

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL BLANC

PHYSIQUE-CHIMIE

Epreuve de spécialité

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30

L'usage d'une calculatrice EST autorisé

Exercice 1 : Champion olympique (6 points)

Exercice 2 : Satellite et changement climatique (4 points)

Exercice 3 : Traitement d'une maladie ovine (5 points)

Exercice 4 : Etude cinétique d'une réaction d'oxydoréduction (5 points)

Ce sujet comporte 9 pages dont la dernière est à rendre avec la copie

Exercice 1 : Champion olympique (6 points)

La médaille d'or d'Andreas Wellinger

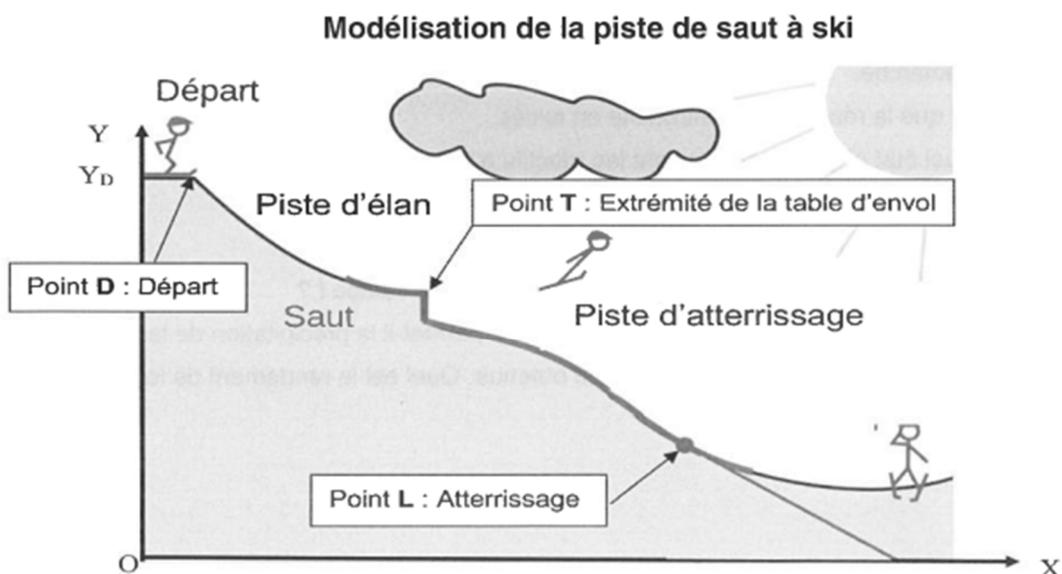
Le 10 février 2018, lors des JO d'hiver de PyeongChang, dans des conditions difficiles en raison d'un vent important, l'Allemand Andreas Wellinger a réalisé, sur le tremplin HS109 d'Alpensia, un saut qui lui a permis d'obtenir la médaille d'or.

L'exercice consiste à faire l'étude du mouvement d'Andreas Wellinger sur la piste d'élan et lors du saut dans le cadre d'un modèle simplifié et de comparer les résultats obtenus aux mesures réalisées le jour de l'épreuve olympique.

Données :

- accélération de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$;
- masse de Andreas Wellinger avec son équipement : $m = 70 \text{ kg}$;
- altitude du point de départ D : $y_D = 98 \text{ m}$;
- altitude au point d'envol T (bout de la table d'envol) : $y_T = 65 \text{ m}$;
- inclinaison de la table d'envol : $\alpha = 11^\circ$;
- vitesse de décollage mesurée : $v_T = 83,3 \text{ km.h}^{-1}$.

Cette étude sera menée dans le référentiel terrestre, le système {skieur + équipement} sera considéré comme un point matériel. On négligera tout type de frottement. Au départ de l'épreuve, au point D, la vitesse du skieur est nulle. La valeur de l'énergie potentielle de pesanteur est nulle en $y = 0$.



