

**Activités expérimentales**  
**Terminale Spécialité**



# Mesure du pH

## Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
<b>Analyser</b> : Etude de documents. Analyse de résultats expérimentaux.	A B C D
<b>Connaître</b> : Le pH, définition, mesure.	A B C D
<b>Réaliser</b> : Mesure du pH d'une solution aqueuse. Dilution.	A B C D
<b>Valider</b> : Comparer la valeur expérimentale à la valeur attendue.	A B C D

**Contexte** On se propose de mesurer le pH de solutions d'acide chlorhydrique ( $H_3O^+_{(aq)}$ ,  $Cl^-_{(aq)}$ ) obtenues par dilutions successives pour tester la relation entre le pH et la concentration en ions oxonium  $H_3O^+_{(aq)}$  apportés.

## I. Documents

### Document n° 1 : Définition du pH

Le pH d'une solution est une grandeur sans dimension définie par :

$$pH = -\log\left(\frac{[H_3O^+]}{C^0}\right)$$

avec  $C^0 = 1 \text{ mol.L}^{-1}$  qui est la concentration standard

### Document n° 2 : Quelques exemples de pH et échelle de pH



Variation de l'acidité ou de la basicité	Concentration en ions $H^+$ (mol/L)	Concentration en notation scientifique (mol/L)	pH
Acide fort	1	$1 \times 10^0$	0
	0,1	$1 \times 10^{-1}$	1
	0,01	$1 \times 10^{-2}$	2
	0,001	$1 \times 10^{-3}$	3
	0,0001	$1 \times 10^{-4}$	4
	0,00001	$1 \times 10^{-5}$	5
Acide faible	0,000001	$1 \times 10^{-6}$	6
	0,0000001	$1 \times 10^{-7}$	7
Neutre	0,00000001	$1 \times 10^{-8}$	8
	0,000000001	$1 \times 10^{-9}$	9
Base faible	0,0000000001	$1 \times 10^{-10}$	10
	0,00000000001	$1 \times 10^{-11}$	11
	0,000000000001	$1 \times 10^{-12}$	12
	0,0000000000001	$1 \times 10^{-13}$	13
Base forte	0,00000000000001	$1 \times 10^{-14}$	14

### Document n° 3 : Principe de fonctionnement d'un pH-mètre

Le « capteur » est constitué des deux électrodes combinées, rassemblées dans une même enveloppe en verre.

On mesure la tension entre les deux électrodes plongeant dans la solution dont on veut déterminer le pH. Les deux électrodes sont différentes : l'une sert de référence de potentiel (l'ECS : électrode au calomel saturé), l'autre sert à la mesure (électrode de verre).

La lecture du pH est directe. Entre deux mesures, rincer l'électrode combinée à l'eau distillée, l'essuyer légèrement avec un papier essuie-tout. L'incertitude sur la mesure du pH est 0,1 unité pH.

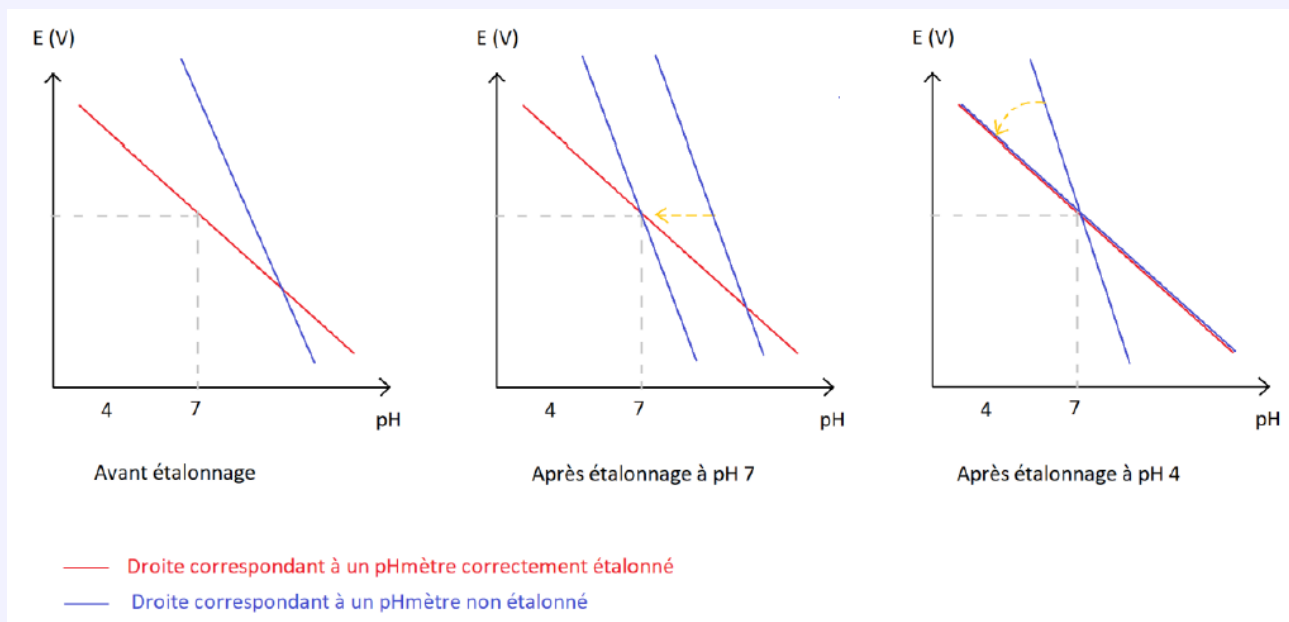
### Document n° 4 : Etalonnage d'un pH-mètre

- L'étalonnage consiste à établir la correspondance entre les deux échelles afin d'avoir un affichage directement en unité pH alors que la mesure est une mesure de tension électrique.
- Régler la température.
- L'appareil doit être ensuite étalonné successivement avec une solution tampon de pH 7 et une solution tampon de pH 4.
- Utiliser le mode d'emploi pour l'étalonnage.

### Document n° 5 : Droite d'étalonnage

La différence de tension  $\Delta E$  aux bornes des électrodes de mesure et de référence (combinées) dépend du pH.

$$\Delta E = a(pH_{mes} - pH_{ref}) + b$$



### Document n° 6 : $z_{score}$

L'incertitude-type de type B sur le pH mesuré est  $U(pH) = 0,1$ . Une mesure de pH est en accord avec une valeur de référence si :

$$z_{score} = \frac{|pH_{mes} - pH_{théo}|}{U(pH)} \leq 2$$

**Document n° 7** : Matériel et produits à disposition

- Solution tampon pH 7 (bleu-vert)
- Solution tampon pH 4 (rose)
- Solution d'acide chlorhydrique de concentration  $C_1 = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$
- Fioles jaugées de 50 mL
- Pipette jaugée de 5 mL
- Bêchers

## II. Expériences et exploitation des résultats

On dispose d'une solution mère (solution  $S_1$ ) d'acide chlorhydrique ( $\text{H}_3\text{O}^+_{\text{(aq)}} + \text{Cl}^-_{\text{(aq)}}$ ), de concentration en soluté apporté  $C_1 = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ .

On désire préparer 50,0 mL de chacune des solutions filles  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $S_4$  et  $S_5$  de concentrations respectives :

$C_2 = 1,0 \cdot 10^{-2}$  ;  $C_3 = 1,0 \cdot 10^{-3}$  ;  $C_4 = 1,0 \cdot 10^{-4}$  et  $C_5 = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$ .

1.

Proposer un protocole pour préparer :

- La solution  $S_2$  à partir de  $S_1$
- La solution  $S_3$  à partir de  $S_2$
- La solution  $S_4$  à partir de  $S_3$
- La solution  $S_5$  à partir de  $S_4$

Indiquer la verrerie à utiliser, le procédé et effectuer les calculs des volumes à prélever.

Préparer ces solutions dans des bêchers portant le n° de chaque solution (de  $S_1$  à  $S_5$ ).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

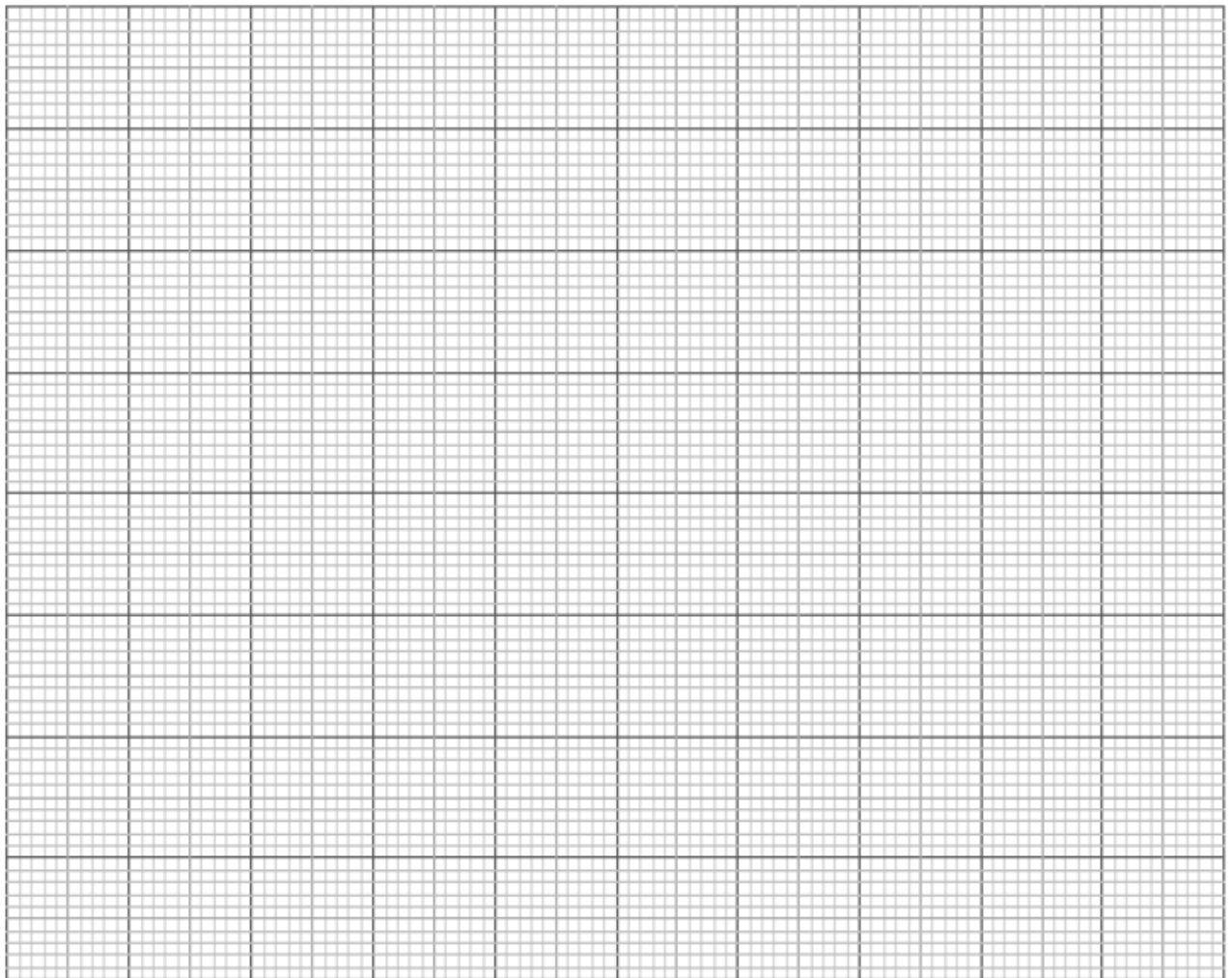
.....

.....

2. Effectuer les mesures et consigner les résultats dans le tableau ci-dessous.

<b>C</b>	$1,0 \cdot 10^{-1}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-7}$
<b>- log C</b>							
<b>pH<sub>mesuré</sub></b>							
<b>z<sub>score</sub></b>							

3. Tracer le graphe  $pH = f(-\log C)$  sur le quadrillage ci-dessous.  
 Echelle imposée : en abscisses et en ordonnées : 1 grand carreau - 1 unité



4. Conclure sur les domaines de validité de la relation théorique permettant de calculer le pH.

.....

.....

.....

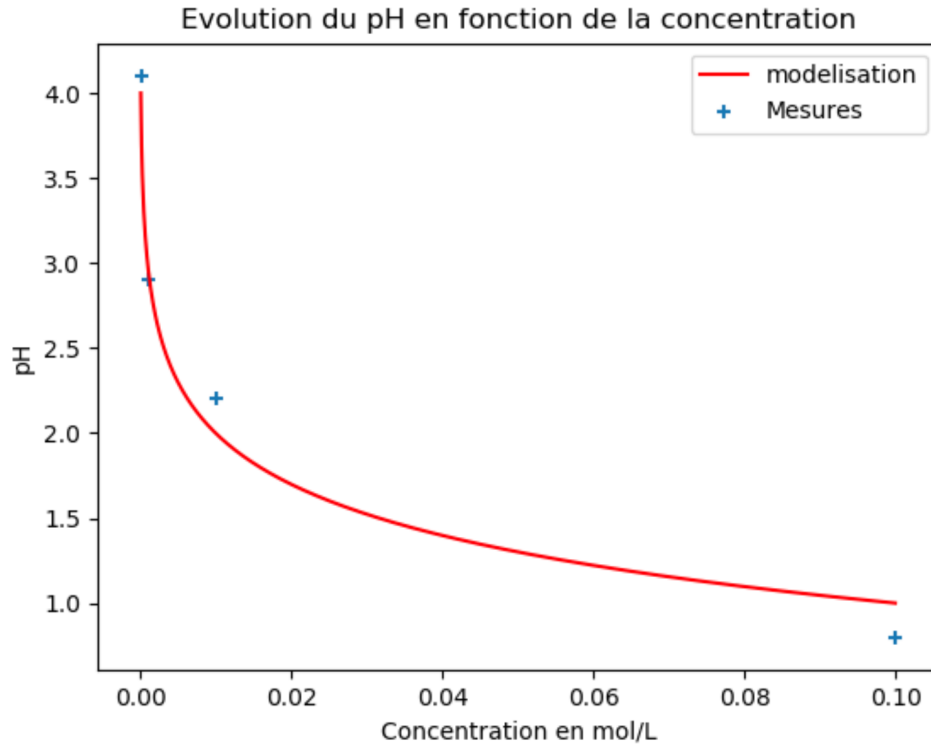
.....

.....

### III. Comparaison entre les mesures expérimentales et les valeurs théoriques attendues avec un programme Python

- Ouvrir le fichier « `Mesure_pH.py` » en utilisant Spyder dans Anaconda.
- Compléter la liste concentration et la liste pH avec vos valeurs. (Lignes 7 et 8)  
Remarque sur la syntaxe en python : les virgules des données sont remplacées par des points, les valeurs de la liste sont séparées par des « `,` »
- Exécuter le programme.

1. Représenter ci-dessous la courbe obtenue :



2. Quelle est la courbe représentée en rouge d'après le programme ?

.....

.....

.....

.....

.....

3. La relation donnée dans le document 1 est-elle vérifiée ? Justifier.

.....

.....

.....

.....

.....

Le programme « Cfile.py » permet d'évaluer l'incertitude que sur la concentration des solutions préparées par dilutions en tenant compte des différentes sources d'incertitudes liées au matériel utilisé. A l'aide du programme, remplir le tableau suivant :

Solution	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Concentration (c)	0,100			
U(c)	0,005			

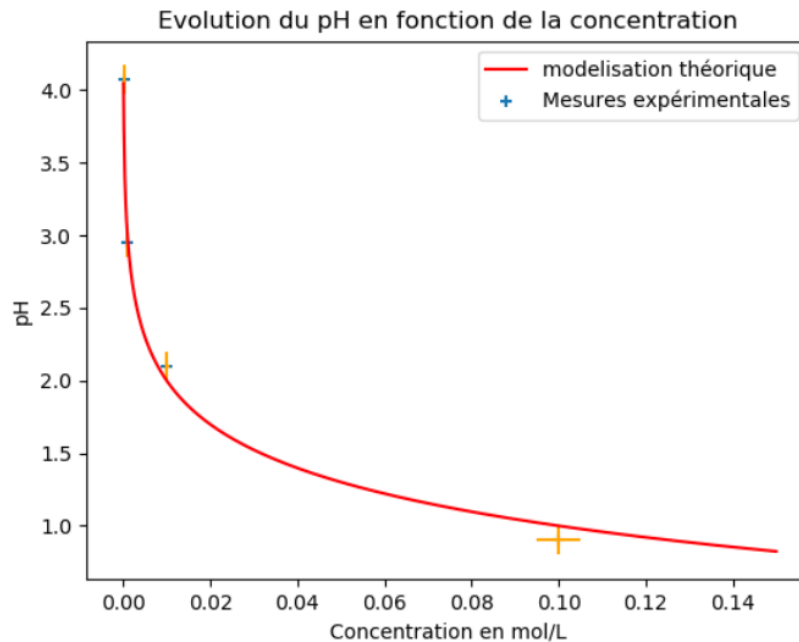
4.

Indications pour compléter le programme (à refaire pour chaque solution) :

- Remplir la ligne 18 en indiquant la concentration de la solution mère utilisée ainsi que son incertitude associée.
- Remplir la ligne 27 en indiquant le numéro de la solution fille.
- Remplir les lignes 30, 31, 32 en indiquant le nombre de fois que chaque pipette a été utilisée pour la dilution. Inscrire 0 si vous n'avez pas utilisé la pipette du volume indiqué.
- Indiquer le volume de la fiole utilisée. (Ligne 35 et 36).
- Exécuter le programme.

5.

L'incertitude sur toutes les valeurs de pH sont de 0,1 d'après la notice du constructeur. Revenir sur le programme « TPpH.py » et compléter les lignes 25 et 26 du programme relatif aux incertitudes sur les concentrations et le pH. Exécuter le programme.



6.

Des barres en orange représentant les incertitudes sont apparues sur le graphique. Ajouter ces barres d'incertitudes qualitativement sur le graphique tracé. Compte tenu des incertitudes, les mesures expérimentales sont-elles en corrélation avec le modèle ?

.....  
 .....  
 .....

— Fin —



## Contrôle qualité du serum physiologique

### Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
<b>Réaliser</b> : Pratiquer une démarche expérimentale pour déterminer la concentration d'une espèce à l'aide d'une courbe d'étalonnage.	A B C D
<b>Connaître</b> : Dosage par étalonnage conductimétrique.	A B C D
<b>Valider</b> : Comparer la valeur mesurée à la valeur annoncée.	A B C D

**Contexte :** Comment vérifier la teneur en chlorure de sodium indiquée sur l'étiquette d'un flacon de sérum physiologique ?

Le contrôle de qualité dans les domaines de l'alimentation ou de la santé nécessite souvent la détermination de concentration des espèces chimiques. Il est très important, dans un domaine tel que la santé, que les quantités indiquées soient exactes afin de traiter correctement les patients.

Parmi les techniques qui peuvent être utilisées, il existe la conductimétrie : cette mesure de la capacité qu'a une solution contenant des espèces ioniques à conduire le courant électrique permet de remonter à la concentration des ions qu'elle contient ! On va appliquer cela à la vérification des indications fournies.

## Documents

### Document n° 1 : Sérum physiologique

Le sérum physiologique est une solution pharmaceutique utilisée pour nettoyer le nez, les yeux. Elle contient de l'eau et du chlorure de sodium. Le pourcentage en masse de chlorure de sodium ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ) est indiqué sur chaque flacon : 0,9 % c'est-à-dire que 100 g de sérum physiologique contiennent 0,9 g de chlorure de sodium.





### Document n° 2 : La conductimétrie

La conductimétrie est une méthode d'analyse quantitative consistant à mesurer la conductivité d'une solution aqueuse.

La conductivité  $\sigma$  d'une solution est une grandeur qui représente la capacité de cette solution à conduire le courant électrique.

La conductivité d'une solution dépend de :

- la température,
- la nature des ions en solution,
- la concentration de chacun des ions en solution.

### Document n° 3 : La loi de Kohlrausch

La loi de Kohlrausch donne l'expression de la conductivité  $\sigma$  (en siemens) pour les solutions diluées (concentrations  $X_i < 10^{-2}$  mol.L<sup>-1</sup>). La conductivité est la somme de contributions de chaque ion en solution

$$\sigma = \sum_{i=1}^n \lambda_i [X_i]$$

où  $\lambda_i$  est la conductivité molaire ionique (S.m<sup>2</sup>.mol<sup>-1</sup>).

### Document n° 4 : Données

Conductivités molaires ioniques à 25°C :

$$\lambda_{\text{Na}^+} = 5,01 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$$

$$\lambda_{\text{Cl}^-} = 7,63 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$$

Masse volumique du sérum physiologique :  $\rho = 1,00 \text{ kg.L}^{-1}$  à 25°C

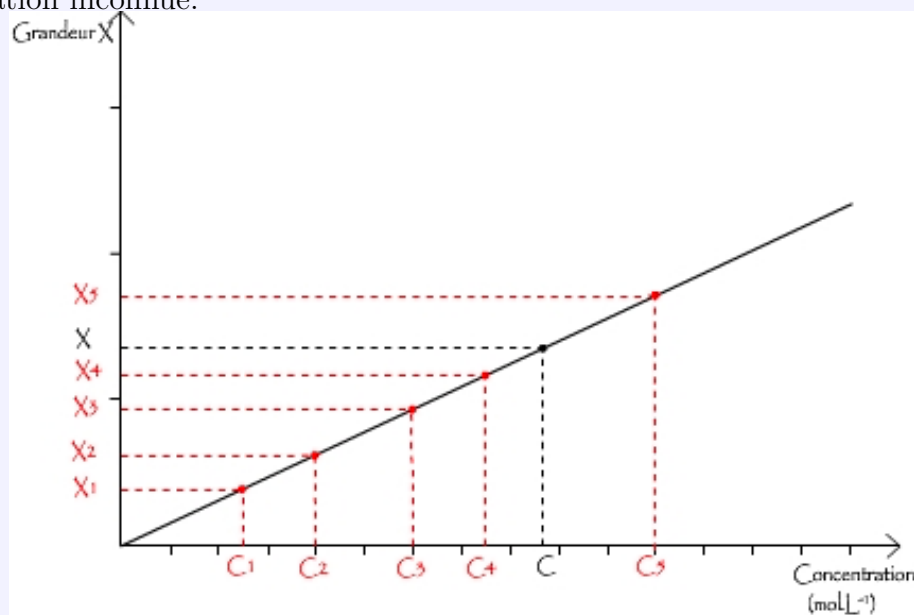
### Document n° 5 : Matériel et produits

- Une solution étalon pour étalonner le conductimètre à  $\sigma = 1413 \mu\text{S/cm}$ .
- Un conductimètre de tolérance (voir notice) : 1 % de la valeur lue + 2 unité de résolution (ou digit).
- Une solution mère de chlorure de sodium ( $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ ) :  $C_m = (10,0 \pm 0,1) \times 10^{-3} \text{ mol/L}$  (à diluer)
- Deux dosettes de sérum physiologique pour bébé (le sérum commercial devra être dilué 20 fois avant de faire les mesures).
- Une fiole jaugée :  $V = (50,00 \pm 0,09) \text{ mL}$
- Des pipettes jaugées :  $V = (5,00 \pm 0,02) \text{ mL}$  ;  $V = (10,00 \pm 0,04) \text{ mL}$  ;  $V = (20,00 \pm 0,05) \text{ mL}$ ,  $V = (25,00 \pm 0,06) \text{ mL}$

### Document n° 6 : Dosage par étalonnage

- Qu'est-ce qu'un dosage ?  
Un dosage est une technique qui permet de déterminer la concentration molaire d'une espèce chimique dissoute dans une solution.
- Quel est le principe d'un dosage par étalonnage ?  
Il repose sur l'utilisation de solutions, appelées "solutions étalons" qui contiennent l'espèce chimique à doser en différentes concentrations connues. Il suppose également que la concen-

tration de l'espèce chimique influe sur une grandeur physique (absorbance, conductivité ou pH) qu'il est possible de mesurer. En reportant sur un graphique des points dont l'abscisse correspond à la concentration des solutions connues et l'ordonnée à la grandeur physique mesurée pour chaque solution étalon, on obtient alors une courbe d'étalonnage. Il suffit alors de mesurer la grandeur physique de la solution à doser afin d'obtenir par lecture graphique la concentration inconnue.



Le graphique ci-contre représente une courbe d'étalonnage linéaire. Elle a été tracée en utilisant des solutions étalons de concentration  $C_1, C_2, C_3, C_4$  et  $C_5$  associées respectivement à des grandeurs  $X_1, X_2, X_3, X_4$  et  $X_5$ . La solution dosée a une concentration  $C$  qui peut être trouvée en plaçant sur la courbe le point d'ordonnée  $X$  (grandeur mesurée pour la solution dosée).

## I. Questions

- Le serum physiologique est tout simplement une solution aqueuse de chlorure de sodium. En bref de l'eau salée!
1. A quoi sert-il ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- On part d'une solution mère de chlorure de sodium à  $C_m = 10,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ . Déterminer les volumes de solution mère  $V_{m1}, V_{m2}, V_{m3}$  et  $V_{m4}$  à prélever pour réaliser des solutions filles (de volume  $V_F = 50,0 \text{ mL}$ ) et de concentrations respectives  $c_1 = 8,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ ,  $c_2 = 6,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ ,  $c_3 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ ,  $c_4 = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ . Réaliser les solutions filles à l'aide de la fiole jaugée de 50,0 mL. Faire le stockage dans des béchers annotés.
- 2.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Solutions filles	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$
Volume de solution mère versé (mL)				
Volume d'eau distillée (mL)				
Concentration des solutions filles $C_f$ (mol.L <sup>-1</sup> )				

3. Compléter le tableau de valeurs comprenant les conductivités mesurées pour les diverses solutions dont celle de serum physiologique diluée.

$C$ (mol.L <sup>-1</sup> )							
$\sigma$ (mS.cm <sup>-1</sup> )							

4. Tracer sur Regressi ou Excel la droite d'étalonnage (droite expérimentale)  $\sigma = f(C)$ . Noter la valeur du coefficient directeur.

.....

.....

.....

.....

.....

5. Mesurer la valeur de la conductivité de la solution diluée au bureau. En déduire sa concentration molaire.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. Cette solution est une solution de sérum physiologique qui a été diluée 20 fois, quelle est la valeur initiale de sa concentration ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. On considère que la solution est au norme si  $z_{score} = \frac{|C_m(\text{exp}) - C_m(\text{théo})|}{U(C_m(\text{exp}))} \leq 2$ . On prendra  $U(C_m(\text{exp})) = 0,3 \text{ g.L}^{-1}$ . Conclure.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

8. Quels sont les avantages de cette méthode de dosage ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

— Fin —



## Contrôle qualité du vinaigre

### Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
<b>Réaliser</b> : Dosage par suivi pH-métrique. Repérage de l'équivalence.	A B C D
<b>Connaître</b> : Réactions acido-basiques. Dosage par suivi pH-métrique.	A B C D
<b>Valider</b> : Comparer la valeur obtenue à la valeur annoncée.	A B C D

**Contexte :** Le vinaigre est un liquide acide (pH généralement compris entre 2 et 3) obtenu grâce à l'oxydation de l'éthanol dans les boissons alcoolisées par un processus de fermentation acétique. Il est utilisé dans l'alimentation humaine.

Le vinaigre commun comporte une concentration d'environ 5 à 8 % d'acide acétique mais l'acide tartrique et l'acide citrique se retrouvent, en plus faibles concentrations, dans les vinaigres naturels. Le mot « vinaigre » provient du mot composé « vin aigre ». Les vins en fût sont particulièrement vulnérables aux attaques de la bactérie acétique *Acetobacter suboxydans* si l'ouillage ou le remplissage du fût est insuffisant ou s'il atteint des températures trop élevées.

L'objectif de ce TP est de déterminer le degré d'acidité d'un vinaigre en réalisant un dosage direct suivi par pH-métrie.

#### Document n° 1 : Degré d'acidité du vinaigre

Sur chaque bouteille est indiqué le degré d'acidité du vinaigre testé. Le degré d'acidité d'un vinaigre est égal à la masse d'acide acétique équivalente à l'acidité totale de 100 g de vinaigre. Par exemple, un vinaigre de 8° a la même acidité qu'une solution contenant 8 g d'acide acétique pour 100 g de vinaigre.

#### Document n° 2 : Le dosage pH-métrique

La titrimétrie ou titrage est une technique de dosage utilisée en chimie analytique afin de déterminer la concentration d'une espèce chimique en solution (ou titre d'une solution).

La méthode de titrage la plus utilisée est le titrage volumétrique. Elle consiste à utiliser une solution de concentration connue (appelée titrant que l'on place dans la burette) afin de neutraliser une espèce contenue dans la solution inconnue (appelée espèce titrée placée sous la burette dans un bécher).

Les titrages volumétriques les plus répandus sont les titrages base-acide ou acide-base. Pour ce dernier, l'opérateur fait couler goutte à goutte une solution basique (appelée solution titrante que l'on place dans la burette) dans un volume déterminé de solution acide (appelée solution titrée placée sous la burette dans un bécher). Ainsi, les réactifs réagissent mole à mole.

### Document n° 3 : Détermination de l'équivalence

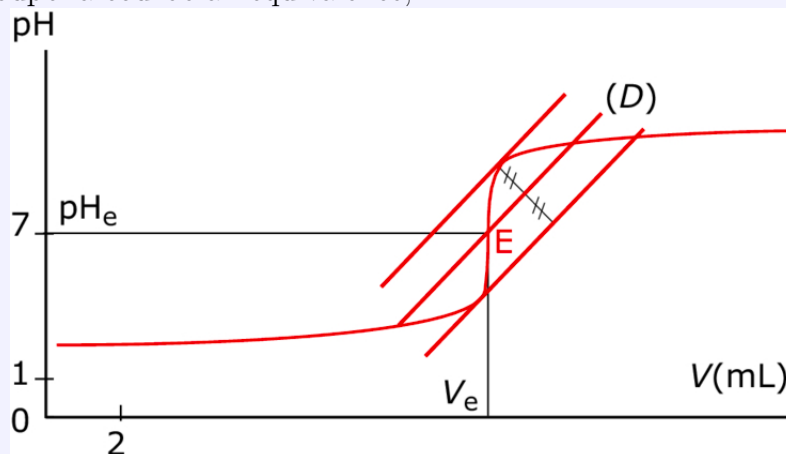
Le point d'équivalence) peut-être déterminé grâce à un indicateur coloré ajouté dans la solution inconnue (cet indicateur change de couleur au moment de la neutralisation) ou grâce à une variation du potentiel ou du  $pH$  (mesuré au moyen d'une électrode trempant dans la solution inconnue).

On utilise deux méthodes graphiques pour déterminer l'équivalence en  $pH$ -métrie :

#### — Méthode des tangentes :

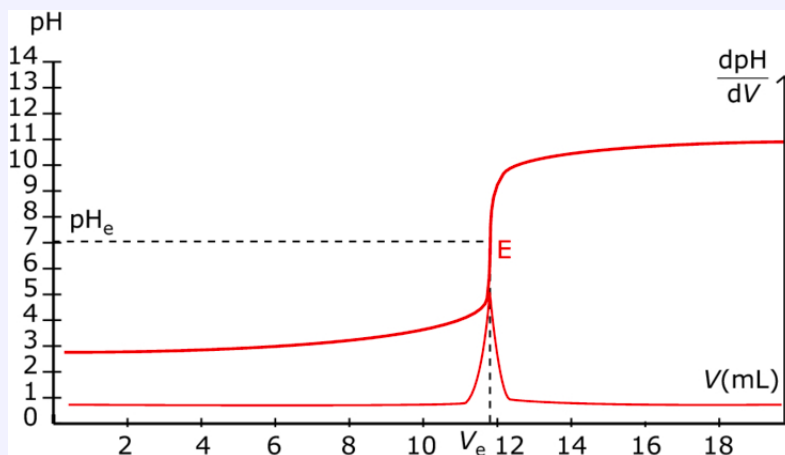
On travaille directement sur la courbe de  $pH$  en fonction de  $V$  :

- tracer deux tangentes parallèles aux arrondis de la courbe,
- tracer une perpendiculaire commune aux deux tangentes,
- tracer la médiatrice du segment perpendiculaire compris entre les deux tangentes, cette médiatrice coupe la courbe à l'équivalence,



#### — Méthode de la dérivée :

Elle utilise la propriété qu'à l'équivalence la dérivée du  $pH$  par rapport au volume  $V$ ,  $\frac{dpH}{dV} = f(V)$ , est extrémale. Il suffit donc de tracer en fonction de  $V$  et de superposer la courbe obtenue à celle de  $pH$  en fonction de  $V$ .



### Document n° 4 : Matériel

- Une solution de soude de concentration molaire  $C_B = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  ;
- Une solution de vinaigre à 8° dilué 10 fois de concentration molaire  $C_A$  à déterminer ;
- Pipettes jaugées de 5 mL, 10 mL, 20 mL, une poire à pipeter ou tout autre système ;
- Eprouvettes de 10 mL et 100 mL ;
- Bêchers de 50 mL et 100 mL ;
- $pH$ -mètre et ses solutions tampons dans deux bêchers de 25 mL pour les solutions tampons ;
- Agitateur magnétique et turbulent ;

- Burette de 25 mL ;
- Pissette d'eau distillée.

