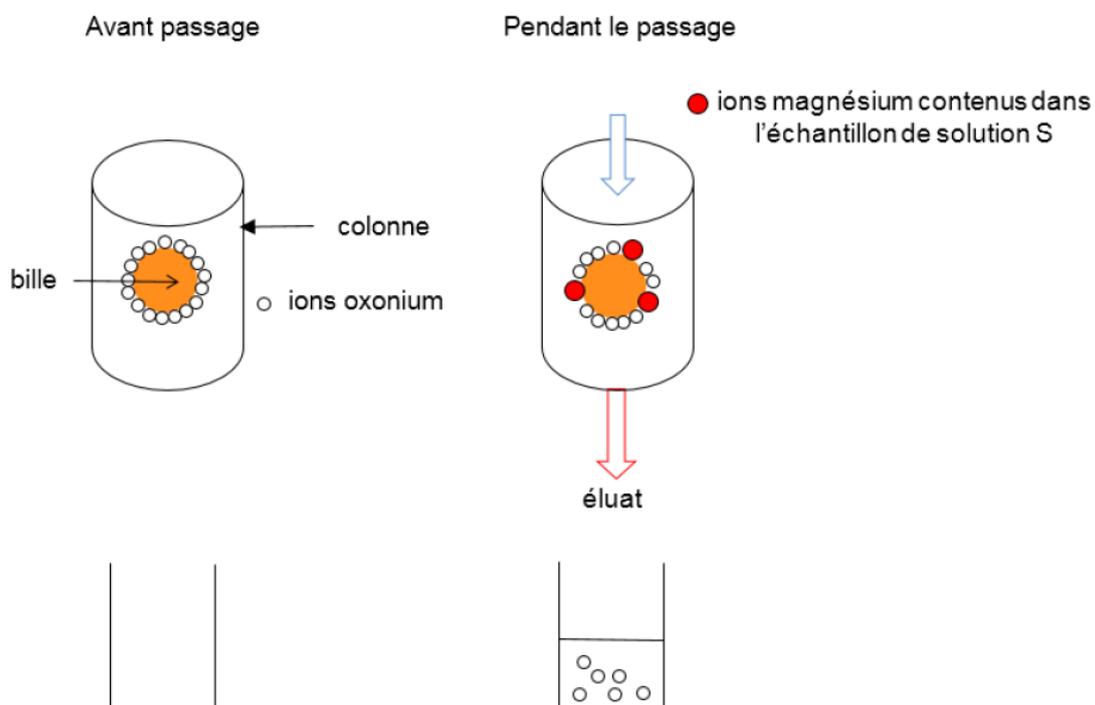
On s'intéresse à un médicament qui aide à combler ce manque en apportant le magnésium sous forme d'ions magnésium $\text{Mg}^{2+}(\text{aq})$ contenus dans des comprimés. Le but de cet exercice est de déterminer le nombre de comprimés de ce médicament qu'un patient pourrait prendre chaque jour pour compenser ce manque de magnésium.

Pour cela on réalise un protocole expérimental en deux étapes :

Première étape : substitution des ions magnésium dans la résine échangeuse d'ions.

On prépare, par dissolution d'un comprimé du médicament dans une fiole jaugée, un volume $V = 250,0 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse notée S.

On introduit un échantillon de volume $V_1 = 25,0 \text{ mL}$ de solution S par le haut d'une colonne contenant une résine. Celle-ci est constituée de billes poreuses saturées en ions oxonium $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ échangeables. Au contact de la résine, tous les ions magnésium présents dans l'échantillon vont s'échanger avec les ions oxonium et prendre leur place sur la résine. La solution recueillie dans un bécher après le passage dans la résine est appelée l'éluat.