D'après : <https://fr.wikipedia.org>

1. Étude du mouvement du skieur sur la piste d'élan du tremplin

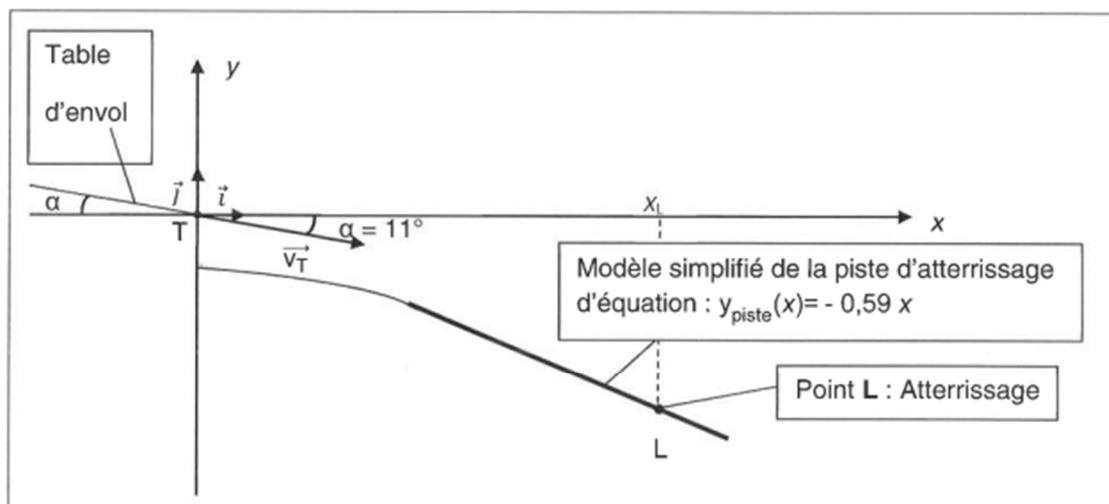
- 1.1. Calculer la valeur de E_{mD} l'énergie mécanique du système au point D.
- 1.2. Exprimer l'énergie mécanique E_{mT} du système au point T en fonction de la masse m du système, de l'accélération g de la pesanteur, de l'altitude y_T du point T et de la vitesse v_T au point T.
- 1.3. En utilisant une approche énergétique, montrer que l'expression littérale de la valeur v_T de la vitesse du système au bout de la table d'envol est $v_T = \sqrt{2g.(y_D - y_T)}$. Calculer sa valeur numérique.
- 1.4. Le résultat obtenu par calcul pour la vitesse de décollage v_T est-il en accord avec la valeur mesurée le jour de l'épreuve ? Commenter.

2. Étude du mouvement du skieur lors du saut

Pour cette étude, on utilise le repère orthonormé (T, \vec{i}, \vec{j}) , T étant le point situé au bout de la table d'envol.

On modélise de manière simplifiée l'allure de la piste d'atterrissage par une droite d'équation $y_{\text{piste}}(x) = -0,59x$.

On notera x_L l'abscisse du point d'atterrissage L.



2.1 En appliquant la deuxième loi de Newton, déterminer les coordonnées du vecteur accélération lors du saut.

2.2 Montrer, en détaillant chaque étape de votre raisonnement, que les équations horaires du point matériel M représentant le système étudié lors du saut dans le champ de pesanteur s'écrivent :

$$\begin{aligned}x(t) &= v_T \cos \alpha t \\y(t) &= -\frac{1}{2} g t^2 - v_T \sin \alpha t\end{aligned}$$

2.3 En déduire que l'équation de la trajectoire du point matériel M s'écrit :

$$y(x) = -9,5 \times 10^{-3} x^2 - 1,9 \times 10^{-1} x$$

Dans cette équation x et y sont exprimés en mètres.