## I. Titrage pH-métrique et tracé du graphe $pH = f(V_B)$

- Etalonner le pH-mètre et rincer la sonde pH-métrique avec de l'eau distillée.
- Mettre dans un bécher un volume  $V_A = 10,0$  mL d'acide éthanoïque de concentration  $C_A$  avec une pipette jaugée.
- Rincer la burette avec un peu de solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$ ) de concentration  $C_B = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ .
- Remplir la burette et faire le zéro.
- Disposer la sonde pH-métrique dans la solution : ajouter de l'eau distillée pour que la sonde trempe correctement (la boule de l'extrémité doit tremper complètement).
- Faire vérifier votre montage avant de commencer le titrage.
- Réaliser le titrage par suivi pH-métrique de la solution S, en ajoutant la solution d'hydroxyde de sodium d'abord mL par mL, puis en rapprochant les volumes  $V_B$  versés par pas de 0,5 mL lorsque  $V_B$  est compris approximativement dans l'intervalle  $[V_{BE} - 1; V_{BE} + 1]$ .
- Remplir le tableau de mesures

$V_{\text{soude}}$ (mL)								
pH								




- Continuer les ajouts jusqu'à  $V_B = 20,0$  mL.
- Faire tracer la courbe correspondante sur Regressi ou EXCEL.



## II. Exploitation des résultats

1. Faire un schéma légendé du dispositif de dosage.

2. Quelle est l'espèce acide titrée ? Quelle est l'espèce titrante ? Quels sont leurs couples acido-basiques ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Ecrire la réaction support du titrage.

.....

.....

.....

.....

.....

4. Expliquer l'opération qui consiste à obtenir 100 mL de vinaigre dilué 10 fois à partir du vinaigre commercial.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. Donner la définition de l'équivalence.

.....

.....

.....

.....

.....

6. Tracer la courbe  $\frac{dpH}{dV_B} = f(V_B)$  sur Regressi. Comment peut-on déduire le volume équivalent ?

.....

.....

.....

.....

.....

7. L'indicateur coloré approprié à ce titrage est la phénolphtaléine dont la zone de virage est [8,0 ; 10]. Pourquoi un indicateur coloré doit toujours être utilisé en petites quantités ?

.....

.....

.....

.....

.....

8. Quelle relation peut-on écrire entre  $n_A$ , quantité d'acide présente dans le bécher et  $n_B$ , quantité de base versée à l'équivalence ? En déduire la relation entre  $V_A, C_A, C_B$  et  $V_{BE}$ .

.....

.....

.....

.....

.....

9. Déterminer la concentration  $C_A$  de la solution d'acide éthanoïque.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

10. En déduire la masse d'acide éthanoïque contenue dans le prélèvement de volume  $V_A = 10$  mL.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

11. Déterminer le degré d'acidité du vinaigre.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

12. Calculer le  $z_{score} = \frac{|d^0(\text{exp}) - d^0(\text{théo})|}{U(d^0(\text{exp}))}$ . On prendra  $U(d^0(\text{exp})) = 0,5^0$ . Conclure.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

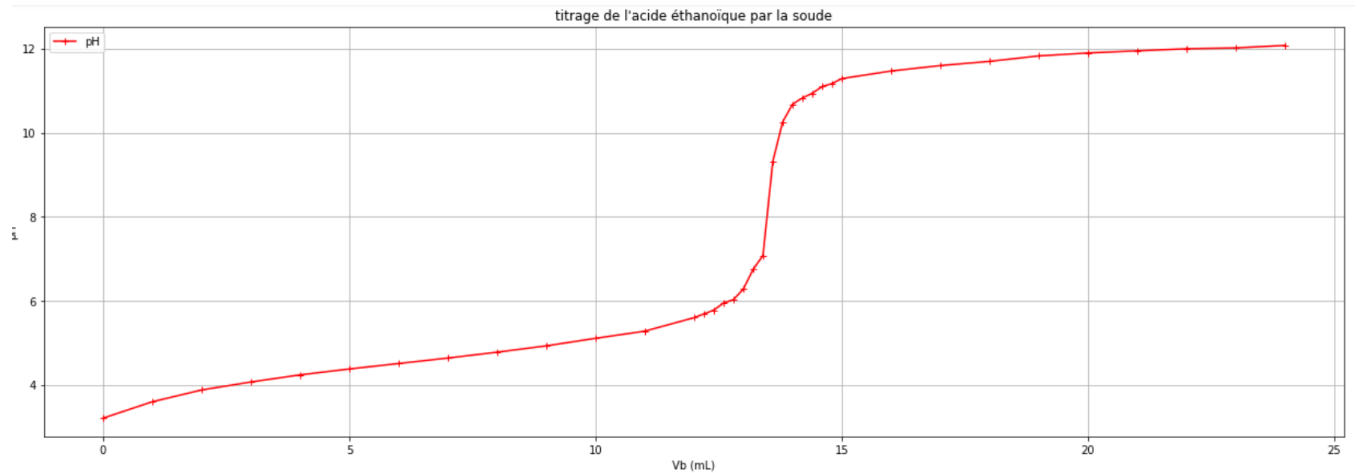
### III. Un peu de programmation en Python

1. Ouvrir le programme Python titrage.py

Remplir les valeurs expérimentales dans le code Python ci-dessous et afficher la courbe du pH. Vous devez obtenir la courbe ci-dessous.

- 2.

```
Vb = np.array([ , , ])
pH = np.array([ , , ])
```

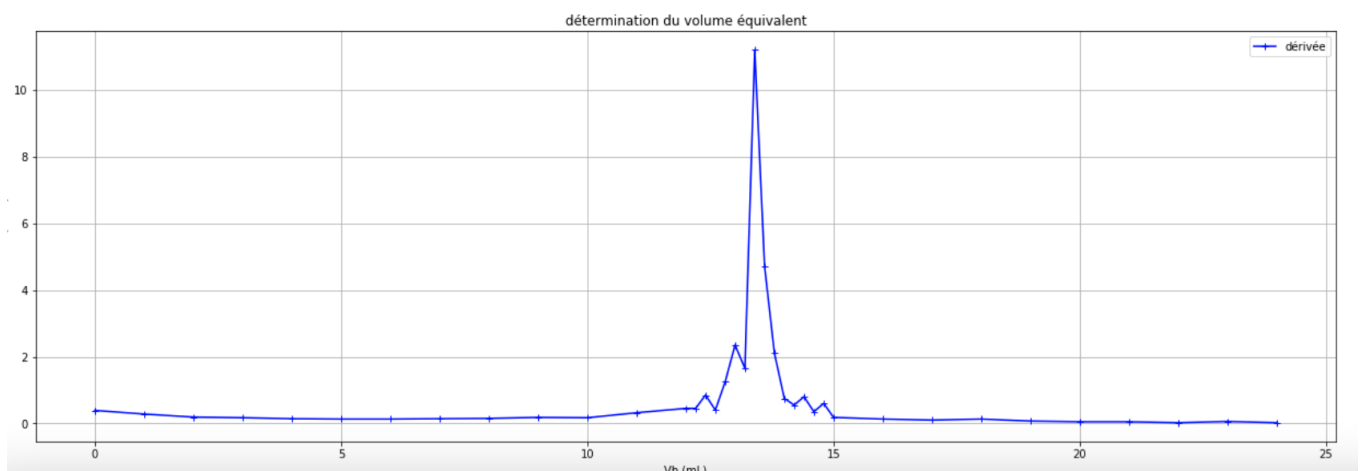


.....  
.....  
.....  
.....  
.....

On cherche à calculer la dérivée du pH par rapport au volume de soude versée. Compléter la fonction permettant d'écrire la fonction. Vous devez obtenir la courbe suivante.

- 3.

```
def derivee(x,y):
    dery=[]
    for i in range (len(x)-1):
        deryi=
        dery.append(deryi)
    return dery
```



.....

.....

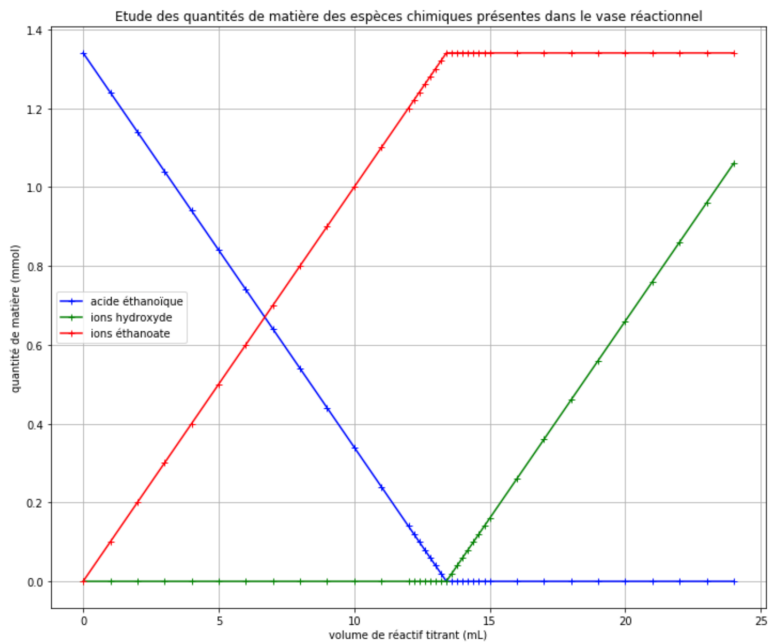
.....

.....

On veut maintenant afficher l'évolution des quantités de matières des réactifs et produits en fonction du volume de soude versée. Compléter les lignes manquantes. Vous obtenez normalement la figure ci-dessous. commercial.

4.

```
# Evolution des quantités de matières des réactifs et produits
cb = 0.1 # concentration de la solution titrante d'hydroxyde de sodium
na=np.array([])
nb=np.array([])
nc=np.array([])
for i in range (len(Vb)):
    if Vb[i]<=Vbe:
        nai = # qté de matière d'acide éthanoïque en mmol
        nbi = # qté de matière des ions hydroxyde en mmol
        nci = # qté de matière des ions éthanoate en mmol
        na = np.append(na,nai)
        nb = np.append(nb,nbi)
        nc = np.append(nc,nci)
    else:
        nai = # qté de matière d'acide éthanoïque en mmol
        nbi = # qté de matière des ions hydroxyde en mmol
        nci = # qté de matière des ions éthanoate en mmol
        na = np.append(na,nai)
        nb = np.append(nb,nbi)
        nc = np.append(nc,nci)
print (na)
print (nb)
print (nc)
```



.....

.....

.....

.....

— Fin —



## Contrôle qualité de la soude

### Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
<b>Réaliser</b> : Pratiquer une démarche expérimentale pour déterminer la concentration d'une espèce chimique par titrage conductimétrique.	A B C D
<b>Connaître</b> : Dosages par étalonnage : conductimétrie ; explication qualitative de la loi de Kohlrausch.	A B C D
<b>Valider</b> : Extraire et exploiter des informations.	A B C D

**Contexte :** Sur une chaîne de production, un technicien désire contrôler la qualité d'un produit : le Destop<sup>®</sup>. Il souhaite vérifier la teneur en soude (hydroxyde de sodium) indiquée sur l'étiquette par un dosage conductimétrique. Au cours de ce TP, on sera amené à comprendre le principe d'un dosage acido-basique par suivi conductimétrique et à repérer l'équivalence sur la courbe de dosage afin de déterminer la concentration de l'espèce chimique contenue dans un produit déboucheur de canalisations.

### Document n° 1 : Le Destop<sup>®</sup>



Le Destop<sup>®</sup> peut être assimilé à une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$ ).

#### Données :

Masse molaire de l'hydroxyde de sodium :  $M_{(\text{NaOH})} = 40,0 \text{ g.mol}^{-1}$

Masse volumique du Destop<sup>®</sup> :  $\rho = 1220 \text{ g.L}^{-1}$

La solution commerciale Destop<sup>®</sup> est trop concentrée pour être dosée directement, il est nécessaire de la diluer. La solution diluée, notée  $C_B$ , a été préparée en diluant 100 fois la solution commerciale.

### Document n° 2 : Le conductimètre

La conductivité d'une solution se mesure avec un conductimètre. Un conductimètre est constitué de deux parties : une cellule de mesure (ou électrodes) et le conductimètre proprement dit. Pour réaliser une mesure, immerger correctement la sonde dans la solution, attendre que la mesure se stabilise.

### Document n° 3 : Loi de Kohlrausch

La conductivité d'une solution ionique représente son aptitude à conduire le courant électrique. En solution aqueuse, seuls les ions sont chargés électriquement et donc susceptibles de conduire ce courant. La conductivité  $\sigma$ , en siemens par mètre  $S.m^{-1}$ , d'une solution ionique se calcule alors avec la formule suivante :

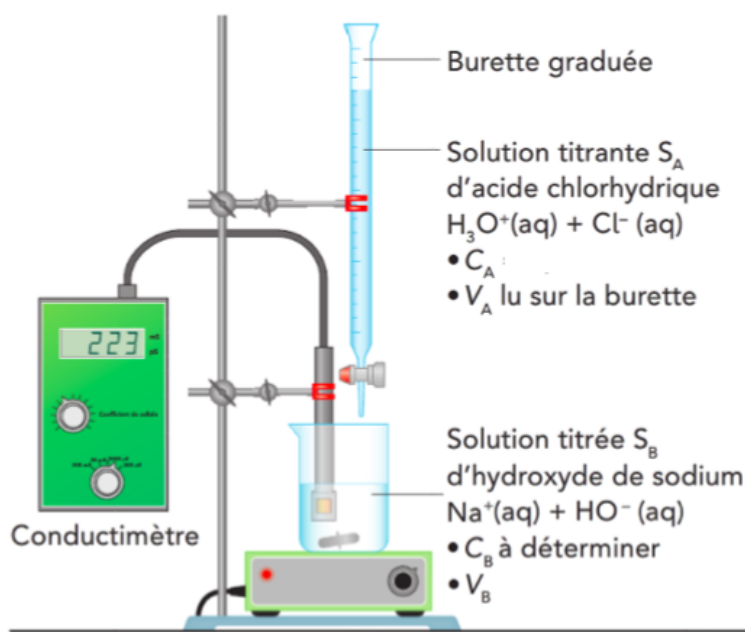
$$\sigma = \sum_i \lambda_i [X_i]$$

avec  $[X_i]$  la concentration, en  $mol.m^{-3}$ , de chaque ion  $X_i$  présent dans la solution,  $\lambda_i$  la conductivité molaire ionique de l'ion  $X_i$ , en  $S.m^2.mol^{-1}$ . Chaque ion présent dans la solution contribue donc à la conductivité de cette solution d'autant plus que sa concentration molaire est élevée.

### Document n° 4 : Matériel et produits

- Destop
- Solution d'acide chlorhydrique à  $0,10 mol.L^{-1}$
- Burette graduée
- Bêchers 200 mL
- Pipette jaugée de 10,0 mL
- Pipette jaugée de 1,0 mL
- Poire à pipeter
- Eau distillée
- Agitateur magnétique + barreau aimanté
- Conductimètre + support d'électrode
- Fiole de 100 mL et son bouchon
- Papier Joseph
- Gants et lunettes de protection

## I. Titrage d'un déboucheur de canalisation



1. Une solution commerciale  $S_0$  de déboucheur de canalisation peut être assimilée à une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium  $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$  très concentrée. La solution  $S_0$ , de concentration  $C_0$  à déterminer, est diluée 100 fois afin d'obtenir une solution  $S_B$  de concentration  $C_B$ .
2. Remplir une burette graduée avec une solution  $S_A$  d'acide chlorhydrique  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$  de concentration molaire  $C_A = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ . Ajuster son zéro. Avec une pipette jaugée munie d'un propipette, prélever un volume  $V_B = 20,0 \text{ mL}$  de la solution  $S_B$  et les introduire dans un bécher de 250 mL.
3. Ajouter au bécher environ 100 mL d'eau distillée et un barreau aimanté. Placer le bécher sur un agitateur magnétique et réaliser une agitation régulière.
4. Étalonner le conductimètre avec la notice fournie puis plonger la cellule conductimétrique dans le bécher. Noter la valeur initiale de la conductivité
5. Ajouter la solution  $S_A$ , mL par mL, jusqu'à  $V_A = 20,0 \text{ mL}$  et, à chaque ajout, mesurer la conductivité de la solution dans le bécher. Noter les valeurs dans un tableau.

$V_A$ (mL)								
$\sigma$ (mS.cm <sup>-1</sup> )								



## II. Exploitation des résultats

1. Donner le protocole qui a permis d'obtenir une solution diluée 100 fois à partir de la solution de Destop à l'aide du matériel disponible.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Réaliser le titrage conductimétrique. Puis tracer le graphe  $\sigma = f(V_A)$  sur Excel ou regressi. Décrire l'allure du graphe.

.....

.....

.....

.....

.....



3. Tracer les deux portions de droites du graphe et déterminer leur point d'intersection. Ce point, noté  $E$ , est appelé point équivalent. Déterminer le volume équivalent  $V_E$  correspondant.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Pour le titrage réalisé, les couples acide/base sont  $\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$  et  $\text{H}_2\text{O}/\text{HO}^-$ . Établir l'équation de la réaction support du titrage.

.....

.....

.....

.....

5. Exprimer la quantité  $n_B$  d'hydroxyde de sodium présente initialement dans le bécher, en fonction de  $C_B$  et de  $V_B$ . Exprimer la quantité  $n_E$  d'acide chlorhydrique apportée à l'équivalence, en fonction de  $C_A$  et de  $V_E$ .

.....

.....

.....

6. À l'équivalence, quelle relation a-t-on entre  $n_B$  et  $n_E$ ? En déduire une relation entre  $C_B$ ,  $V_B$ ,  $C_A$  et  $V_E$ .

.....

.....

.....

.....

.....

7. Pourquoi la conductivité n'est pas nulle à l'équivalence alors que les ions  $\text{HO}^-$  et  $\text{H}_3\text{O}^+$  sont entièrement consommés.

.....

.....

.....

.....

- Calculer la concentration  $C_B$ . En déduire la concentration  $C_0$  de la solution commerciale  $S_0$ .
8. L'étiquette d'un flacon de déboucheur indique : « contient de l'hydroxyde de sodium à 20 % en masse ». On souhaite vérifier cette indication.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

— Fin —



## Etude cinétique de la réaction entre $\text{H}_2\text{O}_2$ et $\text{I}^-$

### Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
<b>Réaliser</b> : Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour mettre en évidence quelques paramètres influençant l'évolution temporelle d'une réaction chimique : concentration, température, solvant.	A B C D
<b>Connaître</b> : Réactions lentes, rapides ; durée d'une réaction chimique. Facteurs cinétiques. Évolution d'une quantité de matière au cours du temps. Temps de demi-réaction.	A B C D
<b>Valider</b> : Extraire et exploiter des informations.	A B C D

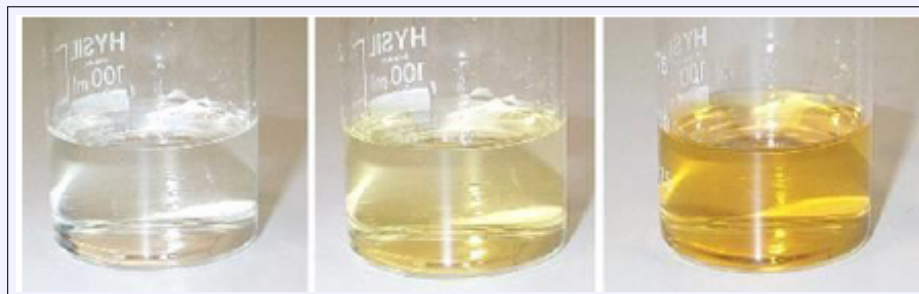
**Objectifs :** On se propose d'étudier la cinétique d'une réaction chimique lente par une méthode spectrophotométrique.

## I. Documents

### Document n° 1 : Oxydation des ions iodure par l'eau oxygénée

La réaction des ions iodure par l'eau oxygénée est une réaction lente. Les couples mis en jeu sont les suivants :  $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})} / \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$  et  $\text{I}_{2(\text{aq})} / \text{I}^-_{(\text{aq})}$ .

Parmi toutes les espèces présentes en solution, seul le diiode est coloré : il donne à la solution une couleur allant du jaune au brun selon la concentration.



### Document n° 2 : Relation entre l'avancement de la réaction et l'absorbance

L'avancement d'une réaction, noté  $x$ , est une grandeur, exprimée en moles (mol) qui permet de suivre l'évolution d'une réaction chimique. Pour la réaction étudiée, l'avancement correspond à la quantité de matière de diiode qui se forme au cours du temps :  $x = n(\text{I}_2)$ . On peut montrer que l'avancement et l'absorbance sont liés par la relation suivante :

$$A = k \times x$$

### Document n° 3 : Temps de demi-réaction

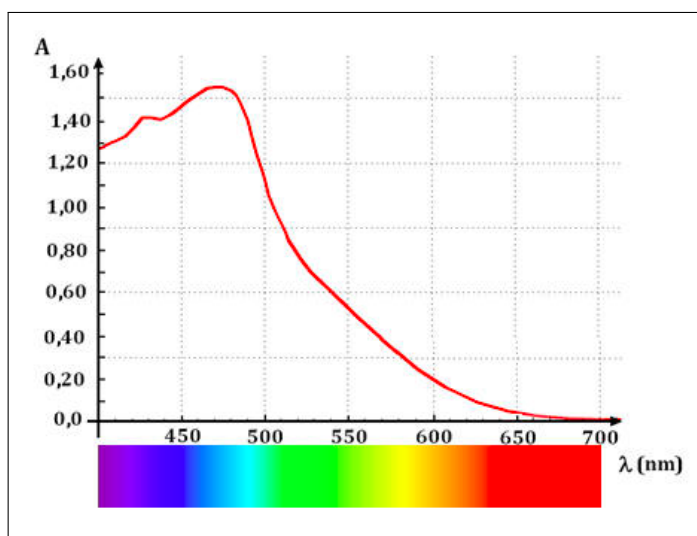
Le temps de demi-réaction, noté  $t_{1/2}$ , est la durée au bout de laquelle l'avancement  $x$  de la réaction est égal à la moitié de l'avancement final. Il s'exprime en seconde et peut être déterminé graphiquement. Il permet de donner un ordre de grandeur de la durée d'une réaction :  $5 \times t_{1/2}$

### Document n° 4 : Matériel et produits à votre disposition

- Spectrophotomètre et cuves en plastique
- Chronomètre
- Eprouvette graduée de 25 mL
- 2 pipettes jaugées de 5 mL
- Plusieurs béchers de 100 mL
- Agitateur magnétique et barreau aimanté
- Solution  $S_1$  d'iodure de potassium :  $C_1 = 0,50 \text{ mol.L}^{-1}$
- Solution  $S_2$  d'eau oxygénée  $\text{H}_2\text{O}_2$  :  $C_2 = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
- Solution  $S_3$  d'acide sulfurique :  $C_3 = 0,50 \text{ mol.L}^{-1}$

### Document n° 5 : Protocole pour le suivi cinétique de la réaction

- Prélever  $V_1 = 5,0 \text{ mL}$  de solution  $S_1$  d'iodure de potassium à l'aide d'une pipette jaugée et verser le prélèvement dans un bécher.
- Ajouter 20 mL de solution  $S_3$  d'acide sulfurique à l'aide d'une éprouvette graduée.
- Prélever  $V_2 = 5,0 \text{ mL}$  de solution  $S_2$  d'eau oxygénée à l'aide d'une pipette jaugée puis les verser dans un bécher.
- Préparer le spectrophotomètre : sélectionner la longueur d'onde  $\lambda = 490 \text{ nm}$  et faire le zéro.
- Rapidement, et tout en déclenchant le chronomètre ( $t = 0$ ), verser l'eau oxygénée dans l'erlenmeyer. Agiter.
- Prélever un peu de mélange réactionnel avec une pipette plastique pour l'introduire dans une cuve spectrophotométrique.
- Noter ainsi chaque valeur d'absorbance toutes les 60 secondes jusqu'à 10 minutes.



Document n°6 : Spectre d'absorption du diode

## II. Résultats expérimentaux

Réaliser le protocole expérimental du document n°5. Compléter la deuxième ligne tableau de résultats.

$t$ (s)	60	120	180	240	300	360	420	480	540	600	660	720
$A$												
$[I_{2(aq)}]$ ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ )												
$x$ ( $\mu\text{mol}$ )												

## III. Etude cinétique de la réaction

### III.1. La réaction entre $H_2O_2$ et $I^-$

1. Ecrire l'équation bilan de la réaction d'oxydo-réduction qui a lieu.  
**Données :**  $H_2O_2/H_2O$  et  $I_2/I^-$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Faudra-t-il se placer en milieu acide ou basique pour que la réaction ait lieu ?

.....

.....

.....

.....

### III.2. Suivi spectrophotométrique de la réaction

1. Pourquoi est-il judicieux d'utiliser une méthode spectrophotométrique pour suivre la cinétique de la réaction ?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

2. Quelle longueur d'onde faut-il choisir pour mesurer l'absorbance de la solution ? Justifier.

.....  
.....  
.....  
.....

3. Quelle est la relation entre l'absorbance  $A$  et la concentration en diiode  $[I_{2(aq)}]$ . Proposer et réaliser un protocole pour déterminer sa valeur expérimentale. Complétez la troisième ligne du tableau de la partie Résultats.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## **IV. Analyse et exploitation des résultats**

1. Compléter le tableau d'avancement descriptif de la réaction

Equation de la réaction		$2\text{I}_{(\text{aq})}^- + \text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})} + 2\text{H}_{(\text{aq})}^+ \longrightarrow \text{I}_{2(\text{aq})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$				
Etat	Avancement					
Initial	$x = 0$			excès		excès
En cours	$x$			excès		excès
Final	$x = x_{max}$			excès		excès

2. A l'aide du tableau d'avancement, précisez le réactif limitant.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Quelle est la relation entre l'avancement  $x$  du système, la concentration  $[\text{I}_{2(\text{aq})}]$  et le volume total du mélange réactionnel ? Complétez la dernière ligne du tableau de la partie Résultats.

.....

.....

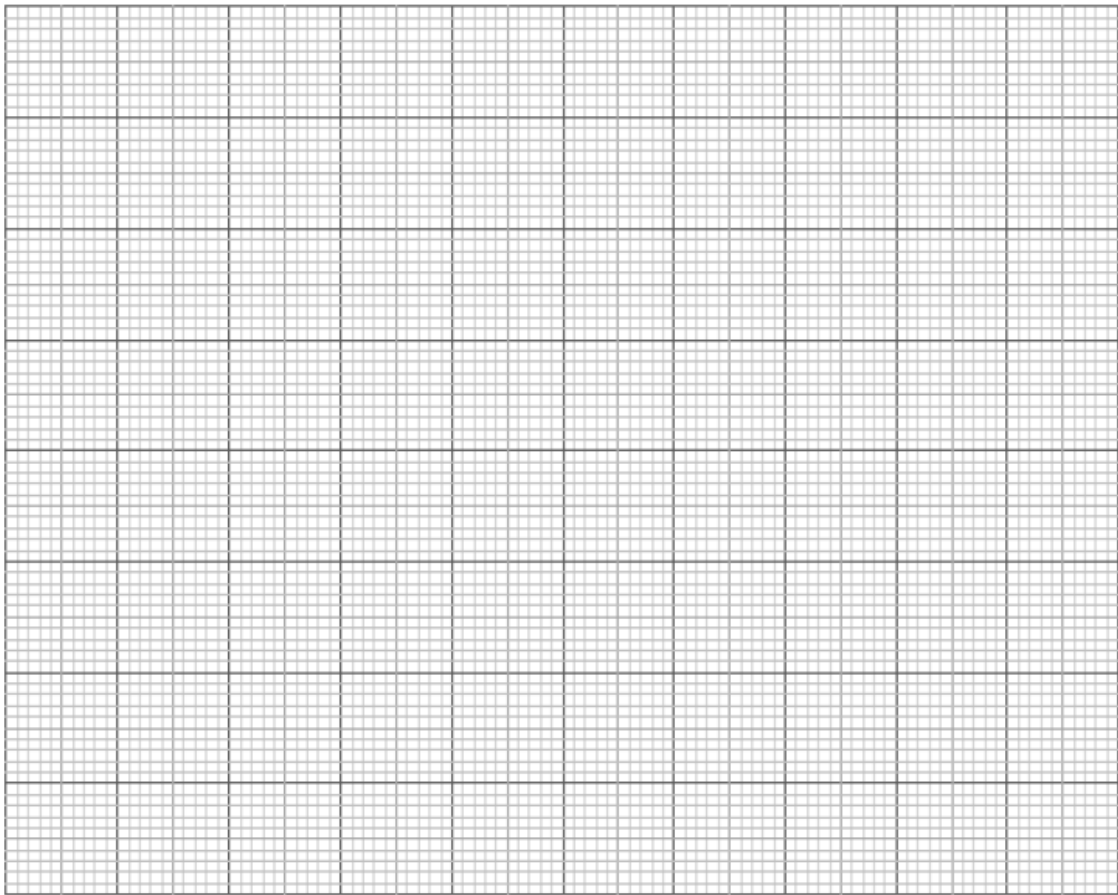
.....

.....

.....

.....

4. Tracer  $x(t)$  sur le papier millimétré.



5. Déterminer après l'avoir défini le temps de demi-réaction.

.....  
.....  
.....  
.....

6. Exprimer la vitesse volumique de réaction en fonction en fonction de  $[I_2]$  puis de  $x(t)$ .

.....  
.....  
.....  
.....

7. Interprétez l'évolution de la vitesse. Peut-on considérer que la réaction est quasiment terminée à la date  $t = 660$  s? Justifiez votre réponse.

.....  
.....  
.....  
.....

— Fin —





## Cinétique de l'hydrolyse du chlorure de tertio-butyle

### Compétences travaillées

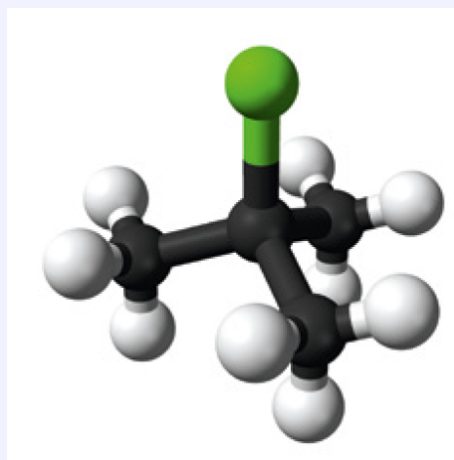
Compétences	Niveau Validé
<b>Réaliser</b> : Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour mettre en évidence quelques paramètres influençant l'évolution temporelle d'une réaction chimique : concentration, température, solvant.	A B C D
<b>Connaître</b> : Réactions lentes, rapides ; durée d'une réaction chimique. Facteurs cinétiques. Évolution d'une quantité de matière au cours du temps. Temps de demi-réaction. Loi de cinétique d'ordre 1.	A B C D
<b>Valider</b> : Extraire et exploiter des informations.	A B C D

**Objectifs :** Le chlorure de tertio-butyle est un intermédiaire de la synthèse, notamment pour la fabrication des CD et DVD. Il est utilisé, aussi, comme solvant pour les peintures, intermédiaire dans la synthèse de certains parfums, et permet d'augmenter l'indice d'octane dans les carburants. Il peut être synthétisé à partir de tertio-butanol. Inversement la réaction d'hydrolyse du chlorure de tertio-butyle donne du tertio-butanol selon une réaction lente. On se propose d'étudier la cinétique de cette réaction.

## I. Documents

### Document n° 1 : Le chlorure de tertio-butyle

Le chlorure de tertio-butyle, de son nom officiel 2-chloro-2-méthylpropane, est une molécule organique possédant un groupe halogène. Ce composé n'est pas stable dans l'eau, réagit avec celle-ci et se dégrade. Son hydrolyse forme des ions oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+$ , des ions chlorure  $\text{Cl}^-$  et le 2-méthylpropan-2-ol. Au final, le groupement chlorure est remplacé par un groupement hydroxyle.



### Document n° 2 : Le temps de demi-réaction

Le temps de demi-réaction  $t_{1/2}$  dépend en général de la concentration initiale en réactif, sauf pour les réactions d'ordre 1. En effet, dans ce cas, le temps de demi-réaction ne dépend que de la constante de vitesse  $k$ . Il est possible de calculer  $t_{1/2}$  grâce à la relation :

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$$

### Document n° 3 : Loi de Kohlrausch

Une solution ionique conduit le courant électrique du fait de la présence de porteurs de charge (les ions). La conductivité  $\sigma$  d'une solution est la grandeur qui représente la capacité de cette solution à conduire le courant électrique. Elle s'exprime en siemens par mètre ( $S.m^{-1}$ ). Plus la conductivité d'une solution ionique est élevée, plus cette solution conduit le courant électrique. La conductivité  $\sigma$  d'une solution se mesure à l'aide d'un conductimètre.