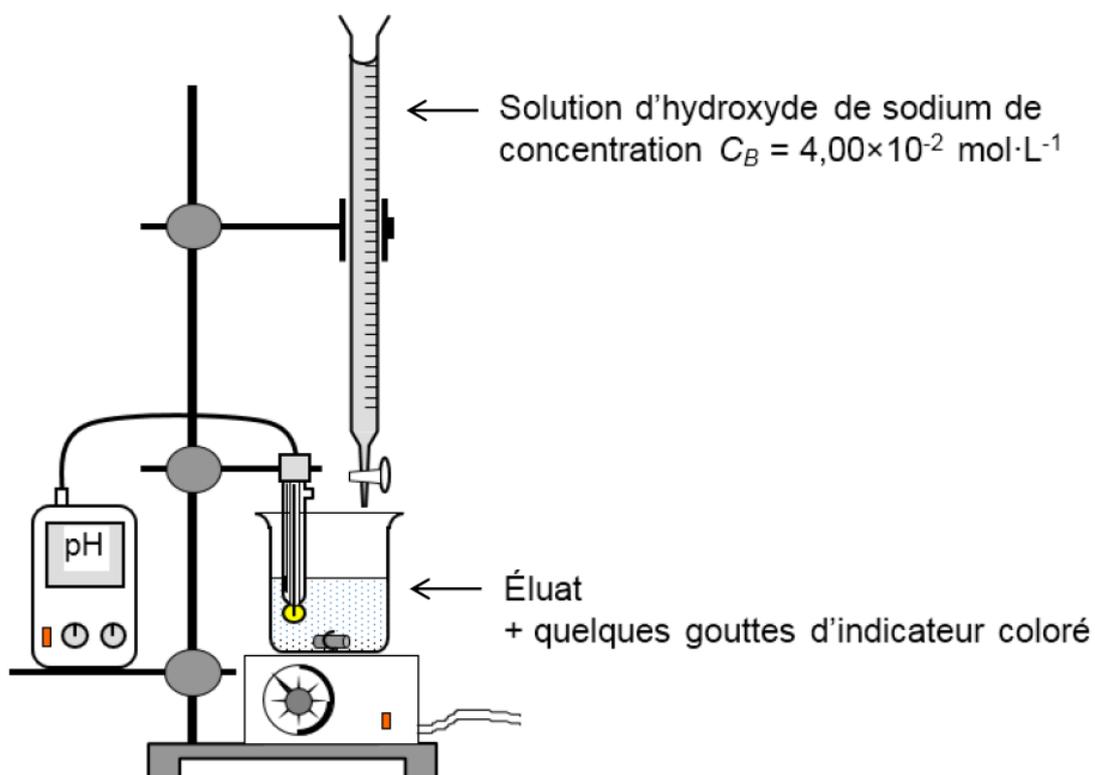
Pour chaque ion magnésium fixé, la résine libère deux ions oxonium.

Exercice B (au choix)

Deuxième étape : dosage par titrage des ions oxonium dans l'éluat.

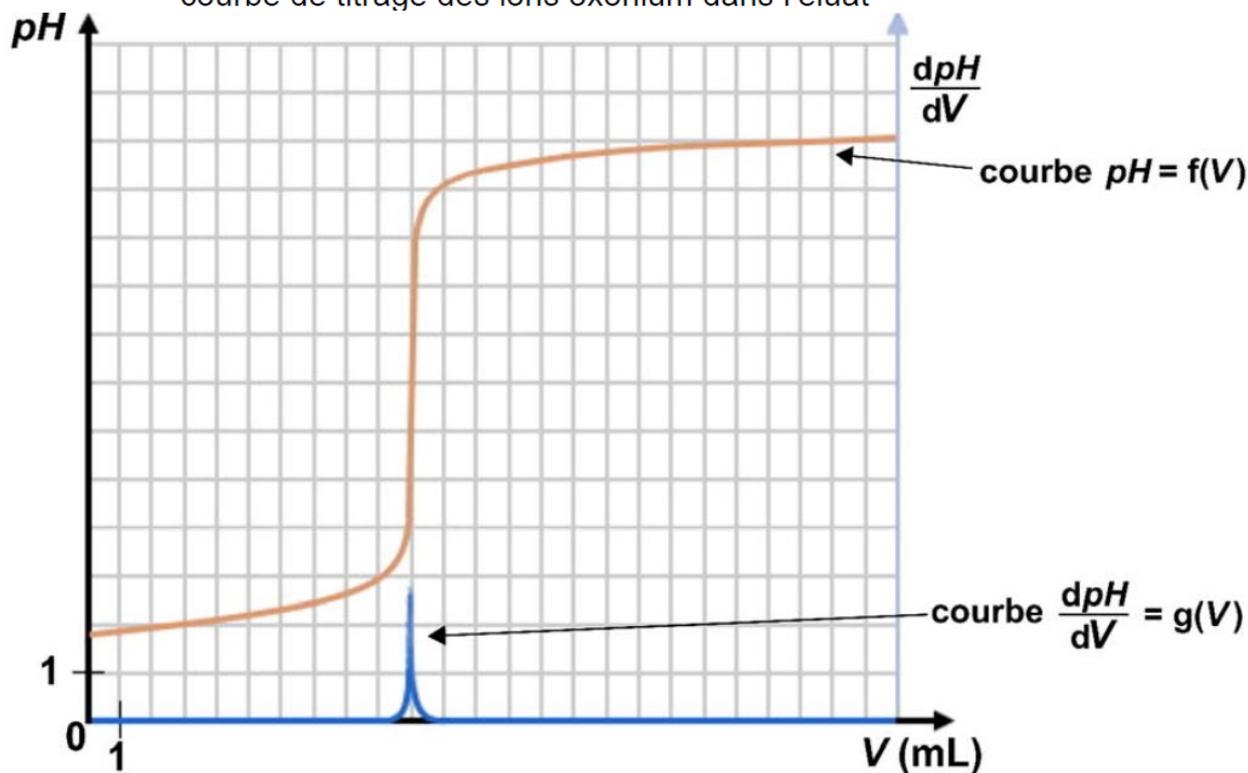
On dose ensuite, par pH-métrie, les ions oxonium contenus dans l'éluat par une solution d'hydroxyde de sodium.