2.4 A partir des équations de la trajectoire du skieur et de la piste d'atterrissage, déterminer la valeur de l'abscisse x_L du point d'atterrissage L.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

2.5 Le jour de l'épreuve, l'abscisse x_L mesurée du point d'atterrissage L est de 97m. Proposer une explication pour justifier la différence avec le résultat de la question 2.4

Exercice 2 : Satellite et changement climatique (4 points)

Le début de l'année 2009 a marqué le début d'une ère nouvelle dans l'étude du changement climatique, avec le lancement par les japonais du premier satellite du monde consacré à l'observation des gaz de l'atmosphère terrestre qui contribuent au réchauffement climatique. Le satellite appelé IBUKI, ce qui signifie « souffle » en japonais, est équipé de capteurs de haute précision qui peuvent sonder environ 56 000 points sur la planète. L'agence spatiale japonaise a décidé de diffuser gratuitement les données du satellite aux scientifiques du monde entier. Elles seront utilisées notamment pour étudier des modèles du cycle du carbone actuellement utilisés pour tenter non seulement de reconstituer les flux entre les différents réservoirs (sols, air, eau, biosphère) mais aussi pour tenter de reconstituer les flux d'émissions anthropiques.

D'après <http://sciences.blogs.liberation.fr/home/2009/01/le-japon-lance.html>



Le satellite IBUKI

Pour réaliser ces mesures, le satellite IBUKI tourne autour de la Terre suivant une trajectoire circulaire qui passe au-dessus des pôles à l'altitude $z = 667$ km.

Pour régler les appareils de mesure, il a fallu déterminer la durée entre deux passages successifs du satellite au-dessus de l'un des pôles.

Données :

- Rayon de la Terre : $R_T = 6,38 \times 10^3$ km ;
- Masse de la Terre : $M_T = 5,98 \times 10^{24}$ kg ;
- Masse du satellite IBUKI : $m_s = 1,75 \times 10^3$ kg ;
- Constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ N.m².kg⁻² ;
- Expression de l'intensité de la force d'interaction gravitationnelle F entre deux corps de masse M_A et M_B , de centres A et B, distants de $d = AB$: $F = G \cdot \frac{M_A \cdot M_B}{d^2}$;
- Le mouvement du satellite est considéré comme circulaire uniforme ;
- La valeur a de l'accélération d'un satellite, en mouvement circulaire uniforme, de vitesse orbitale v autour d'un astre, sur une orbite de rayon r , a pour expression : $a = \frac{v^2}{r}$.

1. Représenter sans souci d'échelle sur un schéma : la Terre, le satellite IBUKI et la force \vec{F} d'interaction gravitationnelle exercée par la Terre sur le satellite IBUKI supposé ponctuel.

2. En appliquant la deuxième loi de Newton, calculer la valeur de la période de rotation du satellite autour de la Terre, en détaillant les étapes du calcul.

Exercice 3 : Traitement d'une maladie ovine (5 points)

Dans les élevages ovins, les agneaux consomment des céréales et des protéagineux riches en phosphore qui favorisent la formation de minuscules cristaux dans l'urine de ces animaux. Ces cristaux sont à l'origine d'une maladie appelée lithiase urinaire ou gravelle.

D'après le site *des partenaires de la production ovine en France (inn-ovin.fr)*, l'ajout quotidien de chlorure d'ammonium à l'alimentation des agneaux, à raison de 300 mg par kilogramme de masse corporelle, est une solution efficace pour prévenir cette maladie. Le chlorure d'ammonium est en effet un acide qui permet d'abaisser le pH des urines pour le bien-être des animaux.

Un éleveur administre chaque jour, à un agneau de 24 kg, un litre de solution de chlorure d'ammonium de concentration C_A et de formule chimique $(\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}))$ qu'il a préparé lui-même.

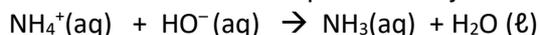
On souhaite vérifier que la préparation de l'éleveur est conforme à la préconisation du site *des partenaires de la production ovine en France*.