Elle dépend de la nature des ions  $X_i$  présents dans cette solution et de leur concentration  $[X_i]$ . Quantitativement, on établit la loi de Kohlrausch :

$$\sigma = \sum_i \lambda_i [X_i]$$

avec  $[X_i]$  la concentration, en  $mol.m^{-3}$ , de chaque ion  $X_i$  de la solution,

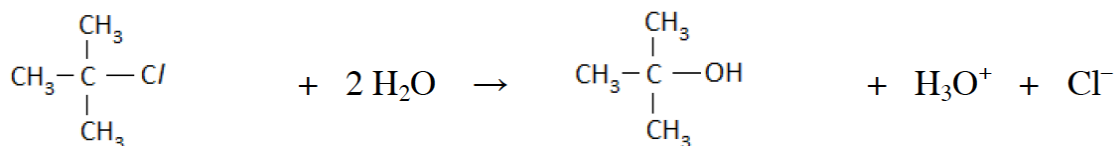
$\lambda_i$  la conductivité molaire ionique de l'ion  $X_i$ , en  $S.m^2.mol^{-1}$ . Elle dépend de la nature de l'ion et de la température.

### Document n° 4 : Quelques données

- Densité de tBu-Cl :  $d_0 = 0,85$
- Masse molaire du tBu-Cl :  $M(tBuCl) = 92,6 \text{ g.mol}^{-1}$
- Masse volumique de l'eau :  $\rho_{eau} = 1,00 \text{ g.mL}^{-1}$
- Masse molaire de l'eau  $H_2O$  :  $M(H_2O) = 18,0 \text{ g.mol}^{-1}$
- Conductivité molaire ionique dans l'eau :  $\lambda(H^+) = 35,0 \text{ mS.m}^2.mol^{-1}$ ,  $\lambda(Cl^-) = 7,63 \text{ mS.m}^2.mol^{-1}$

## II. Réflexions préliminaires

L'équation de réaction est :



1. Justifier le choix de la méthode conductimétrique pour suivre l'apparition des produits au cours de cette transformation.

.....

.....

.....

.....

.....

2. Compléter le tableau ci-dessous à l'aide d'expressions littérales en respectant les notations du tableau. On négligera la quantité initiale d'ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  due à l'autoprotolyse de l'eau.

Équation chimique de la réaction		$(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{Cl} (l) + 2 \text{H}_2\text{O} (l) = (\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{OH}(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-(\text{aq})$				
État du système	Avancement en mol	Quantités de matière en mol				
État initial	$x = 0$		En excès			
Au cours de la transformation	$x$					
État final	$x_f$					
État final si transformation totale	$x_{\text{max}}$					

3. L'expression littérale de la conductivité  $\sigma$  d'une solution en fonction des concentrations molaires effectives  $[X_i]$  des ions présents dans cette solution est donnée par la relation :  $\sigma = \sum_i \lambda_i [X_i]$  avec  $\lambda_i$  appelé conductivité molaire ionique qui est une constante dont la valeur dépend de l'ion  $X_i$ . Donner l'expression littérale de la conductivité  $\sigma$  de la solution associée à la réaction ci-dessus.

.....

.....

.....

.....

.....

4. Déduire des questions 2 et 3 l'expression de la conductivité  $\sigma$  de la solution à la date  $t$  en fonction de l'avancement  $x$  de la réaction, du volume  $V$  de la solution et des conductivités molaires ioniques des ions oxonium  $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+}$  et chlorure  $\lambda_{\text{Cl}^-}$ .

.....

.....

.....

.....

.....

5. En déduire l'expression de la concentration  $[(\text{CH}_3)_3\text{CCl}](t)$  en chlorure de tertiobutyle au cours du temps en fonction de  $C_0$  (concentration initial en chlorure de tertiobutyle), de  $\sigma$  et des conductivités molaires ioniques des ions oxonium  $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+}$  et chlorure  $\lambda_{\text{Cl}^-}$ .

.....

.....

.....

.....

.....

### III. Etude expérimentale

#### Protocole :

- Dans un bécher de 250 mL, verser 50 mL d'eau distillée prélevée avec une éprouvette graduée, puis 50 mL d'éthanol prélevé aussi avec une éprouvette graduée.
- Mettre sous agitation modérée avec un barreau aimanté.
- Plonger la cellule conductimétrique dans le mélange.
- Préparer un chronomètre mis à 0 à portée de main et prêt à être enclencher (vérifier comment le mettre en marche).
- Prélever 1,0 mL de chlorure de tertiobutyle à l'aide d'une pipette graduée (attention elle ne servira que pour cette solution d'autre part manipuler la pipette avec soin : fragile).
- Tout en déclenchant le chronomètre verser les 1,0 mL chlorure de tertiobutyle .
- Arrêter l'agitation au bout de 25 s et prendre la première valeur de la conductivité à 30 s, refaire des mesures de la conductivité toutes les 30 s et ce pendant 10 minutes en notant vos valeurs dans un fichier Excel (première colonne le temps  $t$ (s), deuxième colonne la conductivité  $\sigma$  (ms.cm<sup>-1</sup>), pendre ensuite la conductivité toutes les 60 s pendant 30 minutes.
- En utilisant l'expression de la concentration  $[(\text{CH}_3)_3\text{CCl}](t)$  en chlorure de tertiobutyle remplir une troisième colonne donnant la concentration en chlorure de tertiobutyle au cours du temps.
- Tracer, à l'aide d'Excel, la courbe de tendance (type exponentielle en affichant l'équation avec le bon nombre de chiffres significatifs).

### IV. Exploitations des résultats

1. Rappeler la définition du temps de demi réaction, le faire apparaître clairement sur la courbe Excel précédente.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Justifier le fait que cette réaction a une vitesse d'ordre 1.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Comparer, sans les calculer, les vitesses volumiques de réaction  $v_0$ ,  $v_{500}$  et  $v_{1600}$  respectivement aux instants  $t_0 = 0$  s,  $t = 600$  s et  $t = 1600$  s. Justifier en plus par un tracé graphique sur la courbe obtenue avec Excel.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

4. Quel est le facteur cinétique responsable de la variation de la vitesse volumique ?

.....  
.....  
.....

L'expression de la concentration en  $[(CH_3)_3CCl](t)$  en chlorure de tertio-butyle au cours du temps dépend d'une fonction du type

5. 
$$[(CH_3)_3CCl](t) = C_0 e^{-k.t}$$

Faire la démonstration permettant de trouver l'expression  $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$ , puis retrouver la valeur du temps de demi réaction à partir de l'équation obtenue sous Excel .

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

6. En déduire qu'elle autre critère permet de valider qu'il s'agit d'une cinétique d'ordre 1.

.....  
.....  
.....

7. Comment serait l'allure de la courbe pour une température de 50°C (justifier).

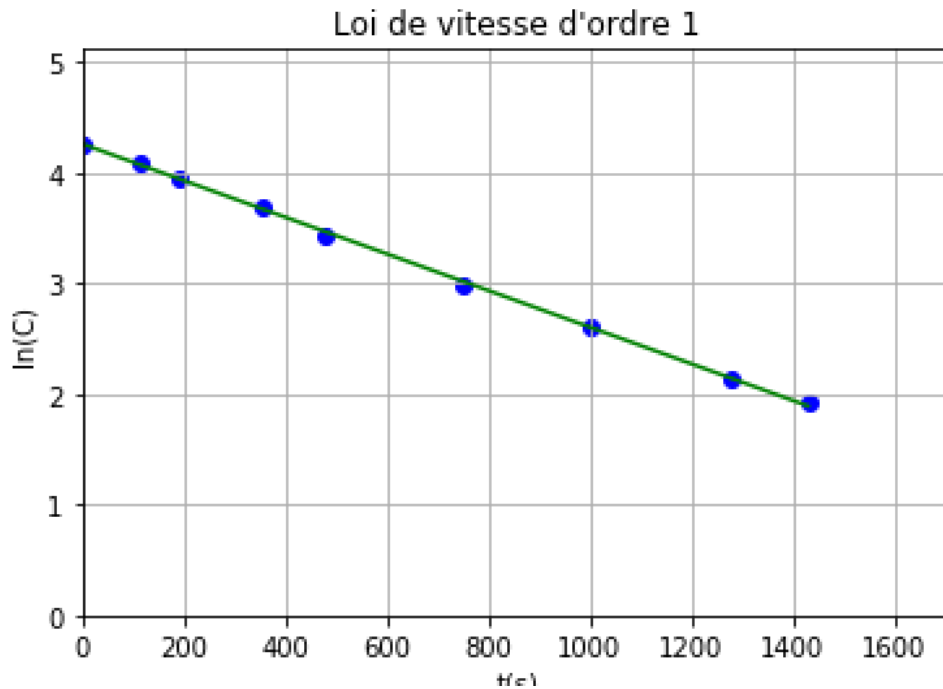
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## V. Un peu de programmation Python

Remplir les valeurs expérimentales dans le code Python. Afficher la courbe de  $\ln C$  en fonction du temps  $t$ . Vous devez obtenir la courbe suivante. Conclure en justifiant.

1.

```
t = [ , , , ] # date t
C = [ , , , ] # Concentration C mmol/L
lnC=[log(C[i])for i in range(len(t))] # calcul ln(C)
```



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

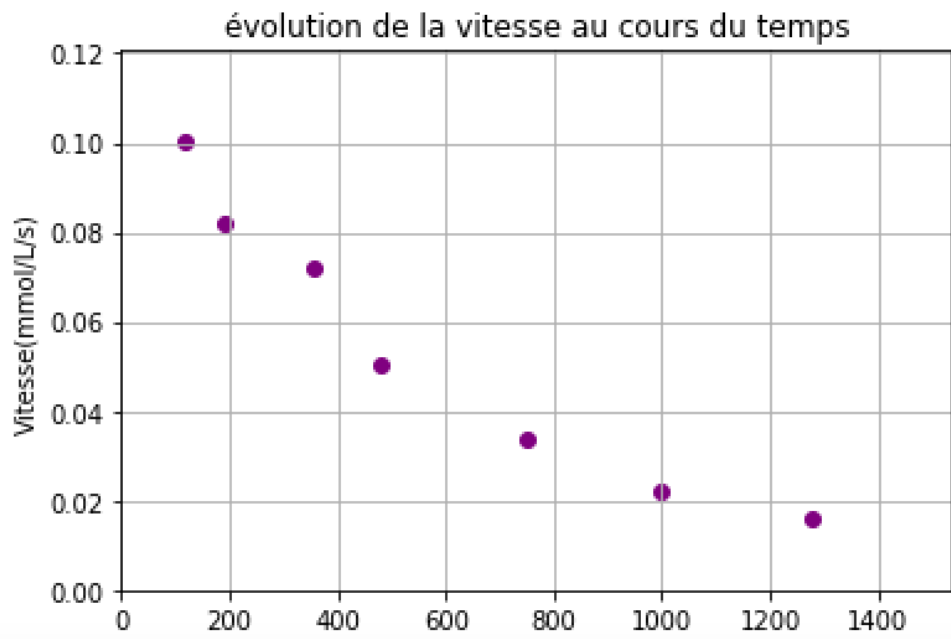
.....

.....

On cherche à représenter la vitesse de réaction en fonction du temps. Ecrire comment calculer la fonction vitesse de réaction dans le programme Python. Vous devez obtenir la courbe suivante.

2.

```
V=[]
T=[]
for i in range (1,8):
    V.append(.....) #calcul de la vitesse en fonction de la
    #concentration C[i] et du temps t[i]
    T.append(t[i])
```



.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

— Fin —



## Loi de décroissance radioactive

### Compétences travaillées dans ce TP

Compétences	Niveau Validé
<b>Connaître</b> : Évolution temporelle d'une population de noyaux radioactifs; constante radioactive; loi de décroissance radioactive; temps de demi-vie	A B C D
<b>Réaliser</b> : Établir l'expression de l'évolution temporelle de la population de noyaux radioactifs. Exploiter la loi et une courbe de décroissance radioactive.	A B C D
<b>Valider</b> : Valider un modèle numérique.	A B C D

**Contexte** La désintégration radioactive d'un noyau possède un caractère aléatoire : pour un noyau donné il est impossible de dire quand il va se désintégrer. En revanche, on connaît avec précision sa probabilité de désintégration sur une période donnée. On se propose, ici, d'étudier la loi de décroissance radioactive de manière numérique.

## I. Documents

### Document n° 1 : Décroissance radioactive

Un noyau instable est susceptible à tout moment de se transformer en un noyau plus stable, grâce à une transformation nucléaire appelée désintégration. Mais attention ! un noyau instable ne vieillit pas : il se transforme en un autre noyau d'un seul coup, sans avoir subi de modifications progressives. Un noyau jeune a autant de chances de se désintégrer qu'un noyau âgé. Avant d'avoir subi une désintégration, tous les noyaux sont identiques et il est impossible de prévoir lequel va se désintégrer en premier : le phénomène de désintégration d'un noyau est aléatoire, c'est à dire qu'il respecte les lois du hasard, et inéluctable (inévitable) car la probabilité de désintégration d'un noyau est constante au cours du temps.

Ce caractère aléatoire de la désintégration radioactive d'un noyau permet par contre d'interpréter le comportement d'une population macroscopique (un grand nombre de noyaux identiques) par une loi statistique et de prévoir ainsi son évolution. On ne peut pas prévoir l'évolution d'un noyau, mais on peut prévoir l'évolution d'un ensemble constitué par un grand nombre de noyaux.

### Document n° 2 : Analogie avec un lancer de dés

On peut imaginer une analogie entre une population de noyaux radioactifs et un ensemble de dés à jouer. Avec des dés, la règle est simple : on dispose d'un grand nombre de dés identiques (qui représentent des noyaux isotopes radioactifs). On lance tous ces dés en même temps, à des intervalles de temps constants, par exemple chaque seconde. On décide que les dés qui affichent le résultat "6" sont éliminés, ils ne participent pas au lancer suivant (comme les noyaux qui se sont désintégrés). On compte



**Document n° 3** : Programme Python pour un tirage aléatoire d'un nombre entre 1 et 6

```
1 import random
2
3 nbD = int(input("Nombre de dés à lancer : "))
4 for i in range(nbD):
5     print(random.randrange(1, (6+ 1)))
6
```

**Document n° 4** : Programme Python pour un grand nombre de tirages

```
1 import matplotlib.pyplot as plt
2 from random import randint
3
4 N=int(input("Saisir le nbre initial de noyaux en valeur entière : N0="))
5 L=[]
6
7 while N>0:
8     L.append(N)
9     s=0
10    for i in range (N):
11        if randint(1,6)==1:
12            s=s+1
13    N=N-s
14
15 print("Evolution du nombre de noyaux restants: N = ",L)
16
17 t=[i for i in range (len(L))]
18
19 plt.grid(True)
20 plt.title("Décroissance radioactive")
21 plt.xlabel("Temps")
22 plt.ylabel("Nombre de noyaux")
23
24 plt.plot(t,L, '.',color="blue")
25 plt.show()
```

## II. Manipulations

1. A l'aide du programme Python ou de dés à 6 faces faire plusieurs lancers. Après chaque lancer, éliminer les dés contenant un 6. Puis, recommencer un lancer avec les dés restants.

Numéro de lancer $t$	1	2	3	4	5	6
Nombre de dés restants $N = f(t)$						

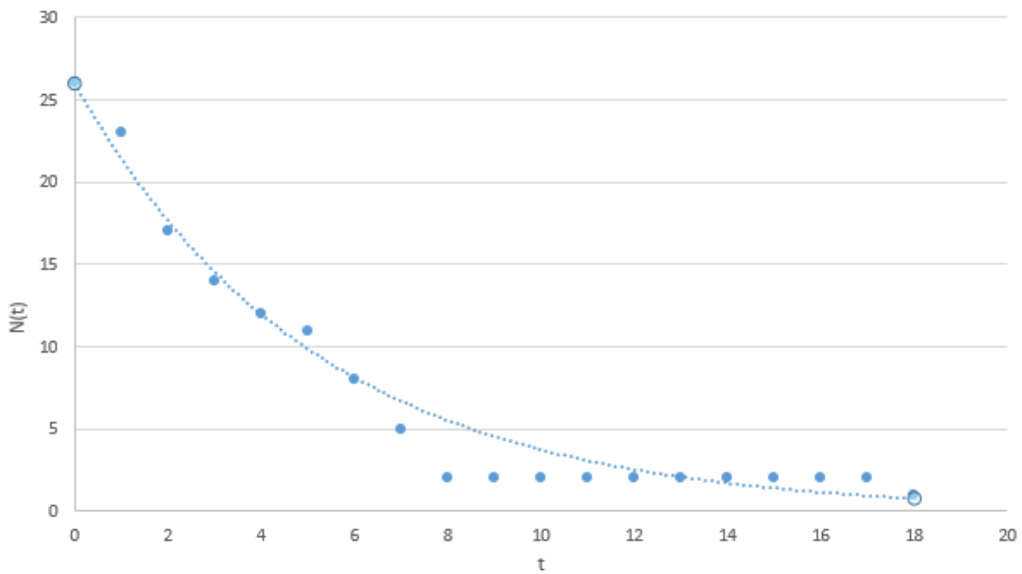
7	8	8	10	11	12	13	14	15

16	17	18	19	20	21	22	23	24

25	26	27	28	29	30	31	32	33

34	35	36						

2. Tracer sur un tableur excel  $N = f(t)$ . Vous devez obtenir une courbe comme ceci.



3. Modéliser la courbe à l'aide d'une fonction exponentielle décroissante.

.....  
 .....

4. Déterminer l'équation différentielle vérifiée par  $N(t)$ . Puis, la résoudre.

.....  
 .....

5. Après l'avoir défini. Déterminer le temps de demi-vie  $t_{1/2}$  à l'aide de la courbe.

.....

.....

.....

.....

.....

6. Exprimer  $t_{1/2}$  en fonction de la constante de désintégration  $k$ .

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. Le modèle est-il en accord avec la simulation ?

.....

.....

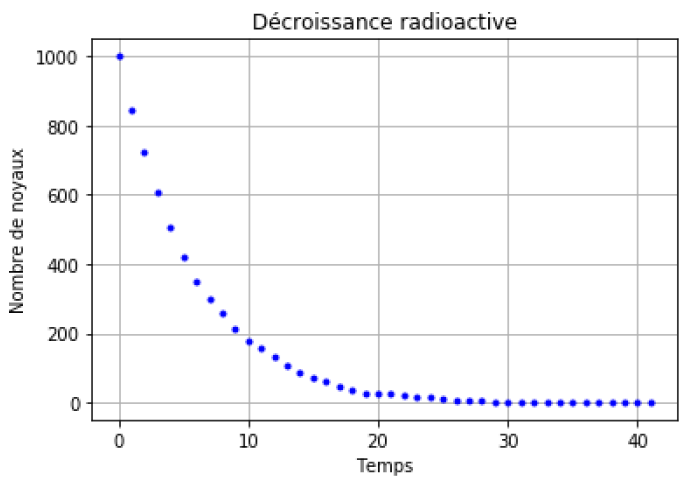
.....

.....

.....

8. En utilisant le programme du document 4, afficher le graphique  $N = f(t)$  pour 1000 tirages. Vous devez obtenir la fenêtre suivante.

Saisir le nbre initial de noyaux en valeur entière (ex 10000):  $N_0=1000$   
 Evolution du nombre de noyaux restants:  $N = [1000, 844, 724, 608, 505, 420, 351, 300, 257, 215, 178, 156, 132, 105, 84, 73, 59, 44, 36, 27, 24, 24, 21, 18, 14, 10, 6, 6, 6, 3, 2, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1]$







## Prévoir le sens de l'évolution spontanée d'un système chimique

### Compétences travaillées

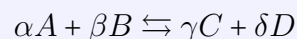
Compétences	Niveau Validé
<b>Analyser</b> : Etude de documents. Analyse de résultats expérimentaux.	A B C D
<b>Connaître</b> : Quotient de réaction, taux d'avancement	A B C D
<b>Réaliser</b> : Calcul du quotient de réaction. Mesure par conductimétrie. Dilution.	A B C D
<b>Valider</b> : Conclure sur la variation de la valeur expérimentale obtenue en fonction de paramètres.	A B C D

**Contexte** On se propose d'étudier le taux d'avancement final et le quotient de réaction à l'équilibre d'une transformation chimique (ici une réaction acido-basique) en fonction de l'état initial par une étude conductimétrique.

## I. Documents

### Document n° 1 : Définition du quotient de réaction

Soit une réaction chimique :



Le quotient de réaction s'écrit :

$$Q_r = \frac{[C]^\gamma [D]^\delta}{[A]^\alpha [B]^\beta}$$

Les concentrations  $[A]$ ,  $[B]$ ,  $[C]$ ,  $[D]$  sont en  $\text{mol.L}^{-1}$ .

### Document n° 2 : Constante d'équilibre

Lorsque le système atteint son état d'équilibre, le quotient de réaction devient une constante d'équilibre notée

$$K = Q_{r,eq} = \frac{[C]_{eq}^\gamma [D]_{eq}^\delta}{[A]_{eq}^\alpha [B]_{eq}^\beta}$$

Si la valeur de  $K$  est supérieure à  $10^4$ , on considère que la réaction est totale. Inférieure à  $10^{-4}$ , la réaction est très faible (quasiment pas de formation de produits). Entre les deux, la transformation est dite limitée.

## II. Expériences et exploitation des résultats

On dispose d'une solution mère d'acide éthanóique de concentration  $C_0 = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ . Verser environ 100 mL de la solution mère dans un bécber.

1. A partir de cette solution mère, préparer 100 mL de solutions filles de concentration respectives :  $5,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ ,  $2,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ ,  $1,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Mesurer la conductivité des 4 solutions préparées en commençant par la solution la moins concentrée.

<b>Concentration</b>	$1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$	$1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$	$2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$	$5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$
$\sigma \text{ (S.m}^{-1}\text{)}$				

Déterminer les valeurs de  $Q_{r,eq}$ . à l'aide des relations suivantes :

3. 
$$[\text{H}_3\text{O}^+]_{eq} = \frac{\sigma}{\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} + \lambda_{\text{HO}^-}} \quad \text{et} \quad Q_{r,eq} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{c - [\text{H}_3\text{O}^+]}$$

Avec  $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} = 3,5 \cdot 10^{-2} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$  et  $\lambda_{\text{CH}_3\text{COO}^-} = 4,1 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$   
Compléter le tableau suivant et interpréter les résultats.

<b>Concentration</b>	$1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$	$1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$	$2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$	$5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$
$[\text{H}_3\text{O}^+] \text{ mol.L}^{-1}$				
$Q_{r,eq}$				

4.  $Q_{r,eq}$  dépend-il de la composition initiale du système ?

.....

.....

.....

A partir des résultats expérimentaux précédents, compléter le tableau suivant et interpréter les résultats. Le taux d'avancement final a pour expression :

5. 
$$\tau = \frac{x}{x_f} \quad \text{avec} \quad x_f = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot V \quad \text{et} \quad x_{max} = C \cdot V$$

On a utilisé un volume  $V = 0,100 \text{ L}$

<b>Concentration</b>	$1, 0.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$	$1, 0.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$	$2, 0.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$	$5, 0.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$
$x_{max}$ (mol)				
$x_f$ (mol)				
$\tau = \frac{x_f}{x_{max}}$				

6. L'état initial d'un système influe-t-il sur le taux d'avancement final  $\tau$  d'une réaction ?

.....

.....

.....

— Fin —



## Réalisation d'une pile électrochimique

### Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
<b>Analyser</b> : Analyse de résultats expérimentaux.	A B C D
<b>Connaître</b> : Pile électrochimique. Tension à vide. Polarité.	A B C D
<b>Réaliser</b> : Réaliser une pile. Mesurer la tension à vide.	A B C D
<b>Valider</b> : Interpréter des expériences et des mesures.	A B C D

**Contexte** On se propose d'étudier les propriétés d'une pile électrochimique.

### I. Cas des réactions d'oxydoréduction spontanées. Prédiction du sens spontanée de la transformation

Théoriquement, les transformations mettant en jeu des réactions d'oxydoréduction peuvent avoir lieu dans les deux sens. En pratique, est-ce le cas ?

**Expérience n°1** : On introduit du fer en poudre dans un bécher contenant une solution aqueuse

- de sulfate de cuivre II de concentration  $1 \text{ mol.L}^{-1}$ .  
Faire un schéma de l'expérience.

- Qu'observe-t-on ? Quelle est l'équation associée à cette transformation ?

.....

.....

.....

.....



3. **Expérience n°2** : On introduit du cuivre solide dans un bécher contenant une solution aqueuse de sulfate de fer de concentration  $1 \text{ mol.L}^{-1}$ . Faire un schéma de l'expérience.

4. Qu'observe-t-on ?

.....  
.....  
.....

Dans des tables de données, la valeur de la constante d'équilibre  $K$  de la réaction d'oxydo-réduction de l'équilibre suivant :



est  $K = 2,8 \times 10^{26}$ .

Calculer  $Q_{r,i}$  et montrer que le sens direct de cette transformation est très privilégié.

.....  
.....  
.....  
.....

## II. Etude expérimentale d'une pile électrochimique fer-cuivre

- Dans un petit bécher de 100 mL, introduire 50 mL d'une solution de sulfate de cuivre (II) à  $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$  et une plaque de cuivre préalablement décapée et munie d'une pince crocodile.
- Dans un autre petit bécher de 100 mL, introduire 50 mL de solution de sulfate de fer (II) à  $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$  et une plaque de fer préalablement décapée.
- Plier en 2 une bande de papier-filtre de largeur 2 cm et de longueur 10 cm puis la plonger complètement dans une solution de nitrate d'ammonium à  $1 \text{ mol.L}^{-1}$ . La récupérer pour la suite à l'aide d'une pince à épiler.
- Introduire une des extrémités de cette bande de papier-filtre dans chacun des béchers préparés ci-dessus : elle servira de pont salin.
- Brancher, entre les deux plaques métalliques, un voltmètre.

1. Schématiser la pile en s'aidant du schéma du cours sur les piles. Préciser les bornes « Com » et « V » du voltmètre et le sens du courant dans le circuit réalisé.

2. Comment peut-on mesurer la tension aux bornes de ce générateur ? Expliquer et réaliser la mesure en précisant le sens de branchement du voltmètre.

.....  
.....  
.....  
.....

3. En déduire la polarité des électrodes. Ce résultat est-il en accord avec le sens du courant ? Noter les polarités sur le schéma.

.....  
.....  
.....

4. À partir du sens du courant, déduire celui des porteurs de charge dans les fils métalliques et les électrodes.

.....  
.....  
.....  
.....

5. À partir des réponses précédentes et de l'observation de l'état des électrodes au bout de 10 minutes, écrire les demi-équations d'oxydoréduction aux électrodes et l'équation décrivant le fonctionnement de la pile.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

6. Identifier l'anode et la cathode sachant qu'il y a toujours oxydation à l'anode et réduction à la cathode.

.....  
.....  
.....  
.....

7. Comment évoluent les concentrations des ions en solution dans chaque compartiment de la pile?

.....  
.....  
.....

8. En déduire le sens de déplacement des porteurs de charge dans le pont salin. Quel est son rôle?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

— Fin —



## Estimation d'une constante d'acidité

### Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
<b>Analyser</b> : Etude de documents. Analyse de résultats expérimentaux.	A B C D
<b>Connaître</b> : Le pH : définition, mesure. Couples acide-base. Constante d'acidité. Echelle de $pK_a$ .	A B C D
<b>Réaliser</b> : Mesure du pH d'une solution aqueuse. Mettre en évidence une démarche expérimentale pour déterminer une constante d'acidité. Mener des calculs et représenter graphiquement.	A B C D
<b>Valider</b> : Comparer la valeur expérimentale à la valeur attendue.	A B C D

**Contexte** Le vinaigre est aussi vieux que la civilisation elle-même, peut-être plus. Les bactéries qui transforment l'éthanol en acide acétique sont présentes partout dans le monde, et toute culture fabriquant la bière ou le vin a inévitablement découvert le vinaigre, résultat naturel de l'évolution de ces boissons alcoolisées laissées à l'air libre. Les anciens romains faisaient bouillir le « vin aigre » dans des récipients de plomb pour produire un sirop très sucré, le sapa ou sucre de plomb, qui provoqua de nombreux empoisonnements au plomb dans l'aristocratie romaine. Partons à la découverte de cet acide particulier !

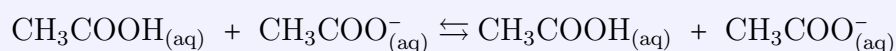
## I. Documents

### Document n° 1 : Composition du vinaigre

Bien connu pour ses qualités gustatives, le vinaigre est aussi utilisé aujourd'hui comme produit ménager pour ses propriétés désinfectantes et détartrantes. Il est fabriqué par oxydation naturelle de l'éthanol présent dans le vin ou le cidre. Son pH est compris entre 2,0 et 3,0 et il contient majoritairement de l'acide éthanoïque de formule  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . L'acide éthanoïque, notée AH, (voir molécule ci-contre) est un acide faible. Sa base conjuguée, notée  $\text{A}^-$  est l'ion éthanoate, de formule  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ .

### Document n° 2 : Mélange d'un acide faible et d'une base conjuguée

En l'absence d'autres acides ou bases, le mélange d'une quantité  $n_i(\text{AH})$  d'un acide faible et d'une quantité  $n_i(\text{A}^-)$  de sa base conjuguée dans l'eau conduit à l'équilibre chimique suivant :



Ainsi, les concentrations des deux espèces ne varient pas et restent égales aux concentrations initiales dans le mélange :

$$[\text{AH}]_f = \frac{n_i(\text{AH})}{V_{\text{mélange}}} \text{ et } [\text{A}^-]_f = \frac{n_i(\text{A}^-)}{V_{\text{mélange}}}$$

**Document n° 3** : Constante d'acidité  $K_a$  d'un couple Acide (AH)/ Base ( $\text{A}^-$ )

La valeur du rapport  $\frac{[\text{A}^-]_f[\text{H}_3\text{O}^+]_f}{[\text{AH}]_f}$  est constante à une température donnée et porte le nom de constante d'acidité, noté  $K_a$ . Le  $pK_a$  est défini par  $pK_a = -\log(K_a)$ . La relation qui lie le pH et le  $pK_a$  du couple HA/ $\text{A}^-$  est alors :

$$pH = pK_a + \log \frac{[\text{A}^-]_f}{[\text{AH}]_f}$$

Le  $pK_a$  d'un couple peut être déterminé graphiquement, en mesurant le pH de différentes solutions obtenues par des mélanges de volumes variables de l'acide et de sa base conjuguée.

## II. Analyse du problème

On se propose de mélanger des solutions d'acide éthanoïque et d'éthanoate de sodium à  $1 \text{ mol.L}^{-1}$  toutes les deux. A partir du matériel présent sur votre paillasse et en tenant compte de la précision attendue, préciser pour chaque mélange à réaliser la verrerie utilisée ainsi que son volume. Pour limiter le nombre de manipulations, il faudra réaliser chaque prélèvement en utilisant qu'un seul instrument de verrerie.

	Mélange 1	Mélange 2
$V_{\text{AH}}$ (mL)	25,0	5,0
$V_{\text{A}^-}$ (mL)	10,0	20,0
$V_{\text{eau}}$ (mL)	20,0	20,0

**Mélange 1 :**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**Mélange 2 :**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### III. Réalisation des mélanges et mesure du pH

Préparer les deux mélanges et effectuer pour chacun d'eux, une mesure de  $pH$ . Remplir ensuite le tableau suivant :

	Mélange 1	Mélange 2	Mélange 3	Mélange 4
$V_{AH}$ (mL)	25,0	5,0	25,0	5,0
$V_{A^-}$ (mL)	10,0	20,0	5,0	10,0
$V_{eau}$ (mL)	20	20	20	20
$pH$			4,0	5,0

### IV. Exploitation

1. Sachant que :  $\frac{[A^-]_f}{[AH]_f} = \frac{V_{A^-}}{V_{AH}}$ , remplir le tableau suivant :

	Mélange 1	Mélange 2	Mélange 3	Mélange 4
$\frac{[A^-]_f}{[AH]_f}$			0,20	2,0
$\log \frac{[A^-]_f}{[AH]_f}$			-0,70	0,30

2. Tracer, sur Regressi, EXCEL ou un papier millimétré, la courbe  $pH = f(\log \frac{[A^-]_f}{[AH]_f})$ .

3. Donner l'équation de la courbe  $pH = f(\log \frac{[A^-]_f}{[AH]_f})$ . Justifier.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Pour quelle valeur de  $\log \frac{[A^-]_f}{[AH]_f}$  a-t-on  $pH = pK_a$  ?

.....

.....

.....

.....

5. Déterminer graphiquement la valeur du  $pK_a$  du couple (faire apparaître la construction).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. Le  $pK_a$  du couple  $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$  est égal à 4,8 à 25° C. Comparer la valeur obtenue expérimentalement et la valeur attendue.

.....

.....

.....

.....

.....