On réalise le montage suivant :



Après un traitement numérique des mesures, on obtient le tracé suivant :

courbe de titrage des ions oxonium dans l'éluat



Exercice B (au choix)

La solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_B = 4,00 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, utilisée pour le titrage est obtenue par dilution d'une solution mère S_0 de concentration $C_0 = 1,00 \times 10^{-1} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

On dispose de fioles jaugées (50,0 mL ; 100,0 mL ; 200,0 mL) et de pipettes jaugées (10,0 mL ; 20,0 mL ; 25,0 mL).

1. Indiquer la verrerie à utiliser pour effectuer cette dilution avec un seul prélèvement de S_0 . Expliquer la réponse.
2. Écrire l'équation de la réaction support du titrage puis définir l'équivalence.

On dispose de trois indicateurs colorés acidobasiques.

Indicateur coloré	Teinte de la forme acide	Zone de virage	Teinte de la forme basique
Hélianthine	rouge	$3,1 < pH < 4,4$	jaune
Bleu de bromothymol	jaune	$6,0 < pH < 7,6$	bleu
Jaune d'alizarine	jaune	$10,1 < pH < 12,0$	rouge

3. Justifier, par un raisonnement détaillé, le choix possible de l'indicateur coloré pour suivre le dosage par titrage colorimétrique.
4. Montrer que la quantité de matière d'ions oxonium dans l'éluat est égale à $4,0 \times 10^{-4} \text{ mol}$.

Pour les adultes, le besoin quotidien en magnésium est estimé à 6,0 mg par kilogramme de masse corporelle.

5. **Résolution de problème** : *le candidat est invité à prendre des initiatives, à indiquer les hypothèses qu'il est amené à formuler et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche suivie est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.*

Déterminer le nombre de comprimés de médicament qui apporteraient, à un adulte en manque de magnésium, la masse de magnésium préconisée par jour.

Porter un regard critique sur le résultat obtenu en proposant un moyen de réduire cette consommation médicamenteuse.

Exercice C – Chute dans un fluide (5 points)

Un objet (S) de masse $m = 3,80 \times 10^{-3} \text{ kg}$ et de volume $V = 2,10 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ est lâché sans vitesse initiale dans un liquide de masse volumique $\rho = 1\,240 \text{ kg.m}^{-3}$.

Sa chute est filmée avec une caméra puis analysée à l'aide d'un logiciel adapté. Le schéma ci-dessous montre l'ensemble des positions successives occupées par le centre de masse G de l'objet à intervalles de temps réguliers : $\zeta = 0,050 \text{ s}$.

Les frottements du fluide sur l'objet sont modélisés par une force \vec{f} opposée au vecteur vitesse \vec{v} et de valeur proportionnelle à \vec{v} .

1. Reproduire le schéma ci-dessus ou utiliser le document fourni et calculer la valeur des vitesses en G_3 et G_4 .
Tracer sur le schéma les vecteurs vitesse en ces positions avec l'échelle : $1 \text{ cm} \longleftrightarrow 0,20 \text{ m.s}^{-1}$.
2. Calculer la valeur a_4 de l'accélération en G_4 ; puis tracer le vecteur accélération en cette position avec l'échelle : $1 \text{ cm} \longleftrightarrow 0,50 \text{ m.s}^{-2}$.
3. Calculer la valeur de la poussée d'Archimède \vec{F}_p et la comparer à celle du poids de l'objet.
4. Représenter les forces exercées sur l'objet sans souci d'échelle.
5. Déterminer la valeur f de la force de frottement qui s'exerce sur l'objet.