Donnée : masse molaire du chlorure d'ammonium solide $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$: $M = 53,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

A. Réalisation du titrage

On réalise le titrage conductimétrique d'un volume $V_A = 10,00 \text{ mL}$ de la solution préparée par l'éleveur, diluée avec $V_{\text{eau}} = 200 \text{ mL}$ d'eau distillée, par une solution titrante d'hydroxyde de sodium de concentration apportée en quantité de matière $C_B = 0,100 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

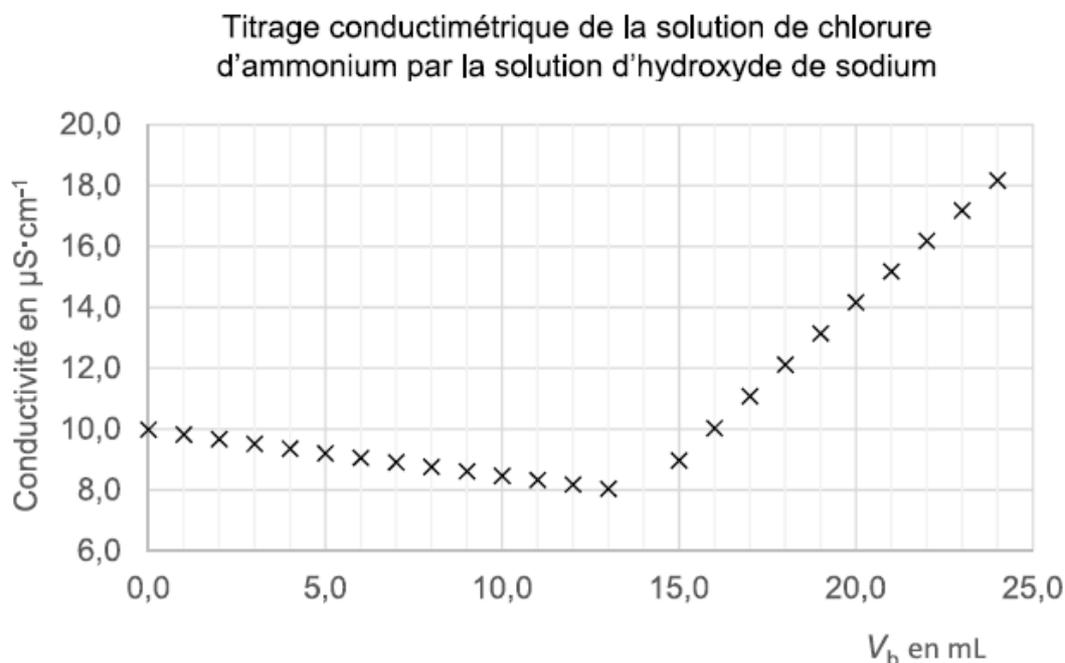
L'équation de la réaction modélisant la transformation chimique mise en jeu lors du titrage est la suivante :



A.1. Indiquer en justifiant, si la transformation chimique mise en jeu lors du titrage est une réaction acido-basique ou d'oxydo-réduction.

A.2. Réaliser un schéma légendé du dispositif de titrage conductimétrique, en nommant la verrerie et les solutions.

On obtient la courbe suivante :



A.3. Exprimer, à partir des données et de la courbe de titrage, la concentration C_A en quantité de matière apportée de chlorure d'ammonium de la solution préparée par l'éleveur, puis calculer sa valeur.

A.4. Déterminer la masse de chlorure d'ammonium apportée par l'éleveur quotidiennement à l'agneau et comparer ce résultat à la valeur préconisée par le site *des partenaires de la production ovine en France*.

B. Simulation du titrage.

Pour simuler l'évolution des quantités de matières de cinq espèces chimiques présentes en solution lors du titrage précédent : NH_4^+ ; HO^- ; Cl^- ; Na^+ et NH_3 on utilise un programme en langage Python.