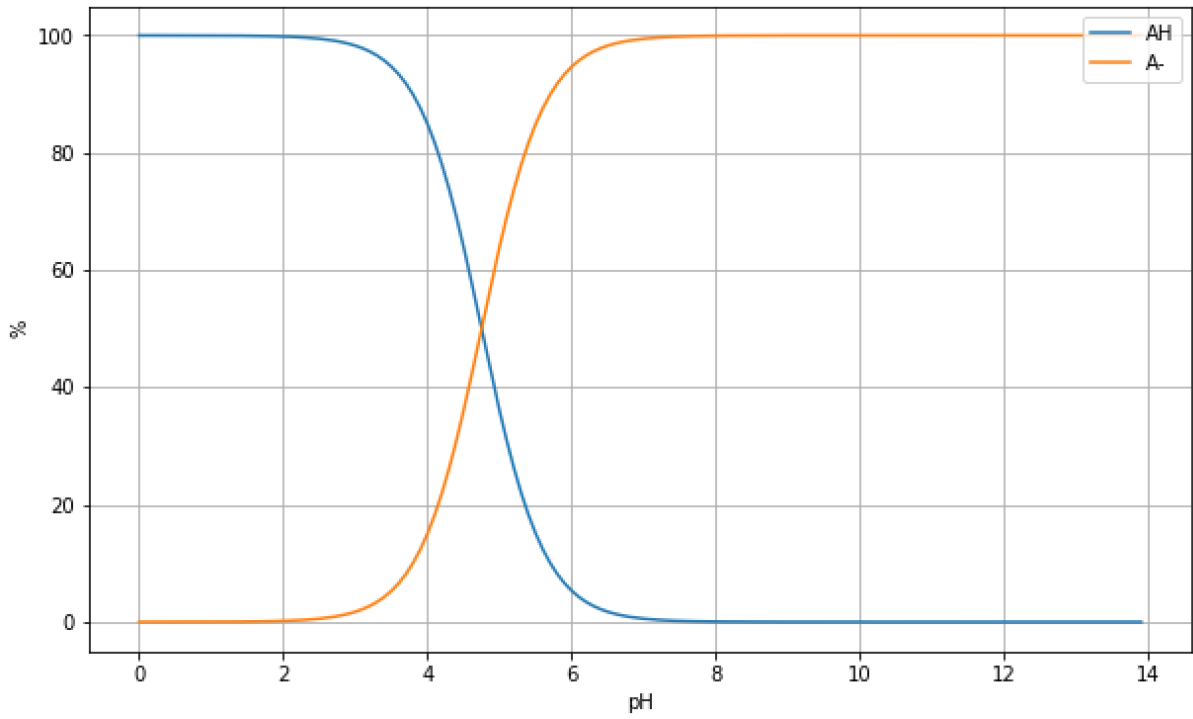
.....

## V. Utilisation du langage de programmation Python pour tracer un diagramme de prédominance

Le programme ci-dessous permet de tracer le diagramme de prédominance d'un acide faible défini par son  $pK_a$ .

```
1 import numpy
2 import math
3 from matplotlib.pyplot import *
4
5 def pC0(pka,ph):
6     return -math.log10((10**(-ph)-10**(-14+ph))*(1+10**(-ph+pka)))
7 def base(pka,ph):
8     return 1.0/(1+10**(-ph+pka))
9 ph = numpy.arange(0,14,0.1)
10 n=len(ph)
11 b=numpy.zeros(n)
12 a=numpy.zeros(n)
13 pka=4.75
14 for k in range(n):
15     b[k] = 100*base(pka,ph[k])
16     a[k]=100-b[k]
17 figure(figsize=(10,6))
18 plot(ph,a,label="AH")
19 plot(ph,b,label="A-")
20 xlabel("pH")
21 ylabel("%")
22 grid()
23 legend(loc="upper right")
```

Vous devez obtenir la courbe suivante. Expliquer le principe d'un tel diagramme



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Après avoir recherché sur internet les formules et les pK<sub>a</sub> des acides étudiés ci-dessous, modifier le programme de telles manières à obtenir le diagramme de prédominance de l'acide benzoïque de pK<sub>a</sub> = 4,2 et de l'ammoniac de pK<sub>a</sub> = 9,2. Déterminer pour chaque cas, quelle est la forme prédominante à pH = 6. On donnera la formule semi-développée de ces espèces chimiques prédominantes.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

— Fin —





## Comparer la force relative des acides et des bases

### Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
<b>Analyser</b> : Etude de documents. Analyse de résultats expérimentaux.	A B C D
<b>Connaître</b> : Le $pH$ : définition, mesure.	A B C D
<b>Réaliser</b> : Mesure du $pH$ d'une solution aqueuse.	A B C D
<b>Valider</b> : Comparer la valeur expérimentale à la valeur attendue.	A B C D

**Contexte** On se propose de mesurer le  $pH$  de solutions d'acide ou de base de concentration donnée pour en déduire le caractère fort ou faible de l'acide ou de la base.

### I. Mesure du $pH$ de quelques solutions diluées d'acide fort et de base forte

- Mesurer le  $pH$  d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration  $C_A = 0,01 \text{ mol.L}^{-1}$ .
  - Mesurer le  $pH$  d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration  $C_B = 0,01 \text{ mol.L}^{-1}$ .

En déduire les concentrations en ions  $[H_3O^+]_A$  et  $[H_3O^+]_B$  pour ces deux solutions.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- Après avoir noté les valeurs de l'ensemble des groupes, calculer la moyenne des valeurs de  $pH$  obtenu ainsi que l'incertitude-type. Compléter le tableau

Groupe	Acide chlorhydrique	Hydroxyde de sodium
1		
2		
3		
4		
Moyenne		
Incertitude-type		

## II. Mesure du pH de quelques solutions diluées d'acides faibles

Deux solutions  $S_1$  et  $S'_1$  ont été préalablement préparées.

$S_1$  = Solution préparée en plaçant 6,0 g d'acide éthanóique ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) dans 1 L d'eau distillée

$d_{\text{acide éthanóique}} = 1,09$

A partir de la solution  $S_1$ , préparer 100 mL d'une solution fille  $S_2$  diluée au 1/10ème.

Après avoir étalonné le pH-mètre, mesurer le pH des deux solutions  $S_1$  et  $S_2$ .

$S'_1$  = Solution préparée en plaçant 4,6 g d'acide méthanoíque ( $\text{HCOOH}$ ) dans 1 L d'eau distillée.

$d_{\text{acide éthanóique}} = 1,22$

A partir de la solution  $S'_1$ , préparer 100 mL d'une solution fille  $S'_2$  diluée au 1/10ème.

Après avoir étalonné le pH-mètre, mesurer le pH des deux solutions  $S'_1$  et  $S'_2$ .

- Après avoir noté les valeurs de l'ensemble des groupes, calculer la moyenne des valeurs de pH obtenu ainsi que l'incertitude-type.

Groupe	$S_1$	$S_2$	$S'_1$	$S'_2$
1				
2				
3				
4				
Moyenne				
Incertitude-type				

- Ces solutions sont-elles acides ou basiques ? Justifier.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- Déterminer les concentrations molaires des solutions  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S'_1$  et  $S'_2$ .

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Ecrire les équations des réactions de dissolution de ces acides dans l'eau.

.....  
.....  
.....  
.....

5. S'il on prend pour hypothèse que la transformation est totale, quelle serait la concentration d'ions oxonium dans les solutions  $S_2$  et  $S'_2$  ?

.....  
.....  
.....  
.....

6. Quelle serait alors les valeurs de pH que l'on devrait mesurer ?

.....  
.....  
.....  
.....

7. Quelles sont les conclusions que l'on peut tirer de ces résultats expérimentaux ?

.....  
.....  
.....  
.....

### **III. Détermination, à l'aide d'un programme Python, du taux d'avancement d'une réaction d'un acide faible dans l'eau**

1. Rappeler la définition du taux d'avancement de la réaction d'un acide faible dans l'eau

.....  
.....  
.....  
.....

Interpréter chaque partie du programme Python suivant.

2.

```
pH=float(input('pH de la solution ? pH ='))
C=float(input('Concentration en soluté\apporté en mol/L ? C ='))
V=float(input('Volume de la solution en L\V='))
xf=10**(-pH*V)
xmax=C*V
tau=round(xf/xmax,2)
if tau>1 : print('taux avancement =',tau,'impossible')
else :
    if tau==1 : print('taux avancement\=',tau, 'Acide fort')
    else :
        print('taux avancement=',tau,'Acide faible')
```

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Tester le programme précédent avec les trois cas de figures suivants :

3.

- Acide éthanöique  $\text{CH}_3\text{COOH}$  :  $\text{pH}_{\text{mesuré}} = 3,4$ , Concentration en acide  $C = 0,010 \text{ mol.L}^{-1}$ , Volume  $V = 1,0 \text{ L}$
- Acide méthanoïque  $\text{HCOOH}$  :  $\text{pH}_{\text{mesuré}} = 2,9$ , Concentration en acide  $C = 0,010 \text{ mol.L}^{-1}$ , Volume  $V = 1,0 \text{ L}$
- Acide chlorhydrique  $\text{H}_3\text{O}^+ \text{Cl}^-$  :  $\text{pH}_{\text{mesuré}} = 2,0$ , Concentration en acide  $C = 0,010 \text{ mol.L}^{-1}$ , Volume  $V = 1,0 \text{ L}$

Conclure.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

— Fin —



## L'eau peut-elle être une source d'énergie ?

### Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
<b>Analyser</b> : Etude de documents. Analyse de résultats expérimentaux.	A B C D
<b>Connaître</b> : Constitution et fonctionnement d'un électrolyseur.	A B C D
<b>Réaliser</b> : Mettre en œuvre un protocole. Calculer un rendement.	A B C D
<b>Valider</b> : Interpréter les résultats expérimentaux obtenus.	A B C D

**Contexte** Le dihydrogène est un "vecteur" énergétique quasiment inexistant dans la nature à l'état moléculaire : il faut donc le produire avant de l'utiliser ou éventuellement le stocker. On y parvient par divers procédés : le reformage ou gazéification d'hydrocarbures, l'électrolyse de l'eau ou la dissociation thermochimique de l'eau ou de la biomasse. A côté de l'électrolyse industrielle mettant en œuvre des puissances unitaires pouvant atteindre plusieurs mégawatts (électrolyse chlore-soude, par exemple), on assiste de nos jours à l'essor des électrolyseurs de petites à de moyennes capacités, typiquement de 1 à 100 kW. On se propose d'identifier les produits formés lors du passage forcé d'un courant dans un électrolyseur et relier la durée, l'intensité du courant et les quantités de matière de produits formés lors d'une électrolyse de l'eau produisant du dihydrogène moléculaire. Et enfin, on cherchera à en déduire le rendement de cette électrolyse.

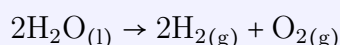
## I. Documents

### Document n° 1 : Production industrielle de dihydrogène par électrolyse à haut rendement

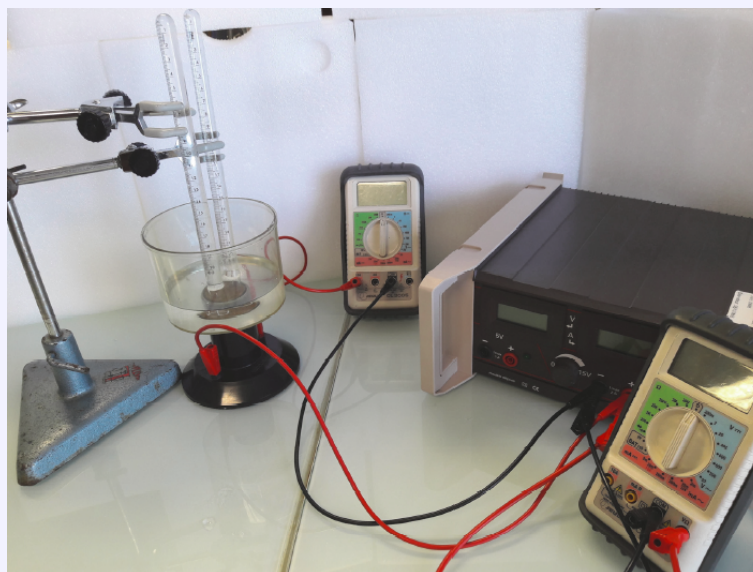
Le CEA-Liten a annoncé la validation d'un système de production de dihydrogène par électrolyse de l'eau à haut rendement : plus de 90 %, contre 70 à 85 % pour les électrolyseurs industriels classiques. Moins médiatique que la pile à combustible, l'électrolyseur est un élément clé du processus « dihydrogène-énergie ». C'est lui qui permet de fabriquer du dihydrogène « vert » à partir d'électricité éolienne ou solaire, plutôt qu'à partir d'hydrocarbures.

### Document n° 2 : Électrolyse de l'eau

L'électrolyse de l'eau utilise le courant électrique pour « dissocier » l'eau en dihydrogène et dioxygène selon la réaction d'équation :



La cellule électrolytique est constituée de deux électrodes en métal reliées aux bornes d'un générateur et immergées dans une solution ionique composée majoritairement d'eau.



Lorsqu'un électrolyseur est alimenté par un générateur délivrant une tension  $U$  (exprimée en volts), il est parcouru par un courant d'intensité  $I$  (exprimée en ampères). L'énergie  $W_E$  totale reçue par l'électrolyseur (exprimée en joules) pendant une durée  $\Delta t$  (exprimée en secondes) est :

$$W_E = U.I.\Delta t$$

Une partie de cette énergie est utilisée pour dissocier l'eau et donc produire du dihydrogène (c'est l'énergie « utile ») ; le reste est dissipé.

### Document n° 3 : Énergie utile pour produire du dihydrogène

L'énergie nécessaire pour produire une mole de dihydrogène  $H_2$  à partir de l'électrolyse de l'eau est  $E_{H_2} = 286 \text{ kJ.mol}^{-1}$ .

L'énergie nécessaire pour produire  $n$  mole de dihydrogène  $H_2$  à partir de l'électrolyse de l'eau est appelée énergie utile  $E_u$ .

La quantité de matière  $n$  correspondant à un volume  $V$  (exprimé en litres) de dihydrogène  $H_2$  se calcule par la relation :

$$n = \frac{V}{V_m}$$

#### Donnée :

Le volume occupé par une mole de gaz dans les conditions de l'expérience vaut 24 L ; le volume molaire  $V_m$  est donc égal à 24 L.mol<sup>-1</sup>.

### Document n° 4 : Matériel et produits mis à disposition

- Un électrolyseur (de type « tulipe ») alimenté par un générateur
- Deux multimètres
- un flacon contenant une solution aqueuse de sulfate de sodium ( $2 \text{ Na}_{(aq)}^+ ; \text{SO}_4^{2-}{}_{(aq)}$ ) à 1 mol.L<sup>-1</sup>
- Un bécher
- Une pipette souple
- Deux éprouvettes graduées ou deux éprouvettes à gaz graduées de 20 mL
- Une alimentation de tension continue réglable

- Un chronomètre
- Deux noix + supports pour maintenir les éprouvettes
- Une paire de gants, des lunettes de protection
- Une notice relative à l'utilisation des multimètres et aux incertitudes associées aux calibres

## II. Expérience

### Protocole :

- Réaliser le montage ci-dessus sans placer les éprouvettes.
- Dans un premier temps remplir l'électrolyseur avec la solution de sulfate de sodium de concentration  $1 \text{ mol.L}^{-1}$ , de tel manière à ce que les électrodes soient bien immergées.
- Dans un deuxième temps, mettre le générateur sous tension en réglant l'intensité débitée à environ  $0,3 \text{ A}$ .
- Régler les calibres des multimètres en conséquence.
- Eteindre le générateur.
- Remplir complètement les deux éprouvettes et boucher-les avec votre doigt.
- Placer les éprouvettes sur chaque électrode en ayant soin de ne pas faire rentrer d'air dans celles-ci.
- Allumer le générateur et déclencher le chronomètre. Veiller à ce que l'intensité reste à peu près constante.
- Laisser fonctionner, jusqu'à ce que l'éprouvette qui se remplit le plus vite, soit complètement remplie de gaz. Eteindre à ce moment le générateur et stopper le chronométrage.

Noter la valeur de la durée  $\Delta t$  et la valeur exacte du volume de gaz dans les deux éprouvettes  $V_1$  et  $V_2$ .

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### Identification des gaz formés :

- Boucher (avec un bouchon) le tube 1 avant de le sortir de la solution, le retourner et le déboucher en présentant simultanément une allumette enflammée à son extrémité.
- Boucher (avec un bouchon) le tube 2 avant de le sortir de la solution, le retourner et le déboucher en introduisant immédiatement une buchette incandescente dans sa partie supérieure.

**Donnée :** Couples mis en jeu :  $\text{H}^+_{(\text{aq})}/\text{H}_{2(\text{g})}$  et  $\text{O}_{2(\text{g})}/\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$

### III. Exploitation des résultats

#### III.1. Identification des produits formés lors du passage forcé d'un courant dans l'électrolyseur

1. Déduire des tests réalisés la nature des gaz produits dans chaque tube.

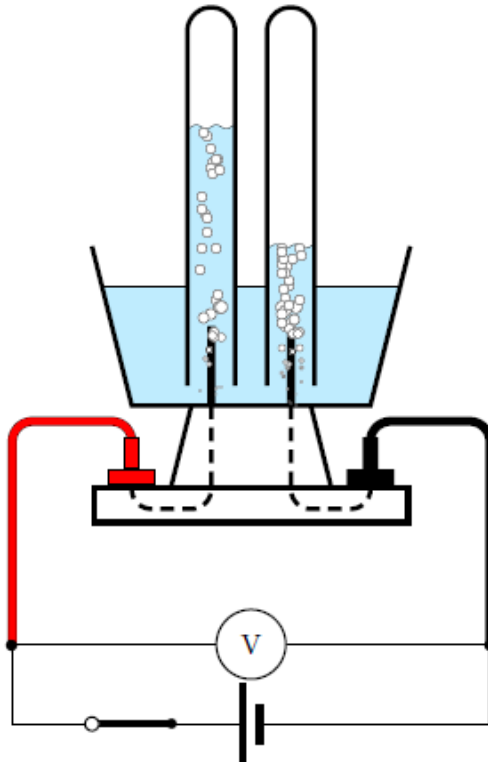
.....

.....

.....

.....

2. Représenter le sens conventionnel de déplacement du courant dans le circuit (montage expérimental). Représenter également le sens de déplacement des électrons dans le circuit extérieur à l'électrolyseur.



3. Établir l'équation de la réaction se produisant à chacune des électrodes.

.....

.....

.....

.....

.....

.....



4. Identifier l'anode et la cathode après avoir rappelé la définition de ces deux termes.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

5. Montrer que l'équation de la réaction qui décrit le fonctionnement global de l'électrolyseur est



.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

6. Les volumes respectifs des deux gaz produits sont-ils cohérents avec l'équation de cette réaction ?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

7. Pourquoi avoir utilisé une solution aqueuse de sulfate de sodium et non de l'eau pure pour réaliser l'électrolyse de l'eau ?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

### III.2. Relier la durée, l'intensité du courant et les quantités de matière de produits formés. En déduire le rendement de cette électrolyse

Déterminer la valeur de l'énergie utile  $E$  nécessaire pour former le volume  $V_{H_2}$  formée lors de l'électrolyse.

1. **Données :**

$n = \frac{V_{H_2}}{V_m}$  avec  $V_m = 24 \text{ L.mol}^{-1}$  dans les conditions de l'expérience.

$E_{H_2} = 285 \text{ kJ.mol}^{-1}$ .

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Déterminer la valeur de l'énergie totale  $E$  reçue par l'électrolyseur (exprimée en joules) pendant une durée  $\Delta t$  (exprimée en secondes).

2. Cette énergie a pour expression :  $E' = U.I.\Delta t$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Déterminer la valeur du rendement  $r = \frac{E}{E'}$ . Conclure. Sous quelle forme se trouve l'énergie dissipée ?

3.

.....

.....

.....

.....

.....

— Fin —



## Synthèse de l'aspirine

### Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
<b>Réaliser</b> : Pratiquer une démarche expérimentale pour synthétiser une molécule organique d'intérêt biologique à partir d'un protocole.	A B C D
<b>Connaître</b> : Identification des réactifs, du solvant, du catalyseur, des produits ; Détermination des quantités des espèces mises en jeu, du réactif limitant	A B C D
<b>Valider</b> : Extraire et exploiter des informations. Calcul de rendement.	A B C D

### Contexte :

## Documents

### Document n° 1 : Histoire de la découverte de l'aspirine

#### Utilisation empirique de plantes médicinales de l'Antiquité jusqu'au XIXe siècle

Le saule est utilisé depuis l'Antiquité pour ses vertus curatives. On a retrouvé la trace de décoction de feuilles de saule sur des tablettes sumériennes de 5000 av. J.-C. et dans un papyrus égyptien datant de 1550 av. J.-C. Hippocrate (460-377 av. J.-C.), médecin grec, conseillait une préparation à partir de l'écorce du saule blanc pour soulager les douleurs et faire baisser les fièvres.

#### Extraction d'une espèce naturelle

En 1829, P.J. Leroux, un pharmacien français, après avoir fait bouillir de la poudre d'écorce de saule blanc dans de l'eau, tente de concentrer sa préparation ; il en résulte des cristaux solubles qu'il baptise salicyline (de salix, nom latin de saule).

Des scientifiques allemands purifient cette substance active, d'abord appelée salicyline, puis acide salicylique. En 1835, le suisse K. Lowig cristallise un composé nommé « Spisäure » à partir d'un extrait de la reine des prés ou spirée, plante vivace des zones humides.

En 1839, le chimiste français J.B. Dumas démontre que le « Spisäure » est de l'acide salicylique. On utilise alors cette préparation pour faire tomber la fièvre, soulager les douleurs et les rhumatismes articulaires, mais elle provoque de graves brûlures d'estomac.

#### Synthèse d'une espèce chimique

En 1853, le chimiste strasbourgeois C.F. Gerhardt expérimente la synthèse chimique de l'acide acétylsalicylique. Son composé est malheureusement impur et thermolabile. Il meurt trois ans plus tard et ses travaux tombent dans l'oubli.

En 1859, Kolbe réussit la synthèse chimique de l'acide salicylique.

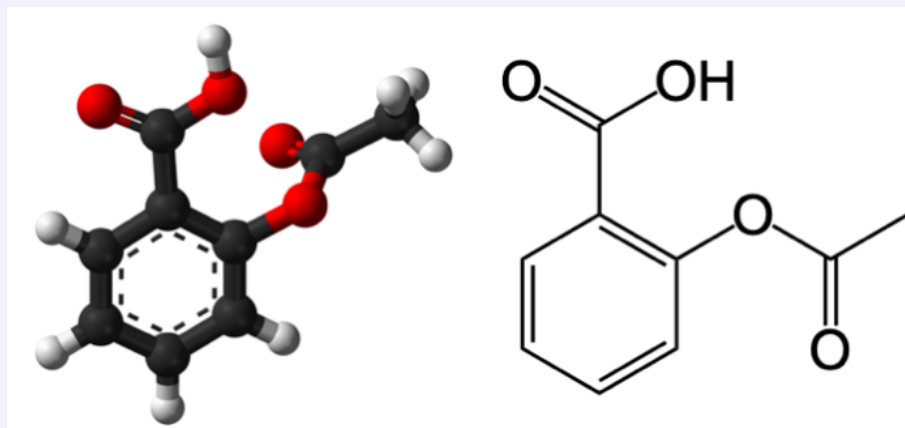
Felix Hoffmann, chimiste allemand, au service des laboratoires Bayer, reprend en octobre 1897 les travaux antérieurs de Gerhardt ; il trouve le moyen d'obtenir de l'acide acétylsalicylique pur qui possède des propriétés antalgiques comparable à l'acide salicylique sans présenter la même

agressivité à l'égard des muqueuses stomacales.

### Commercialisation de l'aspirine

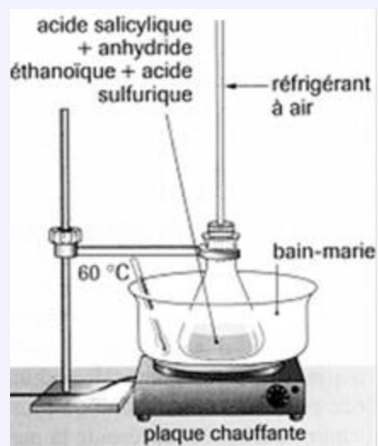
Le 1er février 1899, la compagnie Bayer lança sur le marché un nouveau produit, l'acide acétylsalicylique, appelé Aspirin®. La préparation arrive en France en 1908 et est commercialisée par la Société chimique des usines du Rhône.

### Document n° 2 : La molécule d'aspirine



### Document n° 3 Préparation du bain marie

- Dans une coupelle bien sèche, peser 6,0 g d'acide salicylique
- Introduire les cristaux dans un erlenmeyer bien sec, à l'aide d'un entonnoir
- Sous la hotte :
  - ajouter 12,0 mL d'anhydride éthanoïque (anhydride acétique) à l'aide d'une pipette graduée
  - ajouter avec précaution, 6 gouttes d'acide sulfurique concentré
- Introduire le turbulent (barreau magnétique plastifié)
- Placer l'erlenmeyer dans le bain marie en le fixant bien à la potence
- Chauffer le bain marie et veiller à ne pas dépasser 60 °C à l'aide d'un thermomètre
- Appeler le professeur pour faire vérifier votre montage



L'expérience doit durer 15 minutes environ à partir du moment où le bain-marie est à la bonne température.





#### Document n° 4 : Cristallisation de l'aspirine

- Retirer l'erlenmeyer du bain marie.
- Remplir une éprouvette graduée de 50 mL d'eau distillée froide.
- Verser avec précautions l'eau froide.
- Placer l'erlenmeyer dans l'eau glacée quelques minutes (jusqu'à cristallisation complète).
- Filtrer sur Büchner, rincer le ballon à l'eau distillée froide afin de récupérer toute l'aspirine formée.

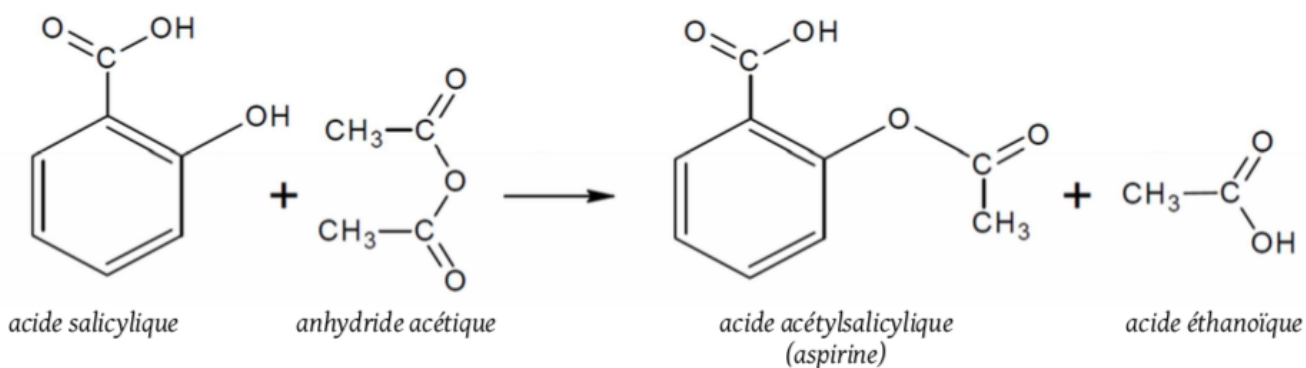
#### Document n° 5 : Recristallisation de l'aspirine

- Verser l'aspirine dans un erlenmeyer.
- Dissoudre les cristaux dans la plus petite quantité possible d'éthanol
- Après la dissolution, verser de l'eau glacée dans l'erlenmeyer afin que l'aspirine cristallise.
- Après recristallisation, filtrer, laver l'aspirine à l'eau glacée pour ne pas redissoudre ce qui reste
- Essorer sur Büchner

#### Document n° 6 : Espèces chimiques mises en jeu

Espèce chimique	Acide salicylique	Anhydride éthanoïque <i>anhydride acétique</i>	Acide acétylsalicylique <i>aspirine</i>	Acide éthanoïque <i>acide acétique</i>	Acide sulfurique
Caractéristique	Solide Blanc	Liquide incolore	Solide Blanc	Liquide incolore et d'odeur piquante	Liquide visqueux
Formule brute					H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Température de fusion	159 °C	-73 °C	135 °C	17 °C	3 °C
Température d'ébullition	211 °C	136 °C	Se décompose à 140°C (avant ébullition)	118 °C	335 °C
Densité	1,443	1,08	1,4	1,05	1,83
Solubilité	peu soluble dans l'eau à froid, soluble à chaud, très soluble dans l'alcool et l'éther.	Soluble dans l'eau et l'éthanol	Soluble dans l'eau et l'éthanol	Miscible à l'eau, totalement miscible à l'éthanol.	Miscible avec l'eau et l'alcool (réaction exothermique).
Sécurité					
Masse molaire					98 g.mol <sup>-1</sup>

Document n° 7 : Equation de la réaction



## I. Questions

1. Dans le domaine médical, quel(s) avantage(s) l'aspirine présente par rapport à l'acide salicylique ?

.....  
.....  
.....  
.....

2. Donner les groupes fonctionnels présents dans les molécules d'acide salicylique et d'acide acétylsalicylique.

.....  
.....  
.....  
.....

3. Pourquoi peut-on appeler cette synthèse, une héli-synthèse ?

.....  
.....  
.....  
.....

4. Pourquoi chauffe-t-on ? Quel est le rôle de l'acide sulfurique ?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

5. A quoi sert le réfrigérant ? Quel nom porte ce montage ? Justifier son intérêt.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

6. Calculer les quantités de matière de chaque réactif. Quel est le réactif limitant ?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

7. Faire un tableau d'avancement.

8. Quelle est la masse théorique d'aspirine formée ?

.....  
.....  
.....  
.....

9. Calculer le rendement de la réaction.

.....

.....

.....

.....

.....

— Fin —





## Synthèse d'un ester et rendement

### Compétences travaillées dans ce TP

#### Compétences

**Analyser** : Prendre conscience des problèmes de sécurité liés aux manipulations au laboratoire.

Suivre un protocole.

**Connaître** : Optimisation de la vitesse de formation d'un produit et du rendement d'une synthèse.

**Réaliser** : Mettre en œuvre un protocole de synthèse pour étudier l'influence de la modification des conditions expérimentales sur le rendement ou la vitesse. Mettre en œuvre un protocole de synthèse conduisant à la modification d'un groupe caractéristique ou d'une chaîne carbonée.

**Valider** : Comparer des valeurs expérimentales à un modèle.

#### Niveau Validé

A B C D





A B C D

A B C D

**Contexte** On se propose d'étudier rendement d'une synthèse, ici une esterification, par introduction d'un excès d'un réactif ou par élimination d'un produit du milieu réactionnel.

## I. Documents

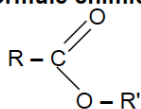
### Document n° 1 : Informations concernant les espèces chimiques mises en jeu

	densité	masse molaire g.mol <sup>-1</sup>	température d'ébullition °C	sécurité
éthanol	0,79	46,0	78,5	
acide éthanoïque	1,05	60,0	118	
éthanoate d'éthyle	0,90	88,0	77	 
eau	1,00	18,0	100	

## Document n° 2 : Les esters

Les esters sont des molécules odorantes présentes dans les fruits mûrs. Le chimiste en effectue la synthèse afin de fabriquer des arômes alimentaires (arôme de banane, de rhum, etc.), des parfums.

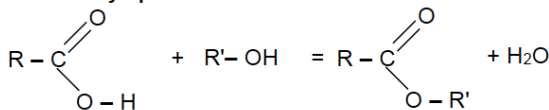
### ➤ Formule chimique générale



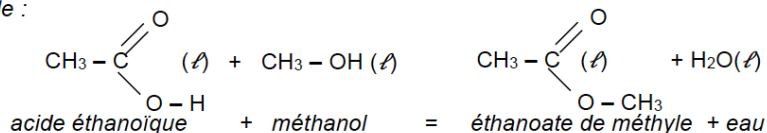
où R représente une chaîne carbonée ou un atome d'hydrogène  
R' représente une chaîne carbonée.

### ➤ Synthèse d'un ester

L'équation modélisant la synthèse d'un ester est toujours du type  
**acide carboxylique + alcool = ester + eau**



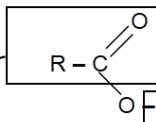
exemple :



On ajoute un catalyseur (acide sulfurique ou APTS).