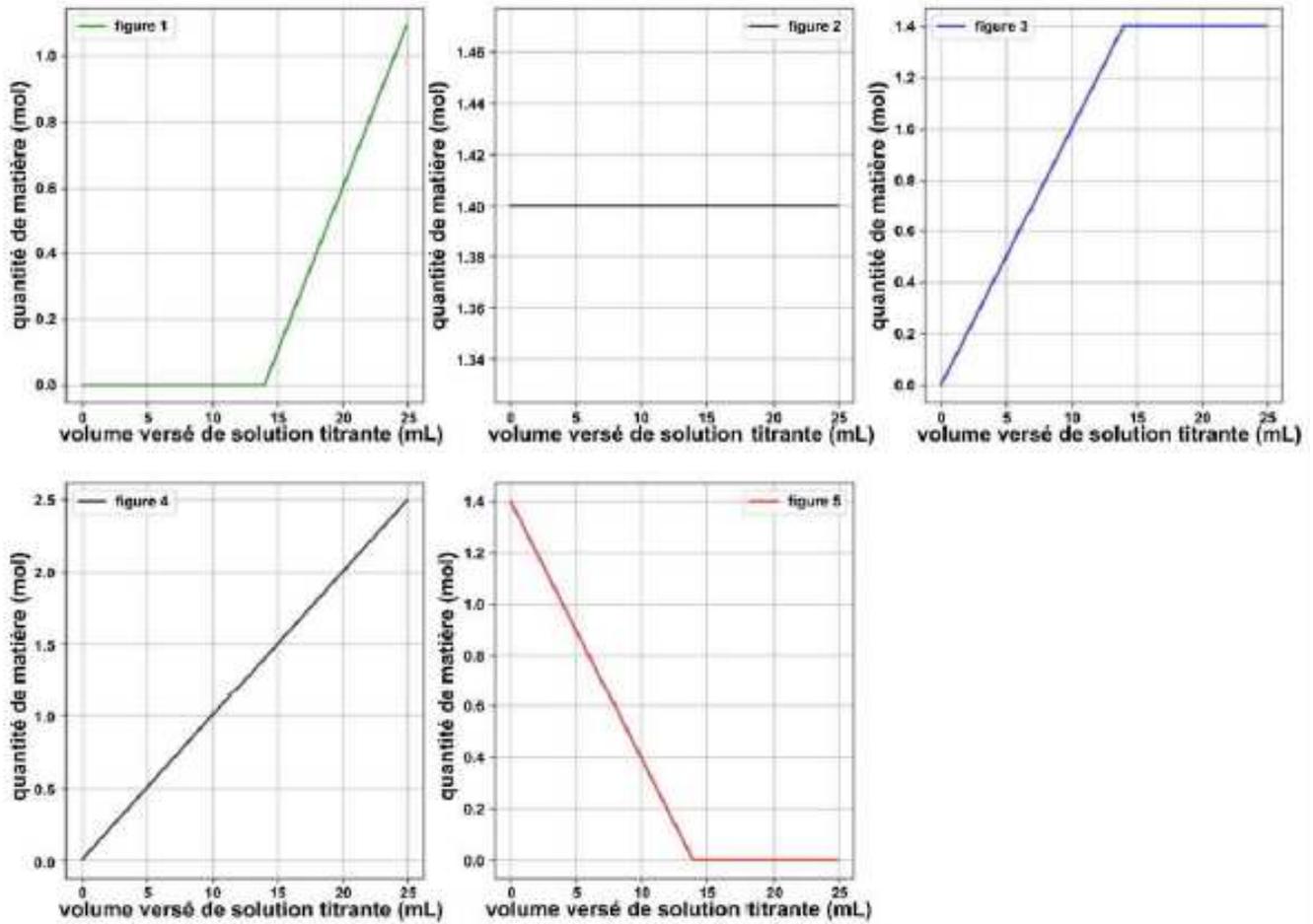
Dans ce programme, les quantités de matière sont notées nA, nB, nC, nS_A et nS_B.

```
1 # Simulation du titrage dont la réaction support est de la forme
2 # a A + b B -> c C + H2O
3 # a, b, c et d sont les coefficients stoechiométriques
4 from matplotlib import pyplot as plt
5
6 a=      # nombre stoechiométrique de l'espèce à titrer A COMPLETER
7 b=      # nombre stoechiométrique de l'espèce titrante A COMPLETER
8 c=      # nombre stoechiométrique du produit de la réaction A COMPLETER
9 Ca=0.14 # concentration de la solution à titrer (mol/L)
10 Va=10.0 # volume de la solution à titrer (mL)
11 Cb=0.10 # concentration de la solution titrante (mol/L)
12 Veq=    # Calcul du volume à l'équivalence (mL) (Non donné)
13 pasVb=0.1
14 nA,nB,nC,nS_A,nS_B=[],[],[],[],[]
15 v=[i/10 for i in range(250)]
16 for Vb in v:
17     if Vb<Veq:
18         nA.append(Ca*Va-Cb*Vb*a/b)
19         nB.append(0)
20         nC.append(c/b*Cb*Vb)
21         nS_A.append(Ca*Va)
22         nS_B.append(Cb*Vb)
23     else:
24         nA.append(0)
25         nB.append(Cb*Vb-Cb*Veq)
26         nC.append(c/b*Cb*Veq)
27         nS_A.append(Ca*Va)
28         nS_B.append(Cb*Vb)
```