### ➤ Nomenclature

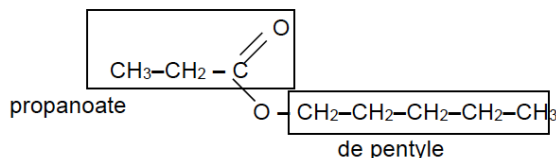
groupe provenant de l'acide carboxylique donne le début du nom de l'ester : "alcanoate"



groupe provenant de l'alcool donne la fin du nom de l'ester : "d'alkyle"

exemple :

Propanoate de pentyle



## Document n° 3 : Protocole expérimental de synthèse de l'éthanoate d'éthyle

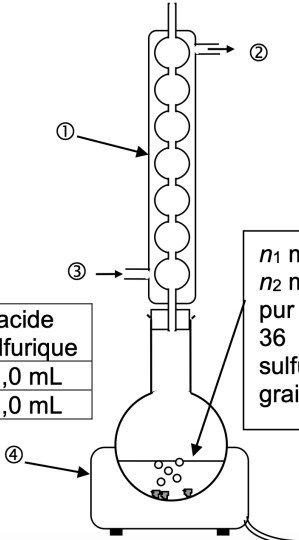
Le préparateur du laboratoire a réalisé deux mélanges réactionnels dont les compositions sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

Le volume de chaque mélange réactionnel est le même, on le note  $V_T = 116 \text{ mL}$ .

Les mélanges réactionnels ont été longuement chauffés à reflux. Ainsi on peut considérer que la transformation est terminée au moment du TP.

mélange	éthanol pur	acide éthanóïque pur	acide sulfurique
A	58 mL	57 mL	1,0 mL
B	75 mL	40 mL	1,0 mL

$n_1$  mol d'éthanol pur  
 $n_2$  mol d'acide éthanóïque pur  
36 mmol d'acide sulfurique  
grains de pierre ponce



## II. Synthèse de l'ester

1. Compléter les légendes 1 à 4 sur le schéma du montage de chauffage à reflux.

2. Identifier dans le protocole, les deux opérations réalisées pour optimiser la vitesse de formation de l'ester.

.....

.....

.....

.....

3. Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation d'estérification, avec des formules semi-développées. Nommer le produit formé.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Compléter littéralement le tableau d'avancement ci-dessous.

équation chimique		éthanol	+ acide éthanoïque =	ester	+ eau
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
État initial	0	$n_1$	$n_2$	0	0
En cours de transformation	$x$				
État final d'équilibre	$x_f$				
État final si totale	$x_{max}$				

5. Exprimer, puis calculer les quantités de matière  $n_1$  d'éthanol et  $n_2$  d'acide acétique dans les mélange initiaux A et B.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. En déduire l'avancement maximal  $x_{max}$ .

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

### III. Accès à la composition du système chimique dans l'état final d'équilibre

#### Principe :

On note  $n_R$  la quantité de matière d'acide éthanoïque restant dans l'état final d'équilibre.

Afin de déterminer cette quantité  $n_R$ , on procède à un titrage colorimétrique d'une prise d'essai d'un volume  $V$  du milieu réactionnel.

- Groupes 1 à 4 : réaliser le protocole suivant en commençant par le mélange A.
- Groupes 5 à 9 : réaliser le protocole suivant en commençant par le mélange B.

#### Protocole :

- Sous la hotte, prélever  $V = 2,0$  mL du milieu réactionnel. Les placer dans un bécher. Ajouter quelques gouttes de rouge de crésol (indicateur coloré).
- Placer le bécher dans un cristalliseur contenant de l'eau glacée (pour éviter une réaction lente qui parasiterait le titrage de l'acide).
- Remplir la burette avec la solution d'hydroxyde de sodium  $\text{Na}_{(aq)}^+ + \text{HO}_{(aq)}^-$ .  $c_B = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$ .
- Effectuer le titrage :
  - mettre en route l'agitation magnétique ;
  - procéder par ajouts successifs de 0,5 mL de soude, puis goutte à goutte ;
  - dès que la coloration du rouge de crésol persiste, noter la valeur du volume équivalent  $V_E$ .
- Effectuer, ensuite, le titrage de l'autre mélange.

$$V_E(A) = \dots\dots\dots$$

$$V_E(B) = \dots\dots\dots$$

1. Écrire l'équation de la réaction acido-basique support du titrage en notant les acides  $\text{AH}_{(aq)}$ .

.....  
.....  
.....

2. Exprimer puis calculer, en mmol,  $n_{AH}(A)$  et  $n_{AH}(B)$  la quantité d'acide dosée (présente dans  $V$  mL). Justifier.

.....  
.....  
.....

3. Rappeler la valeur du volume total  $V_T$  du mélange réactionnel.

.....

4. Rappeler la valeur du volume du mélange réactionnel qui a été titré  $V$ .

.....

5. On nomme  $n_{RT}$  la quantité d'acide présente dans le mélange réactionnel de volume  $V_T$ . Justifier que  $n_{RT} = 58n_{AH}$ . Calculer  $n_{RT}(A)$  et  $n_{RT}(B)$  en mmol.

.....  
.....  
.....  
.....

6. La quantité  $n_{RT}$  d'acide comprend la quantité d'acide éthanoïque restant  $n_R$  et la quantité d'acide apportée par le catalyseur  $n_C$  (On donne  $n_C = 36$  mmol). Exprimer littéralement  $n_R$  en fonction de  $n_{RT}$  et de  $n_C$ . Calculer  $n_R(A)$  et  $n_R(B)$  en mol.

.....  
.....  
.....  
.....

7. On note  $n_E$  la quantité de matière d'ester formée dans l'état final d'équilibre. Établir la relation entre les quantités  $n_2$ ,  $n_E$  et  $n_R$ .

.....  
.....  
.....  
.....

8. Calculer les quantités de matière,  $n_E(A)$  et  $n_E(B)$ , d'ester formé dans le mélange A et dans le mélange B.

.....  
.....  
.....  
.....

## IV. Influence de la modification des conditions expérimentales sur le rendement

1. Quelle relation lie l'avancement final  $x_f$  et la quantité d'ester formé ?

.....

2. Calculer les taux d'avancement finaux de la réaction d'estérification pour le mélange A et pour le mélange B.

.....  
.....  
.....

3. La transformation d'estérification est-elle totale ?

.....  
.....

4. Quel paramètre expérimental permet d'expliquer l'augmentation du taux d'avancement pour la transformation du mélange B ?

.....  
.....

— Fin —



## Cinématique du point matériel

### Compétences travaillées dans ce TP

Compétences	Niveau Validé
<b>Connaître</b> : Description du mouvement d'un point au cours du temps : position, vitesse et accélération.	A B C D
<b>Réaliser</b> : Mettre en œuvre un protocole expérimental pour étudier un mouvement. Définir et reconnaître des mouvements (rectiligne, circulaire, uniforme, accéléré, décéléré)	A B C D
<b>Valider</b> : Valider les lois de Newton	A B C D

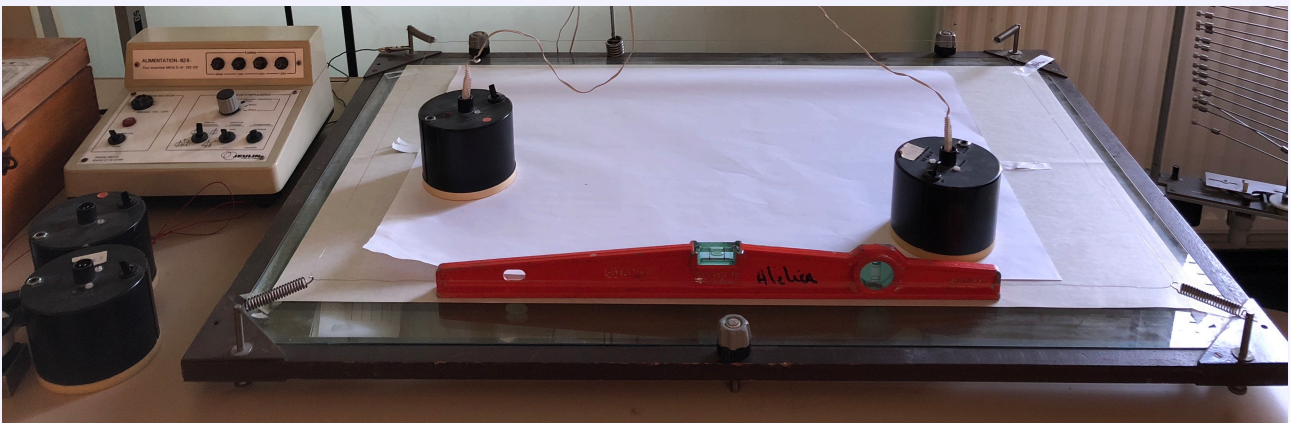
**Contexte** On étudie le mouvement d'un point matériel à l'aide d'un dispositif d'enregistrement sur table à coussin d'air.

## I. Documents

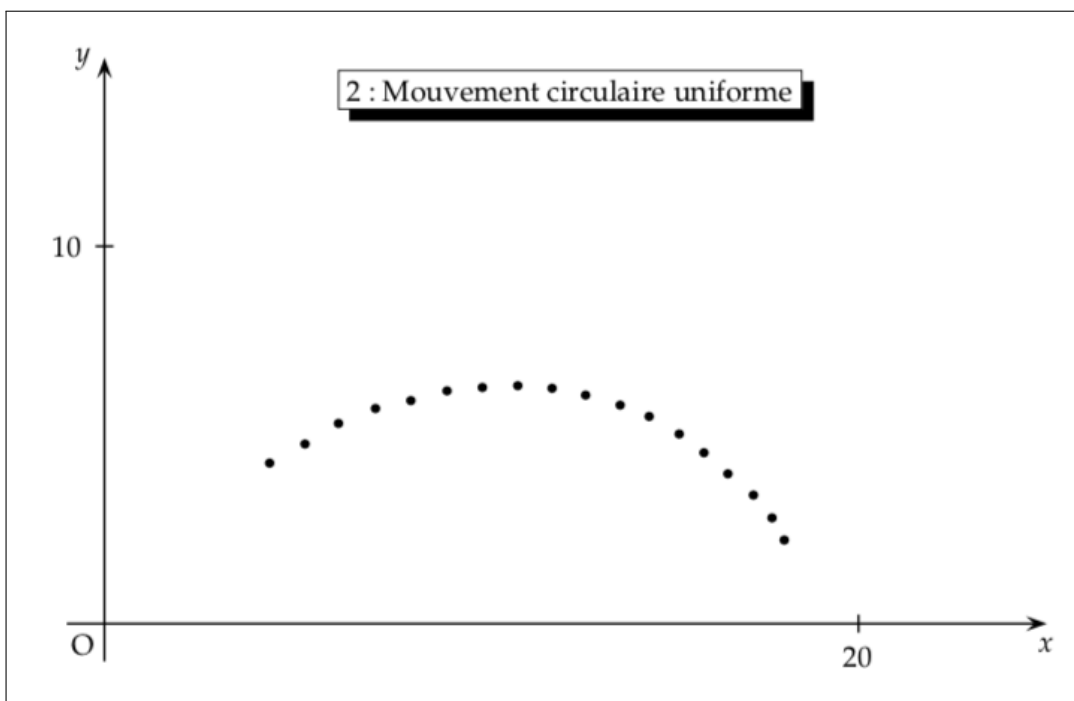
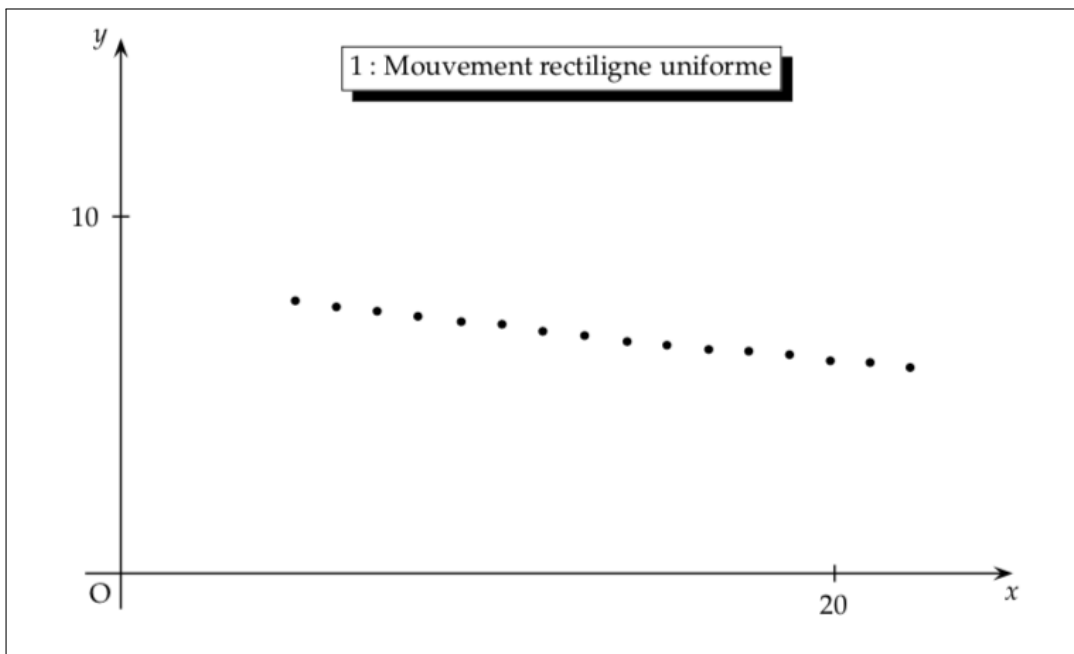
### Document n° 1 : Principe de la table à coussin d'air

On appelle « table à coussin d'air » un support parfaitement plan, sur lequel peut se déplacer des mobiles « autoporteurs », disposant d'une soufflerie. Le « coussin d'air » entre le mobile et la table permet au premier de glisser sur la seconde à la manière d'un aéroglisseur, donc quasiment sans frottement.

Un circuit électrique haute-tension assure le repérage de la position des mobiles, grâce à un éclateur sur la mobile et à l'utilisation d'une feuille de papier carbone conductrice sur la table.



Documents n°2 : Exemples d'enregistrements de mouvements





## II. Manipulations et analyse du système

1. Vérifier l'horizontalité de la table à l'aide d'un niveau à bulle.  
Mettre en marche la soufflerie d'un mobile, et enregistrer différents types de mouvement : rectiligne et circulaire. L'enregistrement nécessite l'appui sur un bouton, deux mobiles autoporteurs étant présent sur la table pour assurer un circuit fermé.
3. Bien noter la durée  $\tau$  entre deux impulsions de la haute-tension, ainsi que la masse  $m$  du mobile autoporteur utilisé.

.....  
.....

4. Quel est le référentiel d'étude pour ce TP ?

.....  
.....

5. Expliquer pourquoi on peut considérer qu'un mobile autoporteur est pseudo-isolé.

.....  
.....  
.....  
.....

6. Comment reconnaît-on du premier coup d'œil un mouvement rectiligne ? Circulaire ? Uniforme ? Accélééré ? Décélééré ?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

### III. Exploitation des résultats expérimentaux

1. Pour les enregistrements 1 et 2 choisir un système d'axe ( $Oxy$ ) d'origine  $O$ .
2. Numéroter les positions successives de cinq en cinq, en commençant par zéro ( $M_0, M_5, M_{10} \dots$ ). Le mouvement s'effectue de gauche à droite.

Effectuer les mesures, les calculs et les tracés nécessaires à l'obtention des vecteurs vitesses  $\vec{v}_4$  et  $\vec{v}_5$  pour les deux enregistrements. Formule à appliquer :

$$3. \quad \vec{v}_i = \frac{\overrightarrow{M_i M_{i+1}}}{t_{i+1} - t_i}$$

Avec  $\tau$  pour la durée entre deux impulsions :

$$t_{i+1} - t_i = \tau$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Utiliser les vecteurs vitesses  $\vec{v}_4$  et  $\vec{v}_5$  pour obtenir l'accélération  $\vec{a}_4$ , en appliquant la formule :

$$4. \quad \vec{a}_i = \frac{\vec{v}_{i+1} - \vec{v}_i}{t_{i+1} - t_i}$$

Que peut-on dire du vecteur  $\vec{a}_4$  pour l'enregistrement. Faire le tracé de  $\vec{a}_4$  pour l'enregistrement 2.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## IV. Exploitation avec un tableur

1. Sous le menu Démarrer → Programmes → EXCEL.

2. Remplir la colonne A avec les temps  $t_i$ .

Pour les deux enregistrements, mesurer au double décimètre les positions successives des points  $M_i$  :

3. 
$$\overrightarrow{OM_i} \begin{cases} x_i \\ y_i \end{cases}$$

et taper ces positions dans les colonnes B et C en fonction des temps  $t_i$ .

Taper les formules adéquates pour obtenir les coordonnées des vitesses  $v_{x,i}$  et  $v_{y,i}$ , celles des accélérations  $a_{x,i}$   $a_{y,i}$ , et leurs normes respectives :

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad \text{et} \quad a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$$

Exemples de formule à recopier vers le bas pour la composante  $v_{x,i}$ ,

- Placer dans la colonne A : les temps  $t_i$
- 4. - Placer dans la colonne B : les abscisse  $x_i$
- Placer dans la colonne C : les ordonnées  $y_i$
- Si les positions  $x_1$  et  $x_2$  sont dans les cellules B2 et B3, et les temps  $t_1$  et  $t_2$  dans les cellules A2 et A3, pour avoir la coordonnée  $v_{x,2}$  il faut taper dans la cellule D2 :

$$= (B3 - B2)/(A3 - A2)$$

- Dérouler vers le bas

5. Représenter graphiquement  $v = f(t)$  et  $a = f(t)$  pour l'enregistrement 1 et 2. Conclure.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

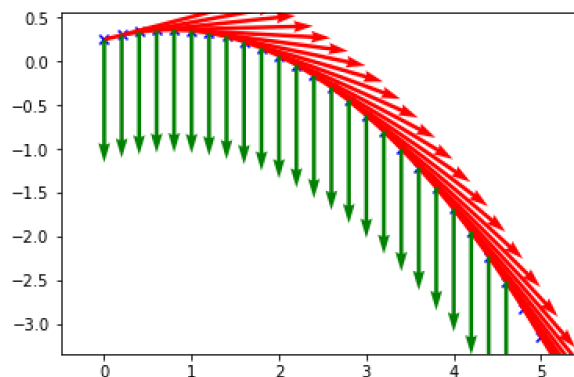
## V. Un peu de programmation en Python

Après avoir réalisé le pointage du lancer d'une balle, on obtient un fichier .csv appelé `data.csv` contenant les positions de la balle au cours du temps. On se propose de représenter la trajectoire de la balle avec les vecteurs vitesse et accélération.

1. Dans le programme `balle.py`, compléter les lignes manquantes de façon à tracer les vecteurs vitesse et accélération.

```
1 from tkinter.filedialog import askopenfilename
2 import matplotlib.pyplot as plt
3 import numpy as np
4 # Ouverture en mode graphique d'un fichier de pointage au format CSV
5 name = askopenfilename(filetypes=(("Fichier CSV", "*.csv"),("Fichier Texte","*.txt"),("Tous les fichiers","*.x")),title = "Choisir un fichier")
6 sep = ";" # Caractère séparateur du csv (à adapter selon le fichier csv utilisé, tabulation noté \t)
7 entete = 1 # Nombre de lignes d'entete (une ligne en général, à adapter sinon)
8 f = open(name,"r")
9 data = f.readlines() # Lecture de toutes les lignes et inscription dans la liste data
10 f.close() #on referme le fichier
11 data = data[ entete : ] # Suppression de la ligne d'en-tête qui ne nous intéressent pas
12 # On construit des listes nécessaires
13 t = np.array([])
14 x = np.array([])
15 y = np.array([])
16 vx = np.array([])
17 vy = np.array([])
18 Dvx = np.array([])
19 Dvy = np.array([])
20 # Traitement des données et répartition dans les listes t, x et y
21 for ligne in data:
22     ligne = ligne.replace(",",".") # Séparateur décimal pour Python '.'
23     ligne = ligne.strip().split(sep) # Séparation des donnée
24     ligne = list(map(float,ligne)) # Conversion en décimal
25     # Répartition dans les listes créées précédemment
26     t = np.append(t, ligne[0])
27     x = np.append(x, ligne[1])
28     y = np.append(y, ligne[2])
29 dt = t[1] - t[0] # Détermination de l'intervalle de temps entre deux pointages
30 # Calcul des coordonnées des vecteurs vitesse
31 """Complétez les champs indiqués afin de calculer :"""
32 # Coordonnées vx et vy du vecteur vitesse
33 for i in range (len(t) - 1) :
34     vx = np.append(vx, """À COMPLÉTER""")
35     vy = np.append(vy, """À COMPLÉTER""")
36 # Coordonnées Dvx et Dvy du vecteur variation de vitesse
37 for i in range (len(t) - 2) :
38     Dvx = np.append(Dvx, """À COMPLÉTER""")
39     Dvy = np.append(Dvy, """À COMPLÉTER""")
40 # Obtention des tracés
41 plt.scatter(x, y, marker = "x", color = "blue", label = "Positions")
42 plt.quiver(x[:-1:], y[:-1:], vx, vy, units = "dots", color = "red", scale = 0.05, label = "Vecteurs vitesse")
43 plt.quiver(x[:-2:], y[:-2:], Dvx, Dvy, units = "dots", scale = 0.005, color = "green", label = "Vecteurs variation de vitesse")
44 plt.axis("equal")
45 plt.show()
46 plt.legend()
```

2. Compiler et exécuter le code. Vous devez obtenir la courbe suivante.



Fin



## Mouvement parabolique dans un champ gravitationnel

### Compétences travaillées dans ce TP

Compétences	Niveau Validé
<b>Analyser</b> : Exploitation des graphiques obtenus.	A B C D
<b>Réaliser</b> : Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour étudier un mouvement. Pointage vidéo. Manipulations d'équation.	A B C D
<b>Connaître</b> : Description du mouvement : position, vitesse, accélération.	A B C D
<b>Valider</b> : Commenter les valeurs expérimentales obtenues.	A B C D

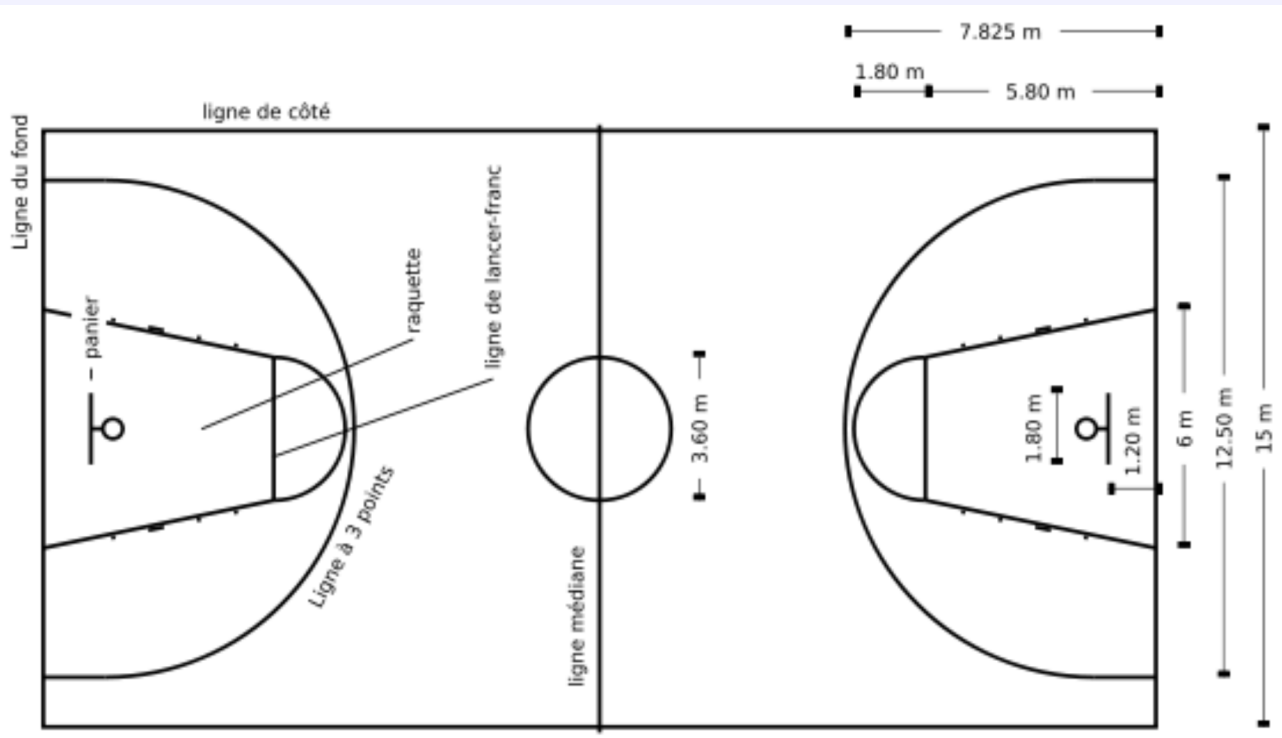
**Contexte** A l'INSEP, des biomécaniciens étudient le shoot au lancer franc d'un basketteur à l'aide de vidéos. On se propose ici de modéliser mathématiquement la trajectoire du ballon lors d'un lancer franc ainsi que les paramètres dont elle dépend.

## I. Documents

**Document n° 1** : Extrait de la vidéo d'un lancer franc au basketball



## Document n° 2 : Dimensions d'un terrain de basketball



## II. Pointage vidéo

Nous allons utiliser le logiciel Avimeca pour faire un pointage vidéo de la trajectoire d'un objet, c'est à-dire récupérer les coordonnées  $x(t)$  et  $y(t)$  de sa trajectoire en fonction du temps.

Voici comment faire :

1. Ouvrir le logiciel Avimeca.
2. Charger le clip désiré dans le répertoire physique.
3. Modifier la taille pour l'agrandir au format de la fenêtre (utiliser adapter).
4. Onglet **Etalonnage** : étalonner les longueurs (origine et échelle verticale).
5. Onglet **Mesures** : vérifier les paramètres en bas :
6. Pointer soigneusement les positions successives du centre d'inertie de la balle. Le tableau des mesures (coordonnées  $x$  et  $y$  du centre d'inertie par rapport au repère choisi) apparaît à droite de l'écran.
7. Enregistrer le tableau de valeurs sous le format Régressi.rw3.

## III. Graphiques

1. Rajouter 2 colonnes dans Regressi pour calculer  $v_x(t)$ ,  $v_y(t)$  et  $v$ .
2. Tracer les graphes :  $v_x$  et  $v_y = f(t)$ ;  $x$  et  $y = f(t)$ ;  $y = f(x)$  (avec axes, légendes etc). Pour chaque cas, demander l'équation de la courbe de tendance.
3. Mettre en page et imprimer tableau et graphes (un exemplaire par groupe).

## IV. Exploitation

1. Modéliser avec Regressi les courbes  $v_x$  et  $v_y = f(t)$ ;  $x$  et  $y = f(t)$ ;  $y = f(x)$ . Noter les fonctions avec les coefficients numériques.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Identifier les coefficients des résultats numériques  $v_x$  et  $v_y = f(t)$ ;  $x$  et  $y = f(t)$ ;  $y = f(x)$  avec les coefficients des résultats théoriques attendus donnés en annexe.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**Vitesse initiale :**

3. Par identification, déterminer les coordonnées  $v_{0x}$  et  $v_{0y}$  du vecteur  $\vec{v}_0$  et en déduire sa valeur  $v_0$ .

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**Angle de tir :**

4. En déduire la valeur de cet angle  $\alpha$  (angle avec l'horizontale).

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**Flèche :**

5. A quel instant la balle passe-t-elle au sommet de sa trajectoire ? Comment est orienté le vecteur  $\vec{v}_S$ .  
Vérifier que  $v_S = v_{x_S}$ .  
Trouver les coordonnées  $x_S$  et  $y_S$  du sommet de la trajectoire.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Retrouver, par le calcul, l'instant de passage au sommet de la trajectoire.

6. Calculer les coordonnées  $x_S$  et  $y_S$  du sommet de la trajectoire et comparer aux résultats précédents.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....



## V. Annexe : Mouvement d'un objet dans un champ gravitationnel

- **Référentiel** : terrestre supposé galiléen le temps du lancer.
- **Système** : le solide considéré (un ballon de basket par exemple).
- **Bilan des actions extérieures** : nous considérons la chute libre, c'est-à-dire que seul le poids agit sur le système (la poussée d'Archimède et les frottements dûs à l'air sont négligés.)
- **Application de la deuxième loi de Newton** :

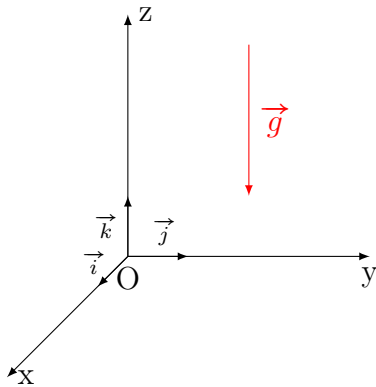
$$\boxed{\begin{array}{ccc} & \vec{P} = m \vec{a} & \\ \text{Causes} \curvearrowright & & \curvearrowleft \text{Conséquences} \end{array}}$$

Deux vecteurs sont **égaux** si leurs **coordonnées** sont **égales**.

Dans le référentiel terrestre orthonormé, l'équation précédente s'écrit :

$$\vec{P} \begin{pmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \end{pmatrix} = m \vec{a} \begin{pmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{pmatrix} = m \vec{g} \begin{pmatrix} g_x \\ g_y \\ g_z \end{pmatrix}$$

### 1. Equations horaires



La projection du vecteur champ de pesanteur  $\vec{g}$  permet d'obtenir ses coordonnées.

$$\begin{cases} a_x = g_x = 0 \\ a_y = g_y = 0 \\ a_z = g_z = -g \end{cases}$$

Pour trouver les coordonnées du vecteur vitesse, il faut intégrer les équations :

$$\begin{cases} v_x(t) = a_x t + v_{0x} = v_{0x} \\ v_y(t) = a_y t + v_{0y} = v_{0y} \\ v_z(t) = a_z t + v_{0z} = -gt + v_{0z} \end{cases}$$

Ces équations sont valables pour toutes les dates et en particulier à la date  $t = 0$  s, donc :

$$\begin{cases} v_x(0) = v_{0x} \\ v_y(0) = v_{0y} \\ v_z(0) = v_{0z} \end{cases}$$

où sont les coordonnées du vecteur vitesse à  $t = 0$  s, obtenues par projections du vecteur vitesse  $\vec{v}_0$  sur les trois axes.

Il faut intégrer une nouvelle fois pour trouver les équations horaires des coordonnées du vecteur position :

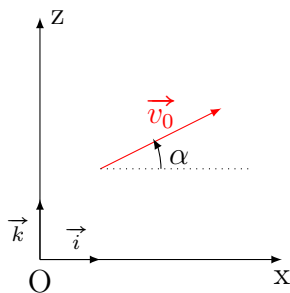
$$\begin{cases} x(t) = v_{0x}t + x_0 \\ y(t) = v_{0y}t + y_0 \\ z(t) = -g\frac{t^2}{2} + v_{0z}t + z_0 \end{cases}$$

où  $\begin{cases} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{cases}$  sont les coordonnées de la position à  $t = 0$  s.

**Comment simplifier un peu ces équations ?**

Comme chacun sait, un vecteur porté par une droite, appartient à un plan.

Ainsi, le physicien peut choisir le repère d'étude de manière à ce que le vecteur vitesse  $\vec{v}_0$  soit dans un plan simple, par exemple le plan  $y(t) = 0$ , c'est-à-dire :



$$\begin{cases} v_{x0} = v_0 \cos \alpha \\ v_{y0} = 0 \\ v_{z0} = v_0 \sin \alpha \end{cases}$$

Ainsi, les équations :

On a :

Cela devient :

$$\begin{cases} v_x(t) = v_0 \cos \alpha \\ v_y(t) = a_y t + v_{0y} = 0 \\ v_z(t) = -gt + v_0 \sin \alpha \end{cases} \quad \begin{cases} x(t) = v_0 \cos \alpha t + x_0 \\ y(t) = y_0 \\ z(t) = -g \frac{t^2}{2} + v_0 \sin \alpha t + z_0 \end{cases}$$

2. La **trajectoire** est le chemin suivi par le centre d'inertie du solide indépendamment de la date. Il faut donc éliminer le temps des équations pour obtenir une équation de la forme  $z = f(x)$ .

D'après (1),  $t = \frac{x - x_0}{v_0 \cos \alpha}$  qu'il suffit de remplacer dans  $z(t)$  :

$$z(x) = -g \frac{(x - x_0)^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} + (x - x_0) \tan \alpha + z_0$$

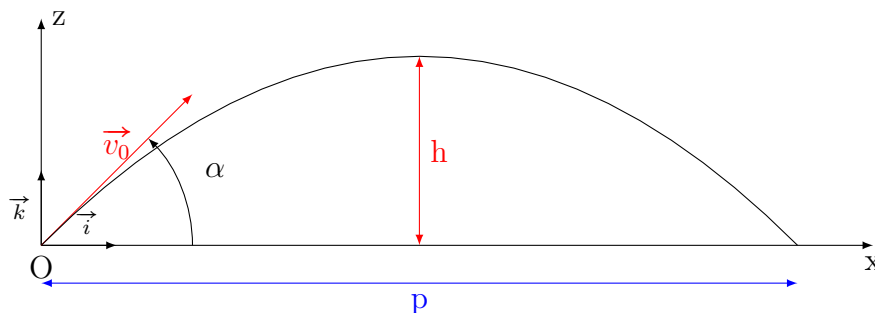
3. La **portée** est distance horizontale parcourue par le solide pour la même altitude que le point de lancement.