B.1. Recopier sur votre copie les lignes 6,7 et 8 du code en précisant les valeurs de a, b et c.

B.2. Identifier les espèces qui correspondent aux variables nS_A et nS_B.

Chacun des cinq graphiques suivants, obtenus à l'aide du programme en langage Python représente l'évolution de la quantité de matière d'une des espèces chimiques en fonction du volume versé de solution titrante.

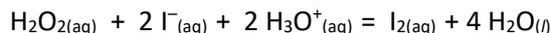


B.3. Préciser, sans justifier, à quelle espèce chimique correspond chacun des graphes ?

Exercice 4 : Etude cinétique d'une réaction d'oxydoréduction (5 points)

On se propose d'étudier la cinétique de la transformation lente de décomposition de l'eau oxygénée par les ions iodure en présence d'acide sulfurique, transformation considérée comme totale.

L'équation de la réaction qui modélise la transformation d'oxydoréduction s'écrit :



La solution de diiode formée étant colorée, la transformation est suivie par spectrophotométrie, méthode qui consiste à mesurer l'absorbance A de la solution, grandeur proportionnelle à la concentration en diiode.

1. Étude théorique de la réaction

1.1. Donner la définition d'un oxydant, et celle d'un réducteur.

1.2. Identifier, dans l'équation de la réaction étudiée, les deux couples d'oxydoréduction mis en jeu et écrire leurs demi-équations correspondantes.

2. Suivi de la réaction

À la date $t = 0$ s, on mélange 20,0 mL d'une solution d'iodure de potassium ($\text{K}^+ + \text{I}^-$) de concentration $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ acidifiée avec de l'acide sulfurique en excès, 8,0 mL d'eau et 2,0 mL d'eau oxygénée H_2O_2 à $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$.

On remplit une cuve spectrophotométrique, et on relève les valeurs de l'absorbance au cours du temps. On détermine alors, grâce à la loi de Beer-Lambert, la concentration $[\text{I}_2]$ du diiode formé :

t (s)	0	126	434	682	930	1178	1420	∞
$[\text{I}_2]$ (mmol.L ⁻¹)	0,00	1,74	4,06	5,16	5,84	6,26	6,53	

2.1. Le mélange initial est-il dans les proportions stœchiométriques ? Justifier votre réponse par des calculs.

2.2. Réaliser le tableau d'avancement de la transformation.

2.3. Déterminer l'avancement maximal. En déduire la valeur théorique de la concentration en diiode formé lorsque la transformation est terminée.