Le plus simple est de choisir  $z_0 = 0$  ce qui implique que pour  $z(x) = 0$  on obtient :

$$\text{soit } x = 0, \text{ soit } x_p = p = \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin(2\alpha)}{g}$$

4. La **flèche** est l'altitude la plus élevée par rapport au point de lancement.

Un extrêum est obtenu lorsque la dérivée de la fonction s'annule, donc, la flèche est atteinte quand  $\frac{dz}{dx} = 0$ , soit  $h = z_{max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$



— Fin —



## La troisième loi de Kepler et... peser le Soleil !

### Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
<b>Analyser</b> : Etude de documents. Analyse de résultats expérimentaux.	A B C D
<b>Connaître</b> : Mouvement des satellites et des planètes. Orbite. Lois de Kepler. Période de révolution.	A B C D
<b>Réaliser</b> : Utiliser Python pour vérifier la troisième loi de Kepler et évaluer la masse du Soleil.	A B C D
<b>Valider</b> : Comparer la valeur expérimentale à la valeur attendue.	A B C D

**Contexte** On se propose de valider la troisième loi de Kepler à l'aide d'un programme en python ainsi que d'évaluer la masse du Soleil.

## I. Documents

### Document n° 1 : La troisième loi de Kepler

En 1543, Nicolaus Copernicus suppose que les planètes tournent sur des orbites circulaires autour du Soleil. Tycho Brahé observe soigneusement l'emplacement des planètes et de 777 étoiles pendant 20 ans en utilisant un sextant et un compas. Ces observations sont utilisées par Johannes Kepler, un étudiant de Tycho Brahé pour déduire de manière empirique trois lois mathématiques gouvernant l'orbite d'un objet par rapport à un autre. Pour une lune tournant autour d'une planète, la troisième loi est :

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM_S}$$

où  $M_S$  est la masse de la planète (en kg)

$a$  est le demi grand axe de l'orbite elliptique (en km)

$T$  est la période (en seconde). La période est le temps nécessaire pour effectuer un tour complet autour de la planète.

### Document n° 2 : Données sur les planètes

Planète	Vénus	Terre	Mars	Jupiter
<b>Période de révolution en jours</b>	225	365	687	4333
<b>Rayon de l'orbite en millions de km</b>	108	150	228	778

Document n° 3 : Programme à compléter

```
1 """
2 Created on Sat Dec 11 09:54:22 2021
3 @author: Pierre-Henry Suet
4 """
5 import numpy as np
6 import matplotlib.pyplot as plt
7 import scipy.stats as sc
8
9 #Création des listes pour calcul
10 a = np.array([A compléter...])
11 T = np.array([A compléter...])
12 G = 6.67e-11
13
14 #Calcul des constantes a^3 et T^2
15 acube = A compléter...
16 Tcarre = A compléter...
17
18 #Affichage des points de mesure et régression linéaire
19 (slope, intercept, r_value,_,_) = sc.linregress(acube, Tcarre)
20 print ("coeff directeur ", slope)
21 print ("ordonnée à l'origine", intercept)
22 print ("coeff correlation", r_value**2)
23
24 #Calcul de la masse du corps attracteur
25 M = A compléter...
26
27 #Affichage de la droite modélisée
28 plt.plot(acube, Tcarre, "+", color = "red")
29 plt.xlabel("Rayon de l'orbite au cube")
30 plt.ylabel("Période de révolution au carré")
31 plt.title("Vérification de la 3ème loi de Kepler")
32 print ("La masse du Soleil est ", "%0.3e" % M, "kg")
33 Tcarremodelise = slope*acube+intercept
34 plt.plot(acube, Tcarremodelise, color = "blue")
35 plt.show()
```

## II. Exploitation

1. A l'aide des données présentes dans le document n°2, compléter les lignes 10 et 11 du programme.

.....  
.....  
.....  
.....

2. Compléter les lignes 15 et 16 permettant de calculer le carré de la période de révolution et le cube de l'orbite des planètes.

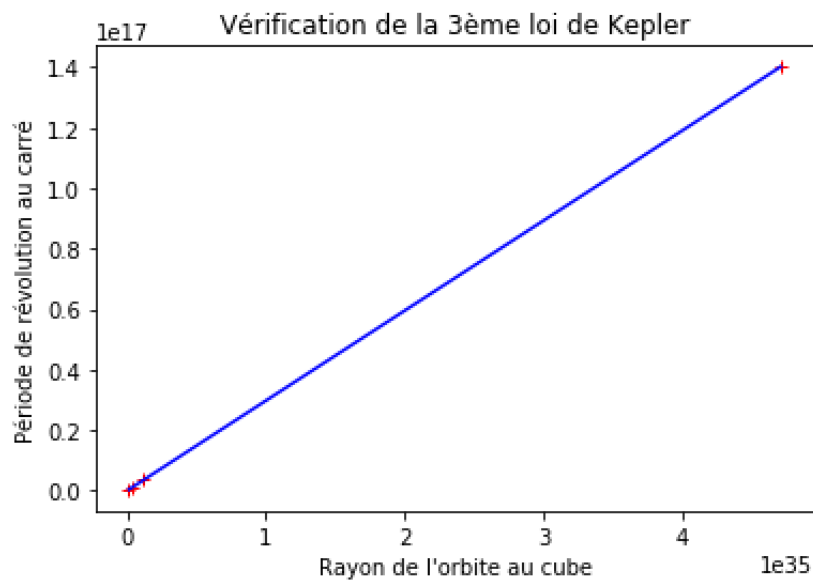
.....  
.....  
.....  
.....

3. Compléter la ligne 25, permettant de calculer la masse du Soleil à partir de la régression linéaire et de la troisième loi de Kepler.

.....  
.....  
.....  
.....

4. Si votre programme est bien implémenté, vous devez obtenir ceci.

```
coeff directeur 2.976306601788698e-19  
ordonnée à l'origine -3783820067840.0  
coeff correlation 0.9999999941215538  
La masse du Soleil est 1.989e+30 kg
```



— Fin —



## Etude énergétique de systèmes mécaniques simples

### Compétences travaillées

#### Compétences

**Réaliser** : Utiliser un logiciel de traitement d'images pour étudier l'évolution des énergies cinétique, potentielle et mécanique d'oscillations d'un pendule. Utiliser un langage de programmation pour effectuer le bilan énergétique d'un système en mouvement.

**Valider** : Extraire et exploiter des informations.

#### Niveau Validé

A B C D

A B C D

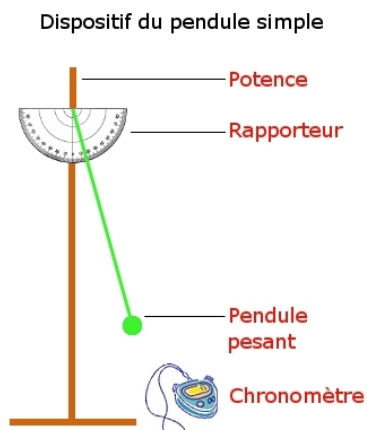
**Contexte :** On se propose de faire l'étude énergétique d'un pendule simple puis d'un saut à l'élastique.

## I. Etude énergétique du pendule simple

### I.1. Description

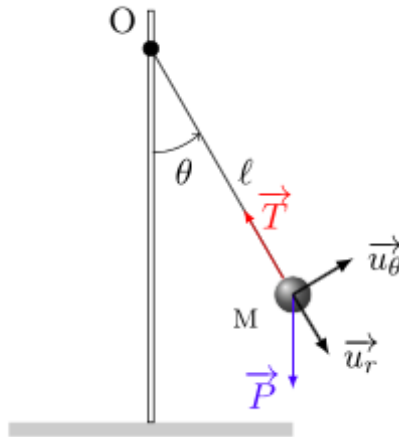
#### Document n° 1 : Matériel à votre disposition

- potence + noix
- fil en nylon
- rapporteur
- masses et balance
- chronomètre



## II. De quoi dépend la période $T$ d'un pendule simple ?

Un pendule simple est un modèle idéalisé d'un pendule pesant. Il est constitué d'une masse ponctuelle, attachée à l'extrémité d'un fil inextensible et de masse négligeable. La masse du pendule est soumise au poids  $\vec{P}$  dans le champ de pesanteur terrestre uniforme ainsi qu'à la tension du fil  $\vec{T}$ . Elle varie en direction et en valeur au cours du mouvement. On négligera toutes les forces de frottements. A l'équilibre,  $\vec{P} + \vec{T} = \vec{0}$ , le poids étant vertical, et l'action du fil colinéaire au fil, le fil est donc vertical. En mouvement, d'après le principe fondamental de la dynamique,  $\sum \vec{F}_{ext} = m \vec{a}$ . L'abscisse angulaire  $\theta$  est l'angle formé entre le pendule à la date  $t$  et le pendule à l'équilibre. L'amplitude  $\theta_m$  est la valeur absolue de l'abscisse angulaire maximale. La période mesure la durée d'une oscillation complète, c'est-à-dire entre deux passages consécutifs à la position d'équilibre, avec le même sens de variations.



1. Décrire le mouvement du pendule après l'avoir écarté de la position verticale et lâché ? D'après vous, de quoi peut dépendre la période  $T$  d'un pendule simple ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Préparer un protocole expérimental (à écrire sur le compte-rendu) permettant d'affirmer ou d'infirmes vos hypothèses (attention : vous ne devez faire varier qu'un seul paramètre à la fois). Détailler la façon de mesurer la période d'un pendule le plus précisément possible.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

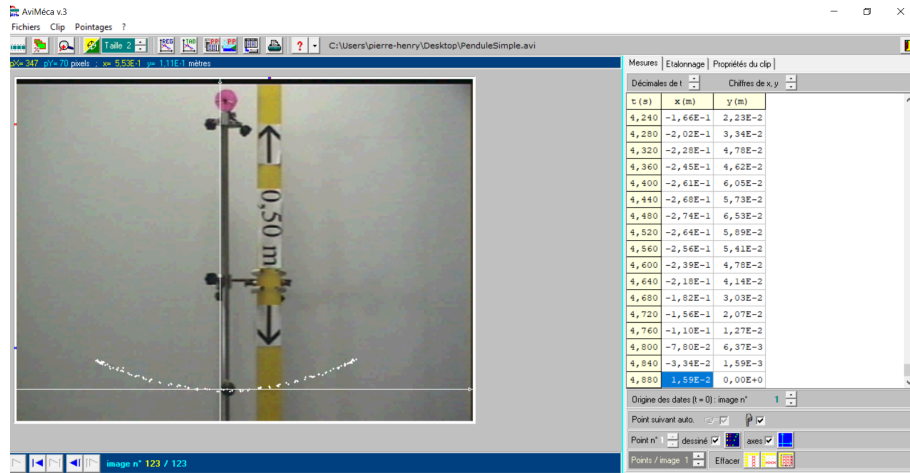




## II.1. Etude énergétique

### Protocole :

- Ouvrir la vidéo à choisir se nomme **pendule.simple.av**.



- Faire défiler les images puis arrêter lorsque le fil est quasiment vertical.
- Choisir le premier Type d'axe, et placer l'origine des axes au centre du solide dans cette position.
- Pour l'échelle, utiliser la longueur du fil qui est de  $0,50E+0$  m.
- Le point étudié est le centre d'inertie  $G$  de la bille. Faire le pointage.
- Une fois le transfert réalisé dans Regressi, y faire les réglages préliminaires puis faire afficher la courbe qui donne les variations de  $y$  en fonction de  $x$ , c'est-à-dire la trajectoire du centre d'inertie de la bille.

Double-clic dans l'en-tête pour modifier unité ; incertitude - [Grandeurs]

Fichier Edition Fenêtre Pages Options Aide

Grandeurs Graphe Fourier Statistique Graphe Euler Graphe 3D

Paramètres Tableau Expressions MathPlayer

Trier Ajouter Sup. colonne Sup. ligne Incertitudes Ajouter page Imprimer Copier Continuité Radian

i	t	x	y	vx	vy	v	Ec	Epp	Em
	s	m	m	m/s	m/s	m/s	J	J	J
104	4,160	-0,0892	0,00796	-1,077	0,1592	1,089	0,2965	0,03904	0,3355
105	4,200	-0,1340	0,0143	-0,9470	0,2108	0,9702	0,2353	0,07014	0,3055
106	4,240	-0,1660	0,0223	-0,8640	0,2470	0,8986	0,2019	0,1094	0,3113
107	4,280	-0,2020	0,0334	-0,7100	0,2232	0,7443	0,1385	0,1638	0,3023
108	4,320	-0,2280	0,0478	-0,5825	0,2230	0,6237	0,09726	0,2345	0,3317
109	4,360	-0,2450	0,0462	-0,4125	0,1512	0,4394	0,04826	0,2266	0,2749
110	4,400	-0,2610	0,0605	-0,2875	0,1153	0,3097	0,02398	0,2968	0,3207
111	4,440	-0,2680	0,0573	-0,1275	0,0755	0,1482	0,005489	0,2811	0,2865
112	4,480	-0,2740	0,0653	0,0350	-0,0280	0,04482	0,0005023	0,3203	0,3208
113	4,520	-0,2640	0,0589	0,1900	-0,0755	0,2045	0,01045	0,2889	0,2994
114	4,560	-0,2560	0,0541	0,3425	-0,1473	0,3728	0,03475	0,2654	0,3001
115	4,600	-0,2390	0,0478	0,5050	-0,1748	0,5344	0,07139	0,2345	0,3058
116	4,640	-0,2180	0,0414	0,6425	-0,2108	0,6762	0,1143	0,2031	0,3174
117	4,680	-0,1820	0,0303	0,8000	-0,2273	0,8317	0,1729	0,1486	0,3215
118	4,720	-0,1560	0,0207	0,8800	-0,2191	0,9069	0,2056	0,1015	0,3071
119	4,760	-0,1100	0,0127	0,9380	-0,1794	0,9550	0,2280	0,06229	0,2903
120	4,800	-0,0780	0,00637	1,051	-0,1313	1,059	0,2805	0,03124	0,3117
121	4,840	-0,0334	0,00159	1,120	-0,07995	1,122	0,3150	0,007799	0,3228
122	4,880	0,0159	0,000	1,188	-0,02863	1,188	0,3531	0,000	0,3531

1. Reproduire la trajectoire en  $y$  indiquant le solide, le fil, le point d'attache du fil et le repère choisi.

2. Tracer sur la trajectoire un vecteur vitesse quelconque lorsque le solide "descend", en déduire le tracé de ses composantes  $\vec{v}$ ,  $v_x$  et  $v_y$ , et rappeler l'expression qui donne  $v$  en fonction de ses coordonnées.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

3. Faites vérifier votre protocole par le professeur. Décrire les variations de  $v$ , en précisant à quelles positions correspond  $v = 0$ .

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

4. Décrire les variations de  $E_c$  en précisant dans quelles positions  $E_c$  est nulle et dans quelles positions  $E_c$  est maximale.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

5. Rappeler l'expression de l'énergie potentielle d'un solide dans le champ de pesanteur.

.....  
.....  
.....  
.....

6. Décrire les variations de  $E_{pp}$  en précisant dans quelles positions  $E_{pp}$  est nulle et dans quelles positions  $E_{pp}$  est maximale.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

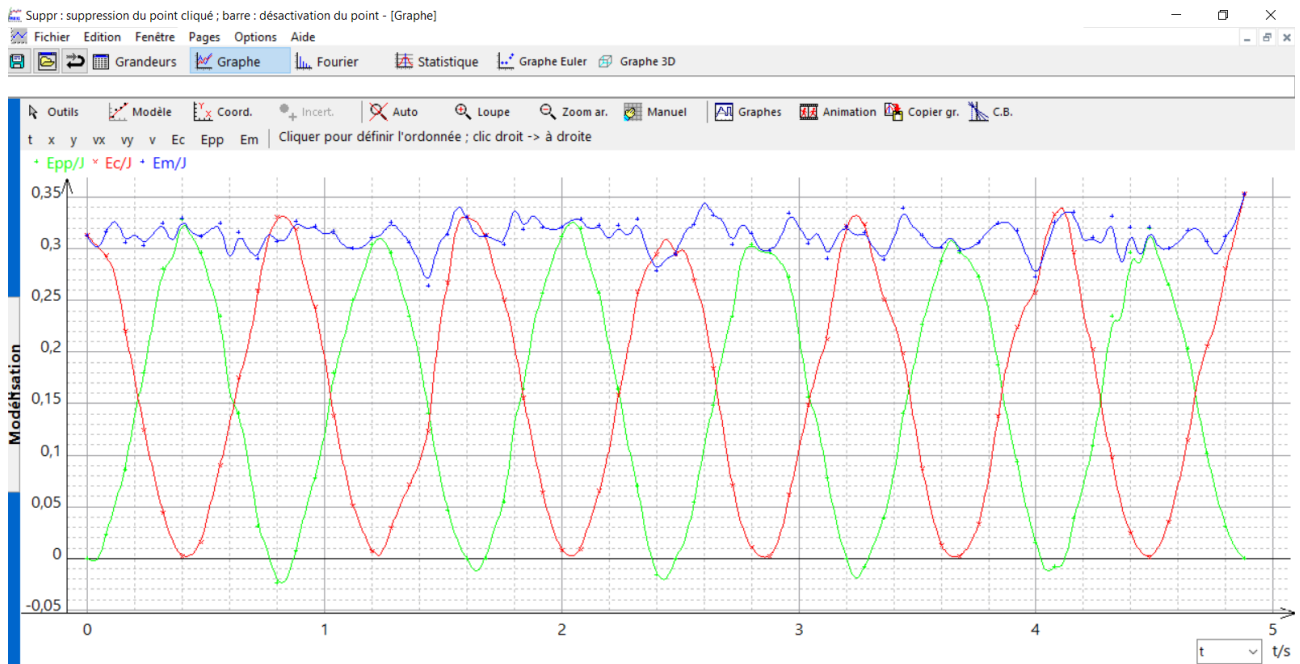
.....

.....

.....

.....

7. Faire calculer les différentes valeurs de l'énergie mécanique  $E_m$ .



8. Observer et comparer les variations respectives des différentes formes d'énergie. Que peut-on dire des variations de  $E_m$  au cours du temps ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### III. Etude énergétique d'un saut à élastique

On cherche à réaliser un programme, écrit en Python, simulant une chute verticale au cours d'un saut à l'élastique en l'absence de frottement en traçant l'évolution des énergies en fonction de la hauteur de chute.

On ne s'intéressera qu'à la première partie du mouvement où l'élastique n'est pas tendu.

La société Vertigo Bridge fournit du matériel spécifique pour le saut à l'élastique et accompagne un de ses clients, à l'aide d'un logiciel de simulation, pour le choix des élastiques. Le client souhaite installer son activité sur le pont de Ponsonnas en Isère au sud de Grenoble.



Le client indique que le pont possède une hauteur  $H = 100$  m et que la masse maximale de la personne réalisant le saut est  $m = 100$  kg.

La société propose un élastique de longueur à vide  $l_0 = 30$  m de constante de raideur  $k = 45$  N.m<sup>-1</sup>.

Nous souhaitons tracer les énergies potentielle, notée  $E_p$ , et cinétique, notée  $E_c$ , lors de la phase de chute libre.

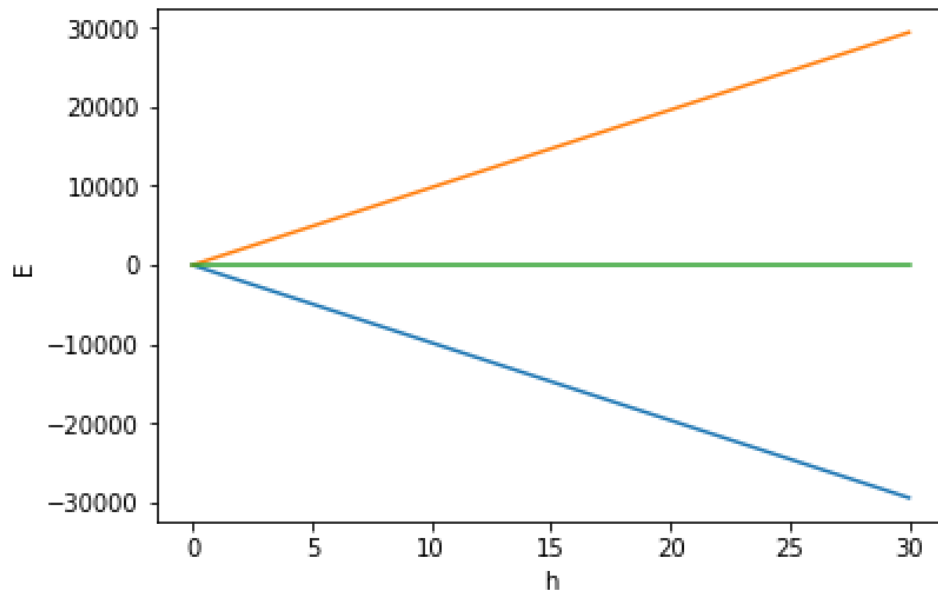
Pour vous approprier ce document, donnez :

1. — l'expression de l'énergie potentielle en fonction de  $m, g, z$   
— l'expression de l'énergie cinétique  $m, g, z$ ,  
— l'intervalle d'altitude, noté  $[z_{min}; z_{max}]$ , pendant lequel l'élastique n'est pas tendu.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....



3. Interpréter les courbes que vous devez obtenir ci-dessous :



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

— Fin —



## Mécanique des fluides

### Compétences travaillées

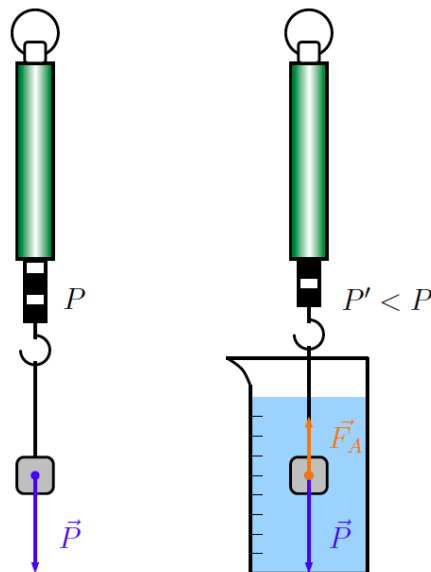
Compétences	Niveau Validé
<b>Connaître</b> : Poussée d'Archimède. Débit volumique. Relation de Bernoulli.	A B C D
<b>Réaliser</b> : Pratiquer une démarche expérimentale.	A B C D
<b>Valider</b> : Comparer un modèle aux résultats expérimentaux.	A B C D

**Contexte :** On se propose ici d'étudier un fluide en régime statique à travers la poussée d'Archimède puis en régime dynamique au cours de la vidange d'un récipient.

## I. Poussée d'Archimède

A l'aide d'un dynamomètre, peser successivement un même objet métallique :

- Lorsqu'il est suspendu en l'air.
- Lorsqu'il est totalement immergé dans l'eau contenue dans une éprouvette graduée sans être en contact avec les parois du récipient.



1. Mesurer le poids  $P$  de la masse à vide puis celui de la masse plongée dans l'eau  $P'$ .

.....

.....

.....

.....

2. En déduire la valeur de la poussée d'Archimède  $F_A$ .

.....

.....

.....

3. On connaît le volume de la masse  $V = 5,5 \text{ cm}^3$ . Calculer le poids du volume de fluide déplacé. Que remarquez-vous ?

.....

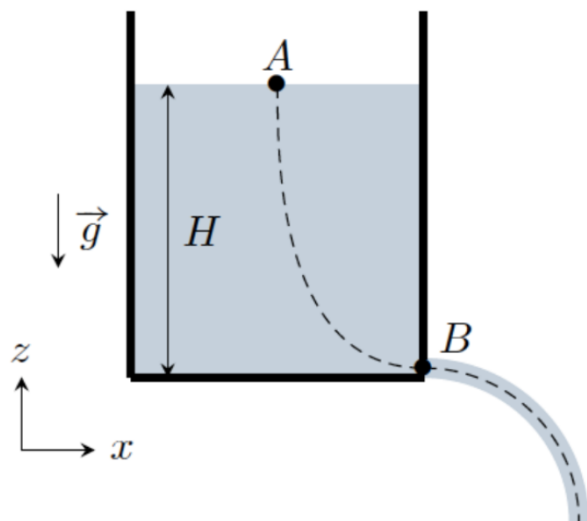
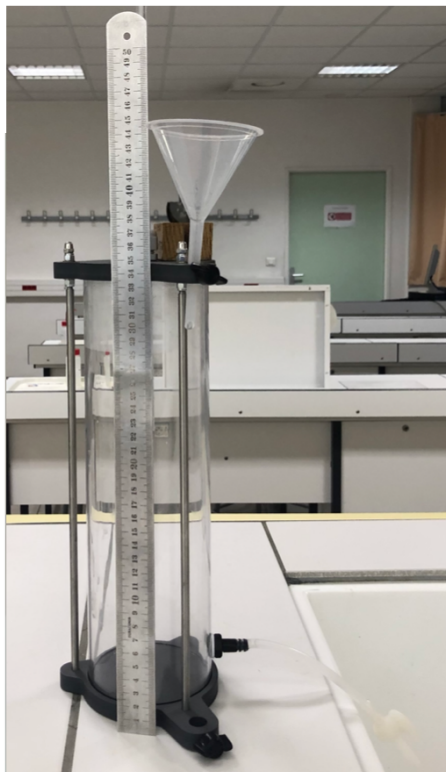
.....

.....

.....

## II. Vidange d'un récipient

1. Réaliser le montage sur la photo de gauche.







5. Pour différentes hauteurs  $H$ , compléter le tableau suivant.

Hauteur $H$	Volume $V$	Durée $\Delta t$	Débit $Q_v$	Vitesse $v$

6. Les résultats expérimentaux sont-ils en accord avec la théorie ?

.....

.....

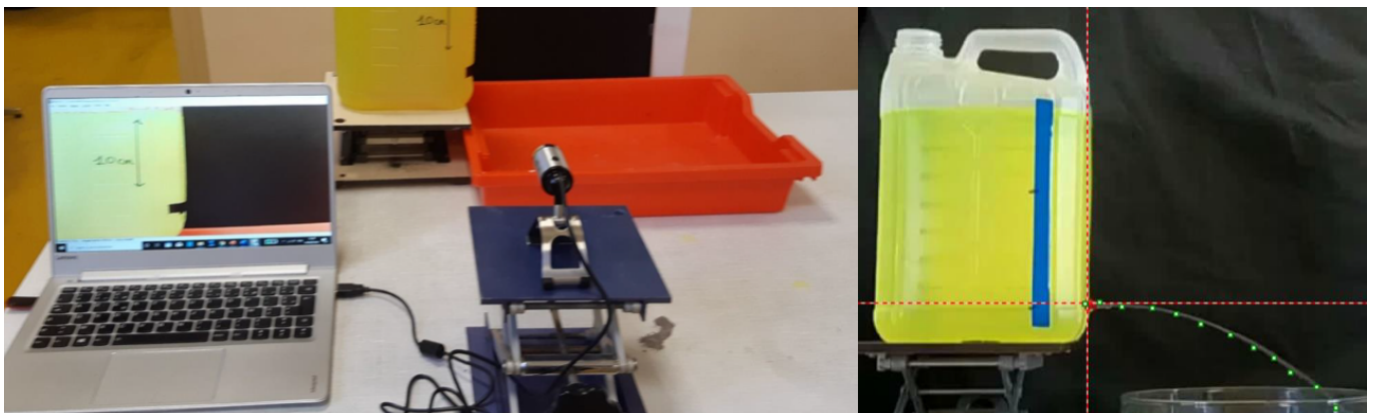
.....

.....

.....

.....

7. On va chercher à étudier la trajectoire de l'écoulement. Réaliser le montage suivant.



8. Quelle est la nature mathématique de la trajectoire de l'écoulement ? Pouvez-vous en donner une modélisation mathématique en supposant que la vitesse initiale est horizontale.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

9. A l'aide d'un logiciel de pointage comme Aviméca, déterminer à nouveau la vitesse d'écoulement. Est-ce en accord avec les résultats précédents ?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

### III. Mesure d'un débit volumique

A l'aide du matériel disponible, mesurer le débit volumique de l'eau contenue dans une burette, de section  $S = 0,74 \text{ cm}^2$  :

1. - Pour un volume versé compris entre les graduations 0,0 et 5,0 mL  
- Pour un volume versé compris entre les graduations 20,0 et 25,0 mL  
Noter les résultats obtenus.

.....  
.....  
.....  
.....

2. Rappeler la relation existant entre le débit volumique et la vitesse du fluide.

.....  
.....  
.....  
.....

3. En déduire la vitesse moyenne d'écoulement dans les deux situations.

.....  
.....  
.....  
.....

4. Expliquer la différence obtenue.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

5. Mesurer le débit volumique du glycérol entre les graduations 0,0 et 5,0 mL. Conclure.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

— Fin —



## Bilan d'énergie thermique et transfert thermique

### Compétences travaillées

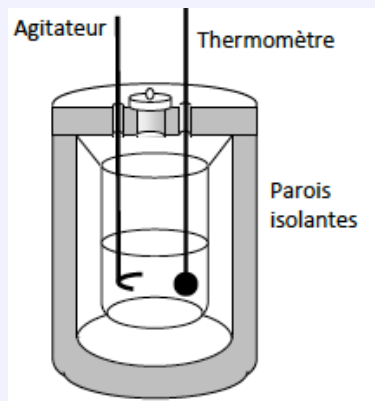
Compétences	Niveau Validé
<b>Connaître</b> : Bilan thermique.	A B C D
<b>Réaliser</b> : Pratiquer une démarche expérimentale.	A B C D
<b>Valider</b> : Comparer un modèle aux résultats expérimentaux.	A B C D

**Contexte :** On se propose ici de déterminer la capacité calorifique du cuivre.

## I. Documents

### Document n° 1 : Le calorimètre

Le calorimètre utilisé est constitué d'une cuve en aluminium placée à l'intérieur d'un récipient isolé thermiquement par du feutre. L'ensemble comporte un thermomètre, un agitateur et une résistance chauffante. Dans cette étude expérimentale, on considère que les quantités d'énergie échangées par le calorimètre sont négligeables devant les autres quantités d'énergies mises en jeu dans l'expérience.



### Document n° 2 : Capacité thermique massique d'un corps

Lorsqu'un apport d'énergie thermique (chaleur) à un corps entraîne une élévation de température, la relation entre l'énergie thermique  $Q$  apportée et l'élévation de température  $\Delta T$  se calcule de façon suivante :

$$Q = m.c.\Delta T = m.c \times (T_f - T_i)$$

Où  $c$  est la capacité thermique massique du corps : c'est l'énergie qu'il faut apporter à 1 kg de ce corps pour élever sa température de 1° ;  $c$  s'exprime en  $\text{J.kg}^{-1}.\text{C}^{-1}$ ,  $T_f$  la température finale du corps et  $T_i$  la température initiale du corps.

## II. Capacité calorifique du cuivre

### Protocole :

- Peser le morceau de cuivre. Noter sa masse  $m_2$ .
- Mettre à chauffer dans l'eau bouillante le morceau de cuivre pendant 15 minutes ( $T_2 = 100\text{ °C}$ ).
- Dans le calorimètre, verser un volume  $V_1$  d'eau à température ambiante.
- Noter la masse d'eau froide ( $m_1$ ) et la température de cette eau ( $T_1$ ).
- Dans le calorimètre, verser rapidement la lame. Couvrir et agiter.
- Noter la température d'équilibre ( $T_3$ ).

1. Faire le bilan des quantité de chaleur échangées au cours de l'expérience. Donner leur expression littérale.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. La loi de conservation de l'énergie indique que la somme des énergies transférées par l'eau froide, le calorimètre et le métal est nulle. Ecrire cette équation de façon littérale.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Montrer que
- $$C_{cu} = - \frac{(C_{cal} + m_1 C_{eau}) \times (T_3 - T_1)}{m_2 \times (T_3 - T_2)}$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Est-ce en accord avec la valeur tabulée  $C_{cu} = 385 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$  sachant que  $C_{eau} = 4180 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$  et  $C_{cal} = 130 \text{ J.K}^{-1}$ .

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

— Fin —



## Evolution de la température d'un système incompressible

### Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
<b>Connaître</b> : Loi phénoménologique de Newton, modélisation de l'évolution de la température d'un système au contact d'un thermostat.	A B C D
<b>Réaliser</b> : Effectuer un bilan d'énergie pour un système incompressible échangeant de l'énergie par un transfert thermique modélisé à l'aide de la loi de Newton fournie. Établir l'expression de la température du système en fonction du temps. Suivre et modéliser l'évolution de la température d'un système incompressible. Suivre un protocole.	A B C D
<b>Valider</b> : Comparer des résultats expérimentaux à une modélisation.	A B C D

**Contexte** On se propose, ici, d'étudier la loi phénoménologique de Newton, modélisant de l'évolution de la température d'un système au contact d'un thermostat. Le but de cette activité est de vérifier que la modélisation introduite empiriquement par Newton dans son ouvrage « Principia Mathematica » paru en 1687, est bien cohérente avec l'expérience.

## I. Documents

### Document n° 1 : Loi de Newton

Lorsqu'un système échange de la chaleur avec l'extérieur par l'intermédiaire d'un fluide en mouvement, on parle de conducto-convection. Pendant une durée infinitésimale  $dt$ , la chaleur échangée par le système est donnée par

$$\delta Q = hS(T_{th} - T)dt$$

avec  $S$  la surface d'échange,  $h$  le coefficient d'échange conducto-convectif, et  $T_{th}$  la température du milieu extérieur.

### Document n° 2 : Variation d'énergie interne d'un système incompressible

La variation d'énergie interne  $dU$  pour un système fermé incompressible vérifie la relation

$$dU = CdT$$

avec  $C$  la capacité thermique du système.



**Document n° 3 : Loi d'évolution de la température d'un solide au contact d'un fluide**

On note  $S$  la surface du solide,  $C = m_{solide} \times c_{solide}$  sa capacité thermique,  $T_0$  sa température initiale du solide, et  $h$  le coefficient de transfert conducto-convectif entre l'air à la température  $T_{th}$  et le solide. A la date  $t$ , la température du solide vaut

$$T(t) = T_{th} + (T_0 - T_{th}) \cdot e^{-t/\tau}$$

avec  $\tau = C/(h \cdot S)$ , appelé temps caractéristique.

**Document n° 4 : Données**

Capacité thermique massique du fer :  $c_{Fe} = 444 \text{ J.kg}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$

Ordre de grandeur du coefficient de transfert convectif (convection naturelle) de l'air :  $h =$  une dizaine de  $\text{W.m}^{-2} \cdot \text{C}^{-1}$

**Document n° 5 : Protocole**

- Plonger la plaque de fer fournie dans de l'eau bouillante pendant 2 minutes. Noter la température  $T_{th}$  de l'air ambiant (th pour thermostat) mesurée au thermomètre électronique.
- Sortir la plaque de l'eau bouillante et glisser rapidement la tige du thermomètre sous l'attache plastique de manière à ce que le capteur soit bien en contact avec le métal.

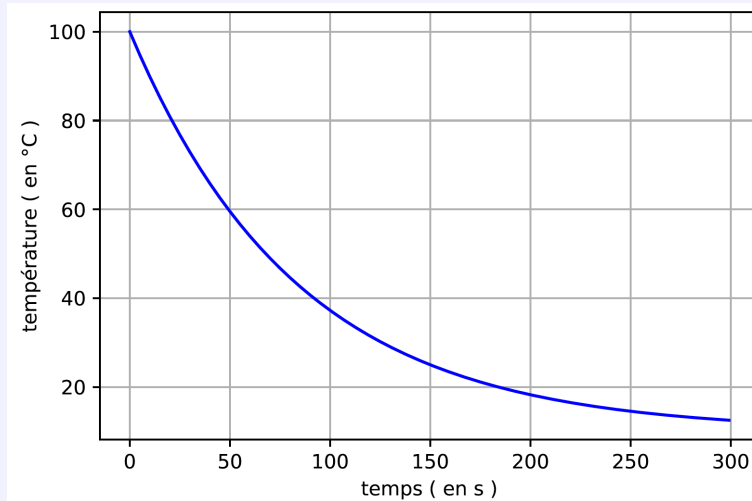


- Noter alors la température la plus haute atteinte  $T_0$  et déclencher le chronomètre. La plaque refroidissant progressivement, et en évitant les courants d'air, mesurer la température  $\theta$  du système toutes les 20 s. Cesser lorsque la différence entre  $T$  et  $-T_{th}$  est inférieure à  $2^\circ\text{C}$ .

## Document n° 6 : Graphique théorique obtenue avec le programme Python

```
1 import math
2 from matplotlib import pyplot as plt
3
4 # paramètres expérimentaux
5 T_0 = 100 # température initiale en celsius
6 T_M = 10 # température du thermostat
7 c = 4.185 # capacité thermique massique
8 m = 0.200 # masse du corps en kg
9 S = 0.010 # surface de contact en mètre au carré
10 h = 1.0 # coefficient d'échange convectif
11
12 # liste des valeurs calculées
13 liste_T = [] # températures
14 liste_t = [] # dates
15
16 alpha = h*S/(c*m)
17
18 # calcul de la température en fonction du temps
19 for t in range(0, 300, 1):
20     liste_t.append(t)
21     T = ( T_0 - T_M ) * math.exp(-alpha * t) + T_M
22     liste_T.append(T)
23
24
25 # tracé de la courbe
26 plt.grid(True)
27 plt.xlabel('temps ( en s )')
28 plt.ylabel('température ( en °C )')
29 plt.plot(liste_t, liste_T, 'b-')
30 plt.savefig('loi-newton.pdf')
31 plt.show()
```

## Document n° 7 : Programme Python



## II. Analyse et exploitation des résultats

1. Réaliser le protocole et présenter les résultats dans un tableau.

$t$ (s)								
$T(t)$ (°C)								


2. A l'aide de Regressi, tracer le graphique donnant  $T(t)$  en fonction de  $t$ . Quelle est l'allure de la courbe obtenue ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Indiquer le signe du transfert thermique réalisé par la plaque et retrouver l'unité de  $h$ .

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Par une analyse dimensionnelle montrer que  $\tau$  est homogène à un temps.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



8. **Question subsidiaire n°1** : capacité mathématique : Après avoir dérivé la fonction  $T(t) = B + A.e^{-t/\tau}$ , déterminer l'équation de la tangente à la courbe à l'instant initial  $t = 0$ . Montrer que cette tangente coupe l'asymptote à la courbe correspondant à  $T(t \rightarrow +\infty)$ , lorsque  $t = \tau$ . Vérifier alors sur le graphique.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

9. **Question subsidiaire n°2** : capacité numérique : Modifier le programme Python pour réaliser la modélisation du phénomène.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

—— Fin ——



# Atténuation sonore

## Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
<b>Connaître</b> : Intensité sonore. Niveau d'intensité sonore. Atténuations géométrique et par absorption.	A B C D
<b>Réaliser</b> : Exploiter l'expression donnant le niveau d'intensité sonore d'un signal. Illustrer l'atténuation géométrique et l'atténuation par absorption. Représenter, à l'aide d'un langage de programmation, la somme de deux signaux sinusoïdaux périodiques synchrones en faisant varier la phase à l'origine de l'un des deux.	A B C D
<b>Valider</b> : Comparer un modèle aux résultats expérimentaux.	A B C D

**Contexte :** Face aux nuisances sonores on va entrevoir, avec quelques expériences, des solutions pour se protéger du son . Elles nécessitent d'appliquer les principes de l'isolation phonique, que vous allez retrouver, pour atténuer la transmission des vibrations sonores. On se propose, ainsi, d'illustrer l'atténuation géométrique et l'atténuation par absorption.

## I. Préliminaires

1. Rappeler les définitions de l'intensité sonore  $I$  et du niveau d'intensité sonore  $L(\text{dB})$ .

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Quelles sont, à votre avis, les techniques ou astuces permettant de limiter le niveau d'intensité sonore  $L(\text{dB})$  d'un son ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

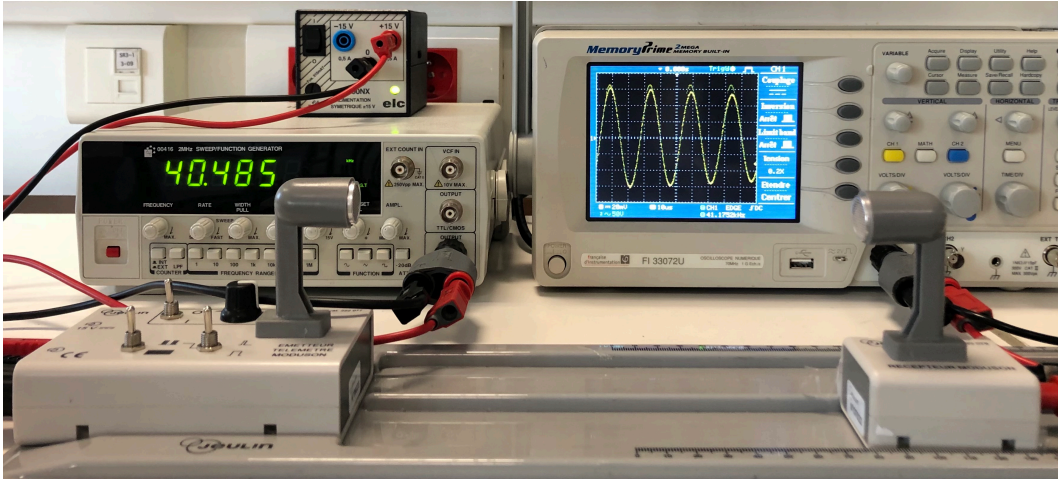
.....

## II. Atténuation géométrique

### Matériel :

- Un émetteur à ultrason
- Un récepteur à ultrasons
- Un guide graduée
- Un oscilloscope
- Des fils électriques
- Une alimentation

### Expérience :



1. Imaginer un protocole simple permettant de mesurer la décroissance de l'amplitude du signal d'une onde sonore en fonction de la distance  $d$  entre l'émetteur et le récepteur.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Compléter le tableau suivant.

$d$ (cm)									
$U_{max}$ (V)									


L'intensité sonore  $I$  reçu en un point du milieu distant de la source d'une valeur  $d$  est égale au rapport de la puissance acoustique  $P(W)$  fournit par la source divisée par la surface  $S = 4.\pi.d^2$  (surface de la sphère de rayon  $d$ , avec  $d$  distance entre l'émetteur et le récepteur). Démontrer que le niveau sonore  $L(dB)$  est lié à la distance  $d$  par la relation :

3.

$$L(dB) = 10.\log \frac{P}{4\pi I_0} - 20.\log d$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Quelle courbe faudrait-il tracer pour obtenir une droite qui ne passe pas par l'origine ?

.....

.....

.....

.....

.....

5. Comment pourrait-on en déduire la valeur de la puissance acoustique  $P(W)$  de la source.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

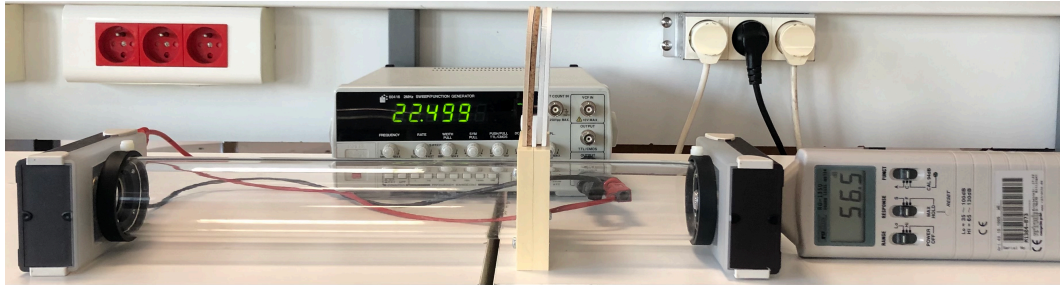


### III. Atténuation par absorption

#### Matériel :

- Un haut-parleur
- Un sonomètre
- Un tube en plastique
- Plusieurs plaques de matériaux utilisées dans l'habitat pouvant s'insérer dans le tube en plastique

#### Expérience :



Relier l'émetteur sonore de l'entrée du tube en PVC au GBF et placer un sonomètre à la sortie. Régler le GBF à la fréquence  $f = 200$  Hz et l'amplitude pour que le niveau d'intensité sonore mesuré par le sonomètre soit  $L_0 = 90$  dB.

- (a) Mesurer le niveau d'intensité sonore. Calculer l'atténuation  $A = |L - L_0|$  associé aux différents matériaux.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

- (b) Répéter ces mesures pour des valeurs successives de fréquences 300 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz et 4000 Hz, en réglant initialement, pour chaque fréquence, le niveau d'intensité sonore "à vide" vers 90 dB.

- (c) A l'aide d'un tableur-grapheur, tracer la courbe représentative de l'évolution  $A$  en fonction de la fréquence  $f$  pour chaque matériau. On choisira de représenter toutes les courbes sur un même graphique. L'axe présentant les valeurs de fréquences sera en échelle logarithmique.

- (d) Classer l'effet de l'atténuation selon la nature des matériaux et la fréquence.

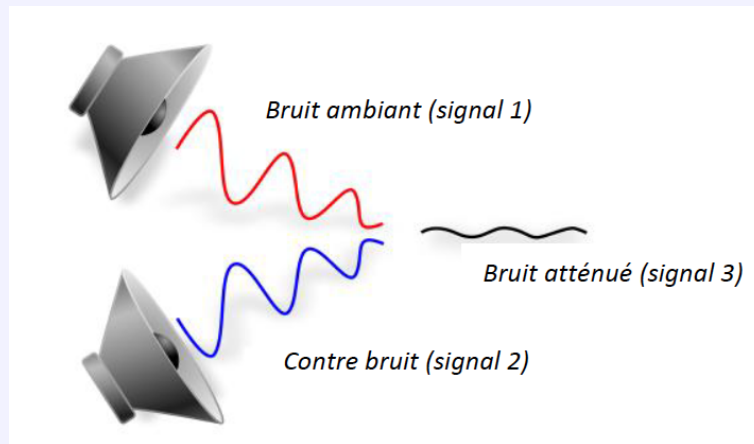
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## IV. Casque antibruit

### IV.1. Documents

#### Document n° 1 : Antibruit

Le contrôle actif du bruit est une technique de réduction du bruit indésirable par l'utilisation de sources de bruits auxiliaires. Les casques anti bruit actifs fonctionnent selon cette technologie : ils sont équipés d'un système électronique miniature placé à l'intérieur du casque. Ce système est connecté, d'une part à un petit microphone qui capte le « bruit ambiant » (signal 1) et d'autre part à un petit haut-parleur qui génère un « contre bruit » (signal 2) au voisinage de l'oreille les deux signaux s'additionnent, ainsi le bruit qui parvient au tympan est fortement atténué (signal 3).



#### Document n° 2 : Signal sinusoïdal

Un signal sinusoïdal est un signal dont l'amplitude, observée à un endroit précis, est une fonction sinusoïdale du temps. Un signal sinusoïdal est caractérisé par son amplitude, sa période, sa phase à l'origine et peut s'écrire sous la forme :

$$s(t) = A \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \phi\right)$$

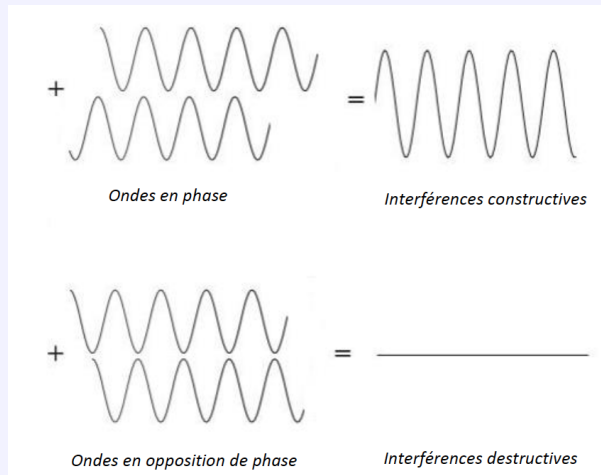
$A$  : Amplitude du signal (exprimée dans la même unité que  $s(t)$ , la grandeur mesurée)

$T$  : période du signal (en s)

$\phi$  : phase à l'origine (en rad)

#### Document n° 3 : Antibruit

Deux ondes progressives sinusoïdales synchrones (de même fréquence, donc de même période) et de déphasage constant se superposent de façon stable : les sources sont dites cohérentes. Il est possible d'observer la formation de zones d'amplitude maximale ou minimale : ce sont des franges d'interférences. Les zones d'amplitude maximale correspondent à des interférences constructives et les zones d'amplitude minimale à des interférences destructives.



## Document n° 4 : Programme Python

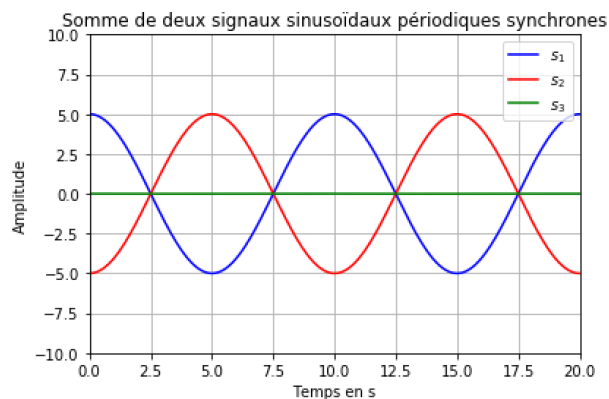
```

1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3 from math import pi
4 #Définition de : l'amplitude, la période et du déphasage des 2 signaux
5 A1 = ... #Amplitude du signal 1 (sans unité)
6 A2 = ... #Amplitude du signal 2 (sans unité)
7 T = ... #Période (en s), identique pour les deux signaux "synchrones"
8 phi1 = ... #Phase à l'origine du signal 1
9 phi2 = ... #Phase à l'origine du signal 2
10 #Définition du tableau des dates (en s)
11 t = np.linspace(0.,20.,2000)
12 #Définition des courbes
13 s1 = ...
14 s2 = ...
15 s3 = ...
16 #Tracé des courbes
17 plt.axis([0,20,-10,10])
18 plt.xlabel('Temps en s')
19 plt.ylabel('Amplitude')
20 plt.title('Somme de deux signaux sinusoidaux périodiques synchrones')
21 plt.grid()
22 c1 = plt.plot(t, s1, '-c', label = r'$s_1$')
23 c2 = plt.plot(t, s2, '-m', label = r'$s_2$')
24 c3 = plt.plot(t, s3, '-k', label = r'$s_3$')
25 plt.legend()
26 plt.show()

```

## IV.2. Questions

Compléter le programme Python afin de réaliser des signaux en interférences destructives correspondant au cas d'un casque antibruit. Vous devez obtenir la figure suivante.



— Fin —



## La diffraction de la lumière par une fente simple

### Compétences travaillées dans ce TP

Compétences	Niveau Validé
<b>Analyser</b> : Prendre conscience des problèmes de sécurité liés aux manipulations au laboratoire. Proposer un protocole.	A B C D
<b>Connaître</b> : Savoir que l'importance du phénomène de diffraction est liée au rapport de la longueur d'onde aux dimensions de l'ouverture ou de l'obstacle, Connaître et exploiter la relation $\theta \approx \frac{\lambda}{a}$ .	A B C D
<b>Réaliser</b> : Suivre un protocole et respecter les consignes de sécurité. Effectuer des mesures avec précision. Utiliser l'outil informatique de manière adaptée.	A B C D
<b>Valider</b> : Utiliser les symboles et unités adéquates. Évaluer l'incertitude d'une mesure unique obtenue à l'aide d'un instrument de mesure. Évaluer, à l'aide d'une formule fournie, l'incertitude d'une mesure obtenue lors de la réalisation d'un protocole dans lequel interviennent plusieurs sources d'erreurs.	A B C D

**Contexte** Si un faisceau laser parvient à un écran sans rencontrer un obstacle intermédiaire, il apparaît une simple tache lumineuse à l'endroit où le faisceau rencontre l'écran. Si ce même faisceau laser rencontre un obstacle intermédiaire comme une fente, un fil ou le bord d'un objet avant de parvenir à l'écran, il apparaît une figure de diffraction.



### Sécurité :

Attention ! Le faisceau du laser ne doit jamais pénétrer directement dans l'œil (lésion irréversible de la rétine). Il faut également se méfier d'éventuelles réflexions parasites.

## I. Documents

### Document n° 1 : Un peu d'histoire

La diffraction caractérise la déviation des ondes (lumineuse, acoustique, radio, rayon X...) lorsqu'elles rencontrent un obstacle. Ce phénomène semble avoir été observé pour la première fois par Léonard de VINCI en 1500. Pour l'expliquer, le physicien néerlandais Christiaan HUYGENS proposa en 1678 une théorie ondulatoire de la lumière.

### Document n° 2 : Relation entre la taille caractéristique de l'obstacle et la longueur d'onde

Lorsqu'un faisceau parallèle de lumière de longueur d'onde  $\lambda$  traverse une fente ou rencontre un fil de largeur  $a$ , la moitié du diamètre apparent de la frange est égale à :

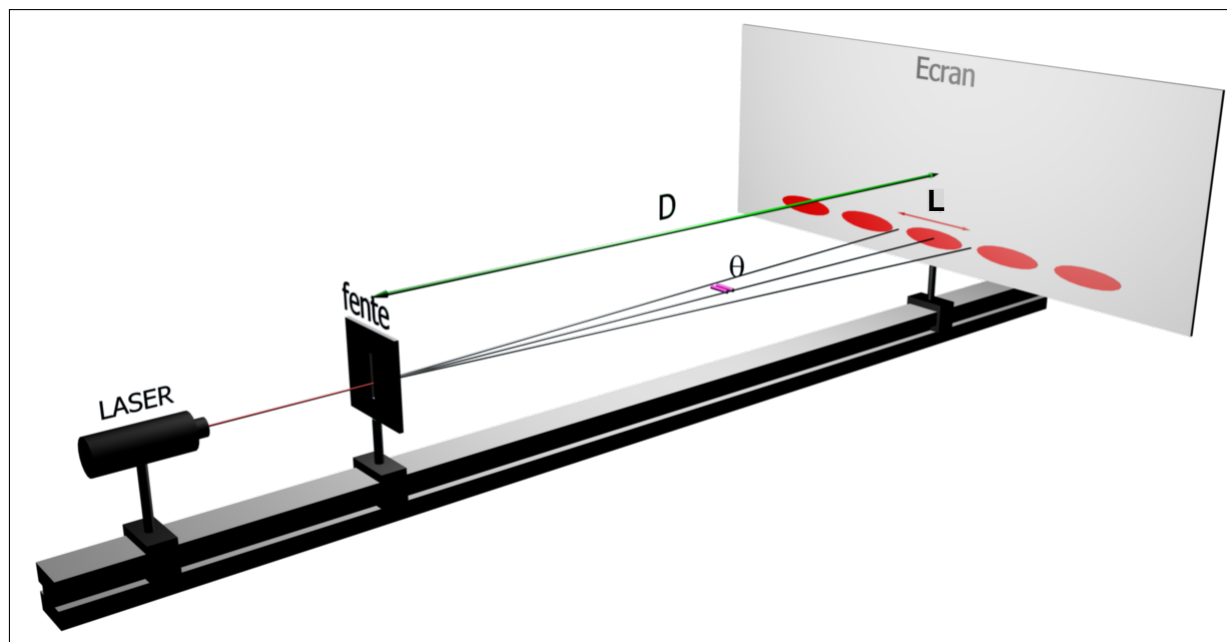
$$\theta \approx \frac{\lambda}{a}$$

### Document n° 3 : Calcul d'incertitude

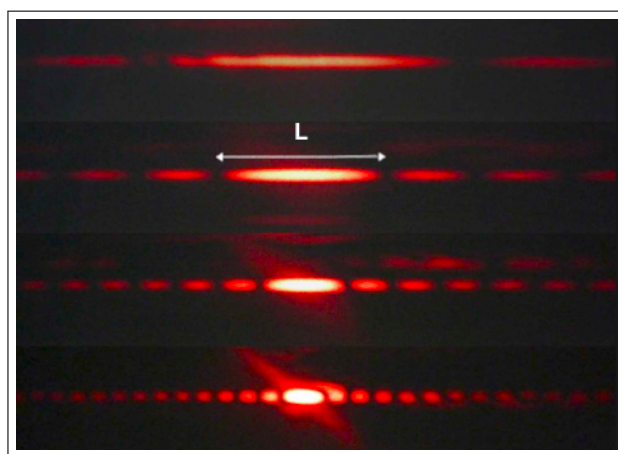
Si les grandeurs  $x, y, z$  et  $w$  sont liées par une relation de la forme :  $x = \frac{y \cdot z}{w}$ , Alors l'incertitude absolue  $U(x)$  sur la mesure de  $x$  est donnée par la formule :

$$U(x) = x \sqrt{\left(\frac{U(y)}{y}\right)^2 + \left(\frac{U(z)}{z}\right)^2 + \left(\frac{U(w)}{w}\right)^2}$$

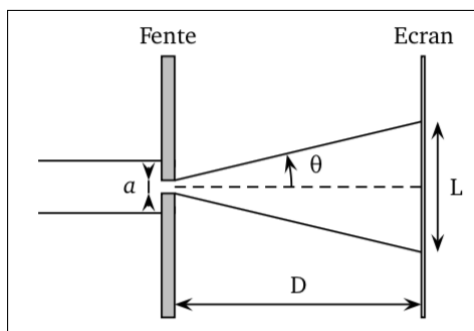
avec  $U(y)$ ,  $U(z)$  et  $U(w)$  les incertitudes sur  $y$ ,  $z$  et  $w$ .



Document n°4 : Montage expérimental



Document n°5 : Exemples de figure de diffraction obtenues



Document n°6 : Schéma annoté de l'expérience

## II. Mesures à réaliser

On dispose d'un laser émettant une radiation rouge de longueur d'onde  $\lambda$  dans le vide. Le faisceau du laser est dirigé vers un écran. Une fente verticale très fine, de largeur  $a$ , est placée sur le trajet du faisceau laser à une distance  $D$  de l'écran. La lumière du laser est alors diffractée : on observe sur l'écran une figure de diffraction. La figure de diffraction obtenue permet d'observer des taches lumineuses : on mesurera la largeur  $L$  de la tache centrale.

1. Pour chaque fente, noter sa largeur  $a$ , et mesurer la largeur  $L$  de la première tache de diffraction (tache lumineuse centrale). Compléter le tableau ci-contre.

$a$ (mm)								
$L$ (cm)								

2. Disposer un objet diffractant de taille  $b$  inconnue dans une diapositive vide, comme un cheveu, et mesurer la largeur  $L$  de la première tache de diffraction.

.....  
 .....  
 .....  
 .....

## III. Etude quantitative

1. Tracer  $L$  en fonction de  $1/a$  sur Regressi ou Excel. Puis, trouver l'équation de la droite modélisant au mieux les valeurs expérimentales. Noter cette équation ainsi que le coefficient de corrélation correspondant.

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

2. Montrer par de la trigonométrie élémentaire que si  $\theta$  est petit, alors :  $\theta \simeq \frac{L}{2D}$

.....  
.....  
.....

3. En déduire la relation entre  $L$  et  $a$ . Montrer alors que  $L$  est proportionnel à  $1/a$ . Justifier finalement le fait que la droite d'étalonnage doit passer par l'origine.

.....  
.....  
.....

4. Déduire de la valeur de la pente de la droite et de la relation précédente, une estimation de la longueur d'onde  $\lambda$  de la lumière LASER ( $\lambda = 650$  nm pour les diodes lasers).

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

5. Utiliser la droite d'étalonnage précédente pour trouver la taille  $b$  de l'objet diffractant de taille inconnue.

.....  
.....  
.....  
.....

6. Déterminer l'incertitude absolue  $U(L_{cheveu})$  sur la mesure de la largeur  $L_{cheveu}$  de l'objet diffractant.

.....  
.....  
.....

7. Donner la valeur du diamètre du cheveu et son encadrement en utilisant la formule de propagation des incertitudes.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....



## Interférences de la lumière

### Compétences travaillées dans ce TP

Compétences	Niveau Validé
<b>Analyser</b> : Extraire des informations. Proposer un protocole.	A B C D
<b>Réaliser</b> : Pratiquer une démarche obligatoire visant à étudier quantitativement le phénomène d'interférence dans le cas des ondes lumineuses. Effectuer des mesures avec précision.	A B C D
<b>Mobiliser et Exploiter ses connaissances</b> : Connaître et exploiter les conditions d'interférences constructives et destructives pour des ondes monochromatiques.	A B C D
<b>Valider</b> : Évaluer, à l'aide d'une formule fournie, l'incertitude d'une mesure obtenue lors de la réalisation d'un protocole dans lequel interviennent plusieurs sources d'erreurs.	A B C D

### Contexte

Le TP précédent nous a permis de mettre en évidence et d'étudier le phénomène de diffraction. Pour cela nous avons placé sur le trajet d'un faisceau LASER un obstacle de très petite dimension. Pour mettre en évidence le phénomène d'interférences, nous allons maintenant remplacer la fente simple permettant d'obtenir une figure de diffraction par une fente double. De manière générale, du fait de la très grande sensibilité des figures d'interférences aux conditions expérimentales, les mesures par interférences, ou interférométrie, se sont répandues dans de très nombreux secteurs, comme dans l'industrie, pour la mesure de très faibles variations d'épaisseur.



### Sécurité :

Attention ! Le faisceau du laser ne doit jamais pénétrer directement dans l'œil (lésion irréversible de la rétine). Il faut également se méfier d'éventuelles réflexions parasites.

## I. Documents

### Document n° 1 : Point de vue historique

Au début du 19<sup>ème</sup> siècle, le physicien britannique Thomas Young réalise une expérience qui a marqué l'Histoire des Sciences. Il place devant une source lumineuse un cache percé de deux fentes fines parallèles et proches. Il met ainsi en évidence le phénomène d'interférences lumineuses et l'explique par le caractère ondulatoire de la lumière. Thomas Young écrit en 1802 : « La lumière est émise par une source qui atteint l'œil par deux chemins différents, présente un maximum d'intensité si les longueurs des chemins sont séparés d'une distance égale à un multiple quelconque d'une certaine longueur ; et un minimum s'il s'agit d'un multiple impair de la moitié de cette longueur ; enfin, cette longueur dépend de la couleur de la lumière. » De quelle longueur parle-t-il ?

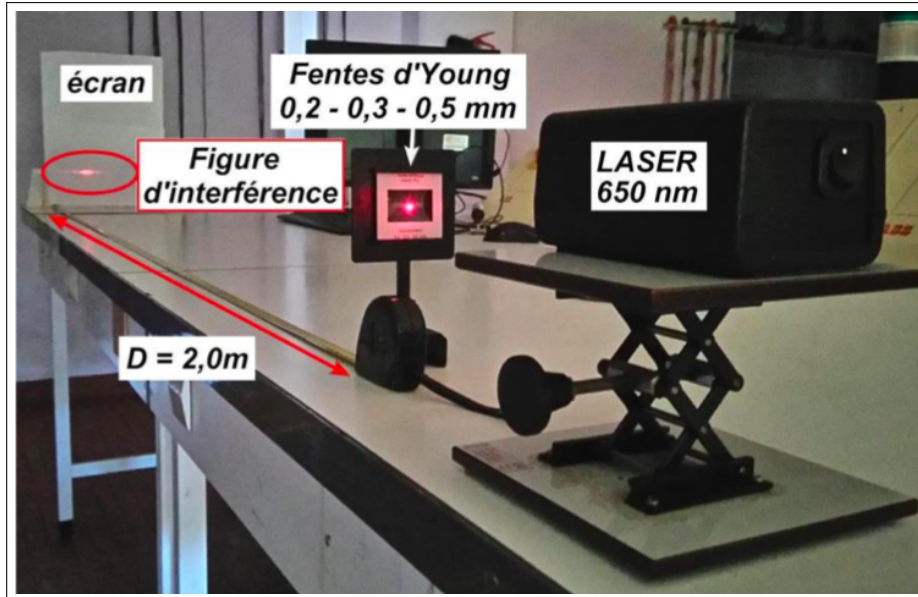


## Document n° 2 : Calcul d'incertitude

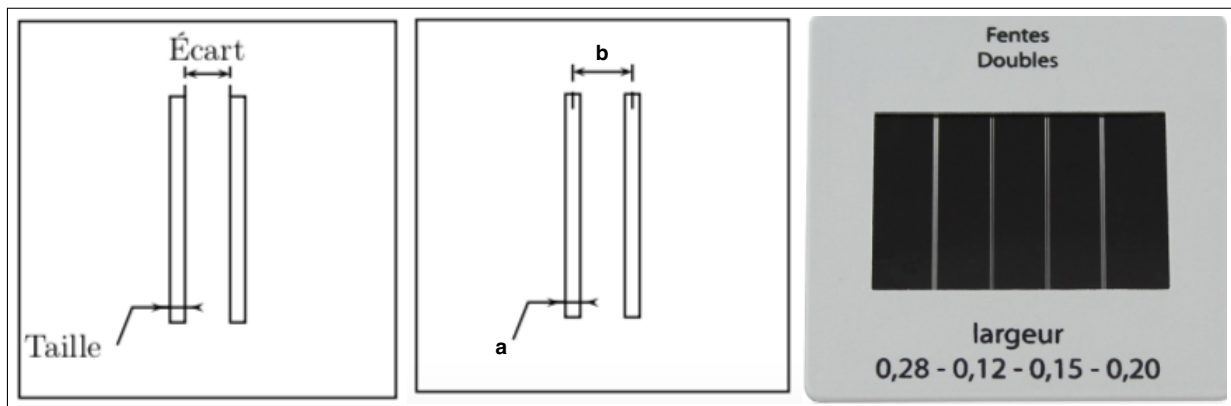
Si les grandeurs  $x, y, z$  et  $w$  sont liées par une relation de la forme :  $x = \frac{y \cdot z}{w}$ , Alors l'incertitude absolue  $U(x)$  sur la mesure de  $x$  est donnée par la formule :

$$U(x) = x \sqrt{\left(\frac{U(y)}{y}\right)^2 + \left(\frac{U(z)}{z}\right)^2 + \left(\frac{U(w)}{w}\right)^2}$$

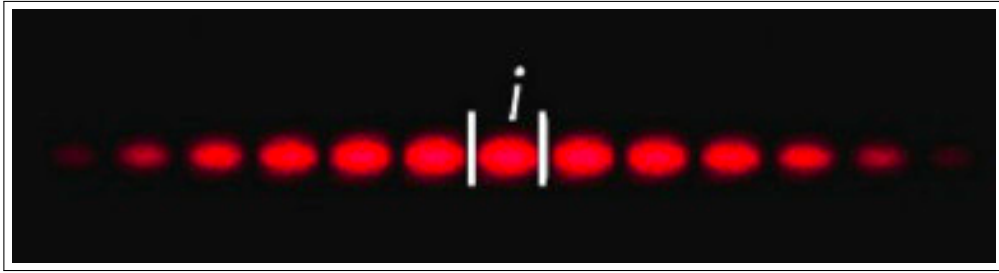
avec  $U(y)$ ,  $U(z)$  et  $U(w)$  les incertitudes sur  $y$ ,  $z$  et  $w$ .