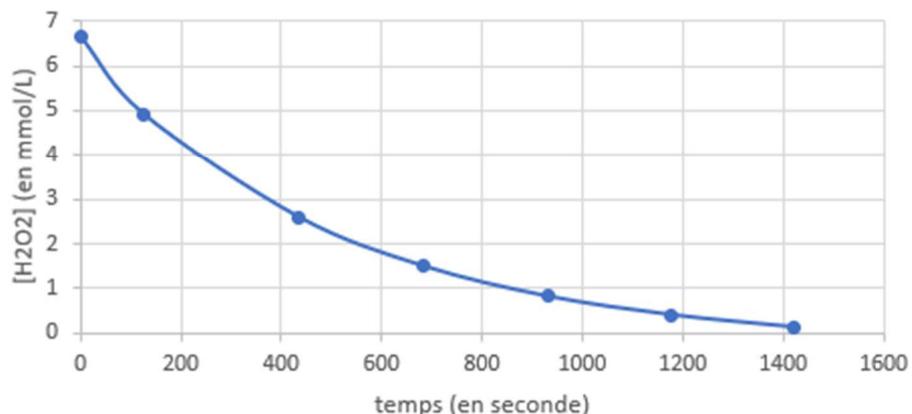
3. Exploitation des résultats

A l'aide d'un tableur, On calcule la concentration et la vitesse de disparition de l'eau oxygénée au cours du temps. Une capture d'écran est donnée ci-dessous.

	A	B	C	D
1	t (en s)	$[\text{I}_2]$ (en mmol/L)	$[\text{H}_2\text{O}_2]$ (en mmol/L)	$v[\text{H}_2\text{O}_2]$ (en mmol/L/s)
2	0	0	6,66	
3	126	1,74	4,92	-0,00935
4	434	4,06	2,6	-0,00615
5	682	5,16	1,5	-0,00359
6	930	5,84	0,82	-0,00222
7	1178	6,26	0,4	-0,00141
8	1420	6,53	0,13	

3.1. Donner la définition du temps de demi-réaction, puis déterminer le à l'aide de la courbe de l'évolution de la concentration en eau oxygénée au cours du temps de la page suivante. Annotez votre courbe et rendez la page 9 avec votre copie.

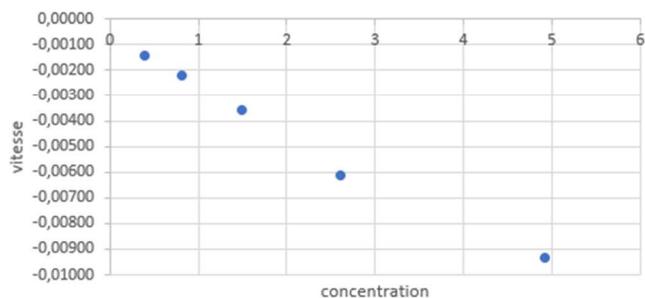
Evolution de la concentration en eau oxygénée au cours du temps



On insère ensuite dans le tableur la courbe de la vitesse de disparition de l'eau oxygénée en fonction de sa concentration.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	t (en s)	[I ₂] (en mmol/L)	[H ₂ O ₂] (en mmol/L)	v[H ₂ O ₂] (en mmol/L/s)						
2	0	0	6,66							
3	126	1,74	4,92	-0,00935						
4	434	4,06	2,6	-0,00615						
5	682	5,16	1,5	-0,00359						
6	930	5,84	0,82	-0,00222						
7	1178	6,26	0,4	-0,00141						
8	1420	6,53	0,13							
9										
10										
11										
12										
13										
14										

vitesse de disparition de l'eau oxygénée en fonction de sa concentration



3.2. Retrouvez par un calcul la vitesse à l'instant 930 s

3.3. Expliquer pourquoi cette transformation chimique suit une loi d'ordre 1.