Document n°3 : Schéma annoté de l'expérience



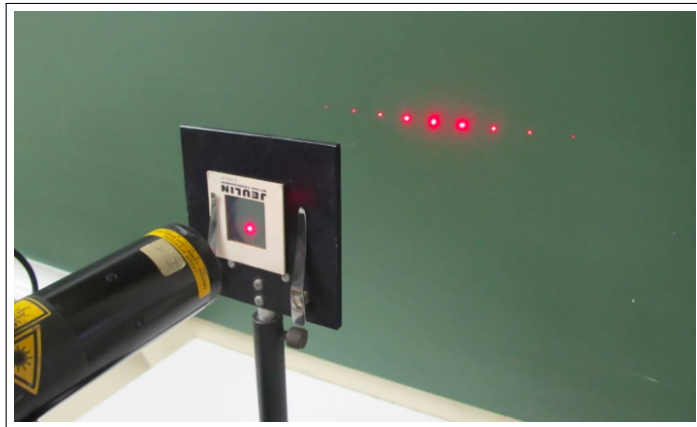
Document n°4 :



**Document n°5 :** Exemple d'interférences données par des fentes de Young avec un laser rouge



**Document n°6 :** Exemple d'interférences données par des fentes de Young en lumière blanche



**Document n°7 :** Dans le cas d'un réseau

## II. Exploitation des résultats

- Eclairer à l'aide un laser une des fentes d'Young (2 fentes étroites et parallèles situées l'une à côté de l'autre). Le faisceau laser tombe-t-il vraiment sur les fentes ? Ce point doit être soigneusement réglé.
- Placer l'écran à une distance  $D = 1,50$  m des fentes. La distance laser-fentes est sans importance ; c'est la distance fentes-écran qui doit être judicieusement discutée. Afin d'avoir la figure de diffraction la plus large possible, il faut que cette distance soit relativement grande. Typiquement, on utilisera toute la longueur de la paillasse disponible, en plaçant l'écran à l'autre extrémité de la table.
- On appelle  $a$  la largeur de chaque fente et  $b$  la distance entre les fentes.

1. Décrire ce que vous observez.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

2. Que se passe-t-il si on change la distance entre les fentes ?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

3. On appelle  $i$  l'interfrange la distance séparant les milieux de deux franges brillantes consécutives ou bien de deux franges sombres consécutives. Mesurer  $i$  pour les différentes fentes d'Young. Lors de la mesure d'une interfrange, on gagne en précision si l'on essaye de repérer les positions des extinctions et non pas les positions des maximums de luminosité. Et il faut bien viser le milieu entre deux maximums, et pas repérer les limites de visibilité des taches (qui dépend de nombreux paramètres...).

Distance entre les fentes : $b$ (m)					
Interfrange : $i$ (m)					

### III. Etude quantitative

1. Tracer  $i$  en fonction de  $1/b$  sur un papier millimétré. Tracer une droite d'interpolation moyenne, et mesurer sa pente.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

2. Que peut-on dire des grandeurs  $i$  et  $1/b$ ? On note  $k$  le coefficient directeur de la droite obtenue. Quelle relation peut-on écrire entre  $i$ ,  $k$  et  $1/b$

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

3. Utiliser le mode statistiques de la calculatrice ou le modèle linéaire de REGRESSI pour trouver le coefficient directeur de la fonction linéaire interpolant au mieux les points. Noter cette équation ainsi que le coefficient de corrélation correspondant.

.....  
.....  
.....

L'interfrange est donnée par l'une des expressions suivantes :

4. 
$$i = D + \frac{b}{\lambda} \quad \text{ou} \quad i = \frac{\lambda^2 D}{b^2} \quad \text{ou} \quad i = \frac{\lambda D}{b} \quad \text{ou} \quad i = \frac{\lambda^2 D}{b}$$

Laquelle? Justifier votre choix.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

5. En déduire la relation entre  $k$ ,  $\lambda$  et  $D$ .

.....  
.....  
.....  
.....



## IV. Application : Détermination du pas d'un réseau

Un réseau est constitué d'un support transparent sur lequel ont été gravés des traits parallèles et équidistants. Le pas du réseau noté  $b$ , est la distance entre deux traits consécutifs. Ces traits se comportent comme des fentes. Éclairés avec un laser, ils donnent une figure d'interférences.

1. Qu'observez-vous sur l'écran ?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Proposer un protocole afin de déterminer le pas  $p$  de ce réseau.

2. Remarque : La formule de l'interfrange du dispositif des doubles fentes reste valable pour le réseau.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

3. Le mettre en œuvre et déterminer un encadrement de la valeur expérimentale du pas du réseau. (on considère que l'erreur sur la valeur de la longueur d'onde est nulle).

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....



## Détermination d'une vitesse par effet Doppler

### Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
<b>Analyser</b> : Etude de documents. Analyse de fichiers audio.	A B C D
<b>Réaliser</b> : Exploiter l'expression du décalage Doppler de la fréquence dans le cas des faibles vitesses. Utiliser des données spectrales et un logiciel de traitement d'images pour illustrer l'utilisation de l'effet Doppler comme moyen d'investigation en astrophysique.	A B C D
<b>Valider</b> : Extraire et exploiter des informations.	A B C D

**Contexte** Il est courant de constater une variation du son lorsqu'une source sonore se rapproche ou s'éloigne d'un observateur. Cette effet est appelé effet Doppler découvert par Christian Doppler en 1842. Ce phénomène affecte tous les phénomènes ondulatoires : ondes sonores, lumineuses, ondes à la surface de l'eau... Dans un premier temps, on étudiera le cas d'une voiture passant à vitesse constante en klaxonnant. Puis, on s'intéressera à l'utilisation de l'effet Doppler pour détecter les exoplanètes.

## I. Vitesse d'une moto

Une voiture passant à vitesse constante devant Alexis, en klaxonnant. Elle émet un son continu de fréquence 1,10 kHz. Alexis enregistre le son perçu pendant tout le déplacement de la voiture, il aimerait pouvoir déterminer sa vitesse à partir de l'enregistrement.

### I.1. Documents

#### Document n° 1 : L'effet Doppler-Fizeau

Changement apparent de la fréquence d'un signal [...] reçu par un observateur mobile par rapport à une source émettrice fixe ou bien par un observateur fixe par rapport à une source émettrice mobile. La variation apparente de fréquence  $\Delta f$  est proportionnelle à la vitesse  $v$  relative entre l'observateur et la source le long du chemin qui les sépare. L'effet Doppler est utilisé en astrophysique pour connaître la vitesse angulaire des étoiles car leur mouvement, selon la perspective, provoque un déplacement des raies émises par rapport aux mêmes raies émises par une source terrestre.

Le son émis par un mobile en mouvement semble plus ou moins aigu selon la vitesse à laquelle il se rapproche, et plus ou moins grave selon la vitesse à laquelle il s'éloigne.

On détermine ainsi la vitesse d'un mobile émettant du son ou de la lumière, en mesurant le décalage de la fréquence reçue par rapport à la fréquence émise.

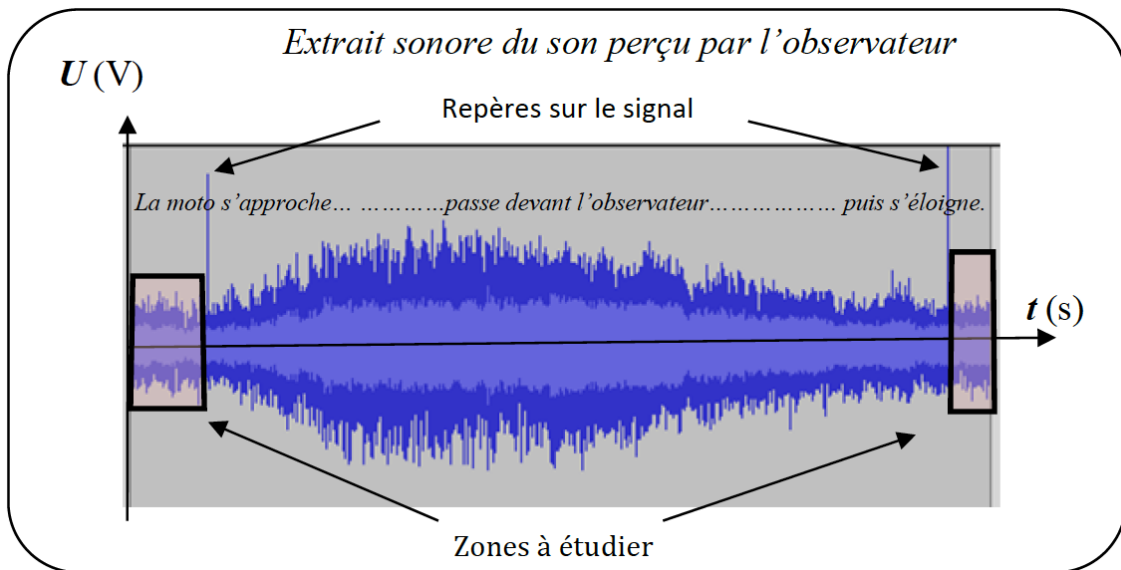
On peut montrer que l'expression (à ne pas connaître) du décalage Doppler est :

$$V_S = c \times \frac{f_1 - f_2}{f_1 + f_2}$$

Avec  $V_S$  : la vitesse de la source.

$c$  : célérité de l'onde (pour le son dans l'air à 20°C :  $c_{son} = 340 \text{ m.s}^{-1}$  ; pour la lumière :  $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ )

$f_1$  et  $f_2$  : fréquence (en Hz) reçue lorsque la source se rapproche et lorsqu'elle s'éloigne.



Document n°2 : Signal observé sur Audacity

## 1.2. Analyse et exploitation des résultats

1. Ouvrir et écouter le fichier **Son Moto - Doppler.wav**. Décrire précisément ce que vous entendez.

.....

.....

.....

.....

2. La formule donnée dans les documents vérifie-elle vos observations précédentes ? Justifier.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Pour mesurer la fréquence du son perçu pendant que la moto se rapproche, suivre ces étapes :

- Prendre 0,5 s correspondant à cette partie du déplacement.

3. - Dans « Analyse », « Tracer le spectre » du signal pour observer les différentes fréquences qui composent le signal.

- Noter la valeur de la fréquence principale (fréquence fondamentale).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. On fera de même pour la partie de l'enregistrement pendant laquelle la moto s'éloigne. Noter la valeur de la fréquence principale.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. A partir des fréquences d'éloignement et de rapprochement, déterminer par le calcul la vitesse de la moto en  $\text{km.h}^{-1}$  pendant ce déplacement.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## **II. Découverte d'une exoplanète**

Une exoplanète, ou planète extrasolaire, est une planète située en dehors du Système solaire. Beaucoup d'astronomes supposent leur existence dès le XVIème siècle, mais aucun moyen technique d'observation ne permet de confirmer cette existence. La distance, mais aussi le manque de luminosité de ces objets célestes si petits par rapport aux étoiles autour desquelles ils orbitent, rendaient leur détection impossible.

Ce n'est que dans les années 1990 que les premières exoplanètes sont détectées de manière indirecte : on mesure par exemple leur vitesse radiale en utilisant l'effet Doppler.

Depuis 2008, la puissance des télescopes comme Hubble permet une observation directe.

La plupart des exoplanètes découvertes à ce jour orbitent autour d'étoiles situées à moins de 400 années-lumière du Système solaire. Au 22 janvier 2015, 1 804 exoplanètes ont été confirmées.

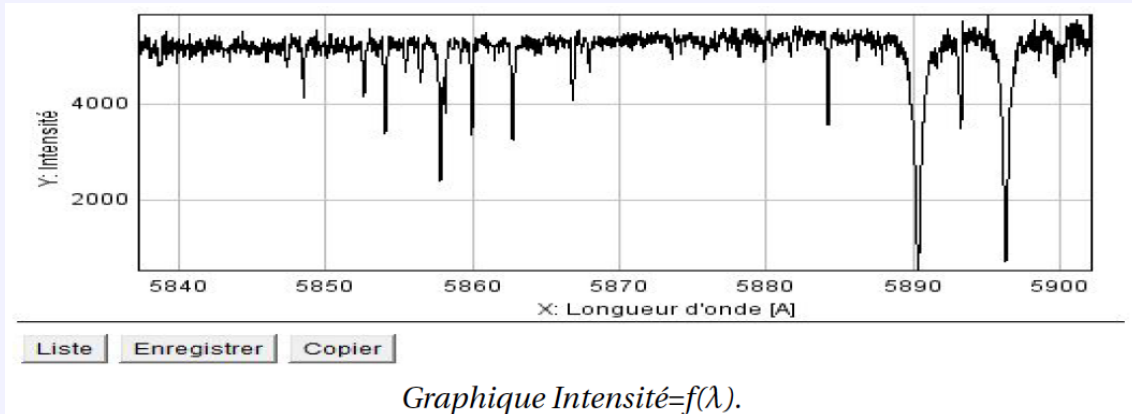
Le but de l'activité qui suit est de déterminer le rayon de l'orbite d'une exoplanète autour d'une étoile et en utilisant une méthode indirecte d'observation.

## II.1. Documents

### Document n° 2 : Raies du sodium dans le spectre de l'étoile

Une étoile peut être modélisée par une boule de plasma de température élevée émettant de la lumière, entourée d'une atmosphère de gaz sous faible pression appelée chromosphère, contenant des atomes de différents éléments chimiques. Ces gaz sont responsables des raies d'absorption qu'on peut observer dans le spectre de l'étoile.

Par exemple, la présence de sodium dans la chromosphère de l'étoile fait apparaître les deux raies d'absorption caractéristiques du sodium.



Pour une étoile immobile par rapport à l'observateur terrestre, l'une de ces deux raies a pour longueur d'onde :  $\lambda_0 = 588,9950 \text{ nm}$

### Document n° 3 : Principe de l'effet Doppler et décalage spectral

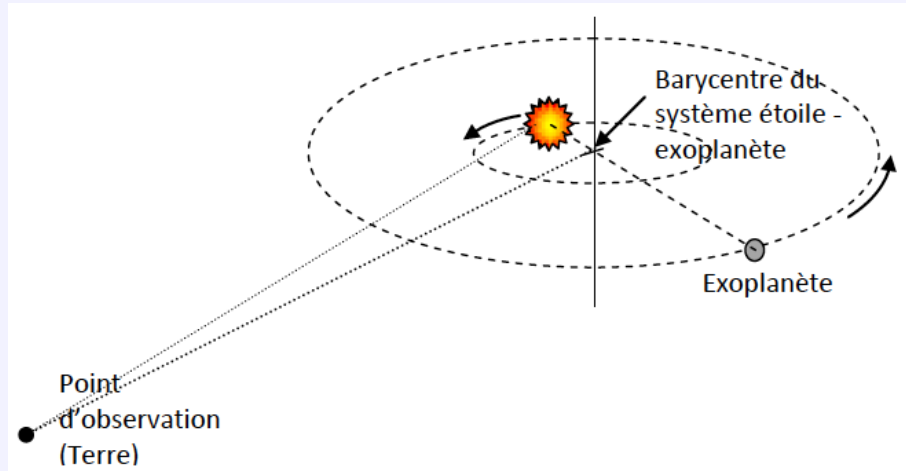
On note  $\lambda_0$  la longueur d'onde de référence de la raie étudiée dans le spectre (source immobile par rapport à l'observateur) et  $\lambda$  la longueur d'onde de la radiation émise par la source en mouvement. Le décalage spectral est caractérisé par le nombre

$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$$

			Etoile immobile par rapport à l'observateur.
			Lorsqu'une étoile s'éloigne de la Terre, on observe un décalage vers les grandes longueurs d'onde appelé « redshift ».
			Lorsqu'une étoile se rapproche de la Terre, on observe un décalage vers les courtes longueurs d'onde appelé « blueshift ».

#### Document n° 4 :

L'exoplanète et son étoile tournent autour du barycentre de leurs masses. La vitesse radiale  $V_r$  est la vitesse d'un objet mesurée dans la direction de la ligne de visée depuis le point d'observation. La formule de Doppler donne la vitesse radiale  $V_r$  de la source lumineuse par rapport à l'observateur terrestre :  $V_r = c.z$  où  $c$  est la célérité de la lumière dans le vide.



#### Document n° 5 : 3ème loi de Képler

Le carré de la période  $T$  des objets en orbite est proportionnel au cube du demi grand axe  $R$  de leur trajectoire (ou rayon de l'orbite).

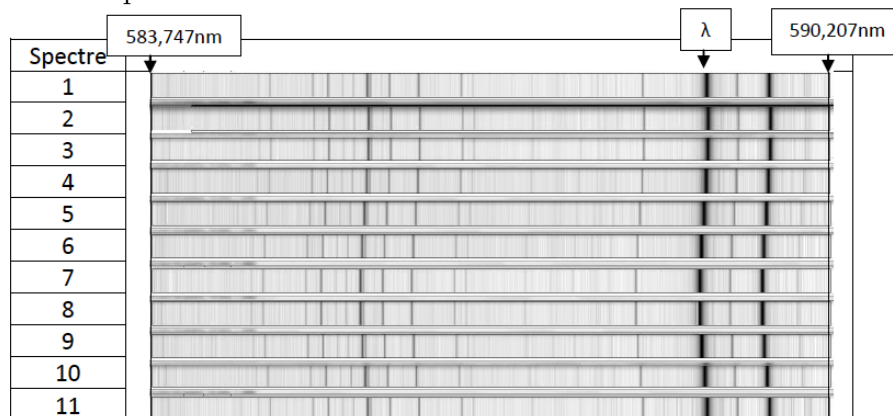
$$T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} R^3$$

Avec  $M$  : masse de l'astre attracteur

$G$  : constante de gravitation universelle :  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3.\text{kg}^{-1}.\text{s}^{-2}$

## II.2. Visualisation du décalage spectral

- On dispose de 11 spectres de raies d'absorption (numérotés de 1 à 11) d'une étoile lointaine, pris à intervalles de temps réguliers de l'ordre d'un jour et d'un logiciel (« SalsaJ ») permettant de déterminer des longueurs d'ondes de raies d'absorption. L'étoile a une planète en orbite autour d'elle. Les raies d'absorption de ses spectres présentent donc périodiquement des déplacements. Le spectre de l'étoile établi pour différentes dates donne l'allure suivante



- La partie du spectre de étudiée présente vers la droite deux raies d'absorption très marquées et très proches l'une de l'autre. Ces 2 raies correspondent au doublet du sodium dont les longueurs

d'onde mesurées dans le référentiel du laboratoire sont :

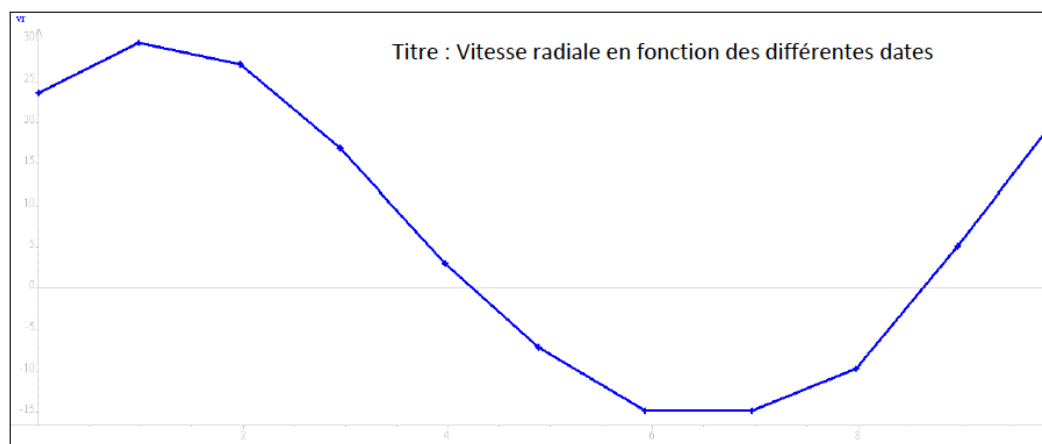
$\lambda_{1réf} = 5889,950 \text{ \AA}$  et  $\lambda_{2réf} = 5895,924 \text{ \AA}$  avec  $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$  où  $\text{\AA}$  est le symbole de l'angström ( $1 \text{ nm} = 10 \text{ \AA}$ )

- À l'aide du logiciel « SalsaJ », déterminer pour les 11 spectres fournis les valeurs de  $\lambda_1$  correspondant à la raie de gauche du doublet et compléter le tableau ci-dessous.

Numéro du spectre	Date (jours)	$\lambda_1$ (nm)	$V_r$
1	0		
2	0,974505		
3	1,969681		
4	2,944838		
5	3,970746		
6	4,886585		
7	5,924292		
8	6,963536		
9	7,978645		
10	8,973648		
11	9,997550		

### II.3. Détermination de la vitesse radiale de révolution $V_R$ de l'étoile

- Pour ce faire, on utilise les mêmes spectres mais l'extension ne sera plus en ".fit", mais en ".dat".
- Cliquer sur "fichier" puis "ouvrir" pour sélectionner le fichier "spectre1\_o54.dat".
- Lancer Regressi et ouvrir le fichier "TP5 B élève", ajouter la colonne  $\lambda_1$  (créer Grandeur/ Variable exp.), puis créer la grandeur  $V_r$  et compléter le tableau.
- Afficher  $V_r = f(t)$ .



- Modéliser la courbe  $V_r = f(t)$ .
- On choisira une modélisation manuelle :  $V_r = V_0 + V_{rad} * \cos((2 * \pi * t/T) + b)$ ; puis OK
- Ensuite cliquer Ajuster.

1. Pourquoi peut-on affirmer que l'étoile possède une exoplanète ? Que représentent les grandeurs  $V_0$  et  $V_{rad}$  ?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

2. Déterminer la période de révolution de l'exoplanète autour de l'étoile.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

3. Déterminer le rayon  $R$  de l'orbite de cette exoplanète en supposant que la masse de l'étoile est de  $2,5 M_{\odot}$  ( $1 M_{\odot} = \text{une masse solaire} = 2,0 \times 10^{30} \text{ kg}$ )

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

———— Fin ————



## Modélisation d'une lunette astronomique

### Compétences travaillées

#### Compétences

**Analyser** : Analyser des résultats expérimentaux.

**Réaliser** : Réaliser une maquette de lunette astronomique pour en déterminer le grossissement.

**Valider** : Comparer une valeur expérimentale au modèle.

#### Niveau Validé

A B C D

A B C D

A B C D

**Contexte** Comme son nom l'indique, la lunette astronomique a pour but l'observation de lointains objets comme les planètes ou les autres astres. Sa structure est relativement simple : elle se compose de deux lentilles convergentes centrées sur un même axe. La première, appelée objectif, forme une image intermédiaire de l'objet. La seconde, l'oculaire, agrandit l'image pour la rendre plus facilement observable à l'œil humain. On se propose ici d'en réaliser une maquette et de mesurer son grossissement.

## I. Documents

### Document n° 1 : Une lunette astronomique commerciale



### Document n° 2 : Un peu d'histoire

La lunette astronomique est un appareil optique qui permet l'observation des astres et de les voir sous un diamètre apparent plus grand qu'à l'œil nu.

Son invention est anonyme et viendrait de l'Italie ou du Nord de l'Europe vers 1600, mais c'est Galilée qui entrera dans l'histoire en construisant en 1609 une lunette astronomique constituée de deux lentilles convergente et divergente, et qui lui permettra d'observer les cratères de la Lune et de découvrir certains satellites de Jupiter.

Dans le même temps, Kepler mettra au point sa lunette astronomique constituée de deux lentilles convergentes.

### Document n° 3 : Matériel

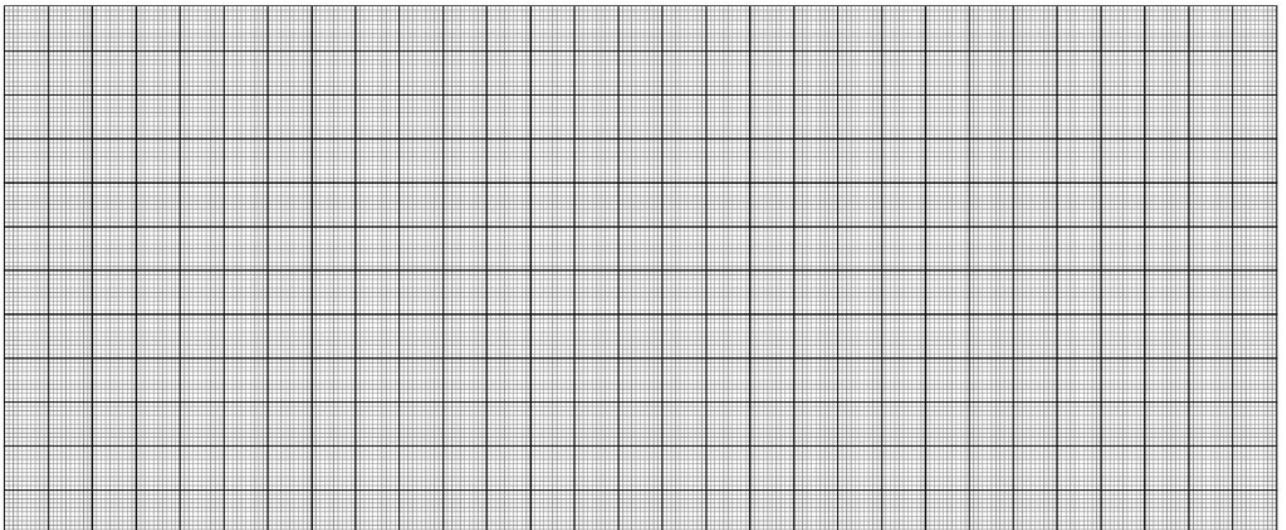
- Un banc optique
- Une source lumineuse
- Un objet F
- Deux lentilles  $L$  de vergence  $C = +3,0 \delta$
- Deux lentille  $L_1$  (l'objectif) de vergence  $C_1 = +2,0 \delta$
- Une lentille  $L_2$  (l'oculaire) de vergence  $C_2 = +8,0 \delta$
- Un écran blanc sur support

## II. Réalisation de la lunette astronomique

### II.1. Réalisation d'un objet à l'infini

en utilisant un objet lumineux et une lentille de  $+3 \delta$  et un miroir plan, simulé un objet à l'infini ?

1. En utilisant un objet lumineux et une lentille de  $+3 \delta$  et un miroir plan, simuler un objet à « à l'infini ».
2. Faites un schéma du montage utilisé pour atteindre ce but. Dessinez les rayons qui montrent que l'objet est situé « à l'infini ».



3. Réalisez le montage et vérifiez son bon fonctionnement.

## II.2. Réalisation du montage :

1. Avant de faire le montage de la lunette, nous allons créer un œil modèle n'accommodant pas pour recueillir l'image finale. Placer une lentille de  $+3 \delta$  sur la graduation 333 mm du banc optique et un écran derrière de façon à obtenir une image nette sur l'écran. Quelle est la distance entre cette lentille et l'écran ?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

2. Placer une lentille  $L_1$  de  $+2 \delta$  sur la graduation 500 mm du banc optique

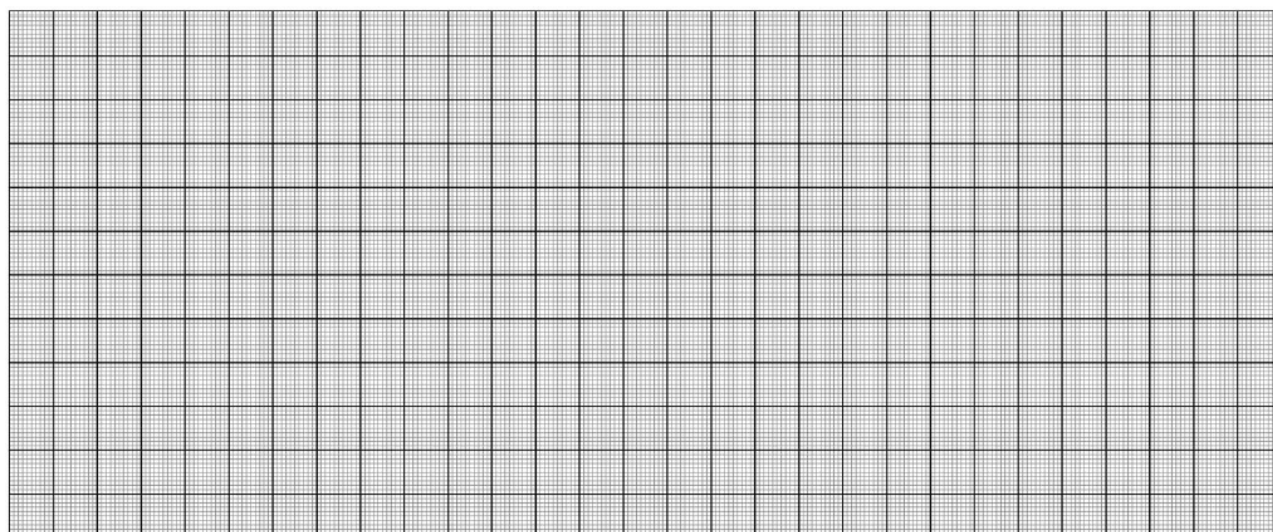
3. Observer la position de l'image intermédiaire  $A'B'$ . Noter sa position et mesurer sa taille.

.....  
.....  
.....  
.....

4. Placer judicieusement une lentille  $L_2$  de  $+8 \delta$  de façon à obtenir une image nette sur l'écran. Quelle est cette position particulière ? Comment qualifie-t-on alors ce système ?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

5. Faites un schéma (en choisissant une échelle) de la lunette réalisée ici. Tracer le trajet d'un faisceau lumineux non parallèle à l'axe optique.









## Caractéristique d'une cellule photovoltaïque

### Compétences travaillées dans ce TP

Compétences	Niveau Validé
<b>Analyser</b> : Etude de documents. Analyse de résultats expérimentaux.	A B C D
<b>Réaliser</b> : Mettre en œuvre une cellule photovoltaïque. Calculer un rendement d'une cellule photovoltaïque.	A B C D
<b>Mobiliser et Exploiter ses connaissances</b> : Rendement d'une cellule photovoltaïque.	A B C D
<b>Valider</b> : Commenter la valeur du rendement.	A B C D

### Contexte

Le solaire photovoltaïque est aujourd'hui populaire, il est présent sur les toits des bâtiments sous forme de panneaux solaires pour alimenter en électricité les habitations. De plus en plus de cellules photovoltaïques sont également vendues pour des utilisations nomades et notamment pour recharger des tablettes, téléphones portables...

Bien que les panneaux photovoltaïques, constitués essentiellement de Silicium, nécessitent la dépense d'énergie pour la fabrication (plus l'assemblage, le transport et la pose), ils restent rentables et de faible impact carbone sur le long terme, en plus d'être recyclable.

C'est pourquoi cette technologie est intéressante dans la perspective d'une transition énergétique plus écologique.

Les panneaux solaires sont plus rentables dans les régions très ensoleillées ou lorsque l'État subventionne ce type d'installation. Ceci explique l'engouement des pays du sud de l'Europe (Italie, Portugal, etc.), à la fois grands consommateurs et grands producteurs potentiels, pour l'installation de grande centrales.

## I. Documents

### Document n° 1 : Rendement d'une cellule photovoltaïque

Le rendement des panneaux solaires photovoltaïques est défini comme la part du rayonnement solaire transformée en électricité.

$$\eta = \frac{P_{Elec}}{P_{Lum}}$$

$P_{Elec}$  est la puissance électrique maximale produite

$P_{Lum}$  est la puissance reçue par rayonnement.

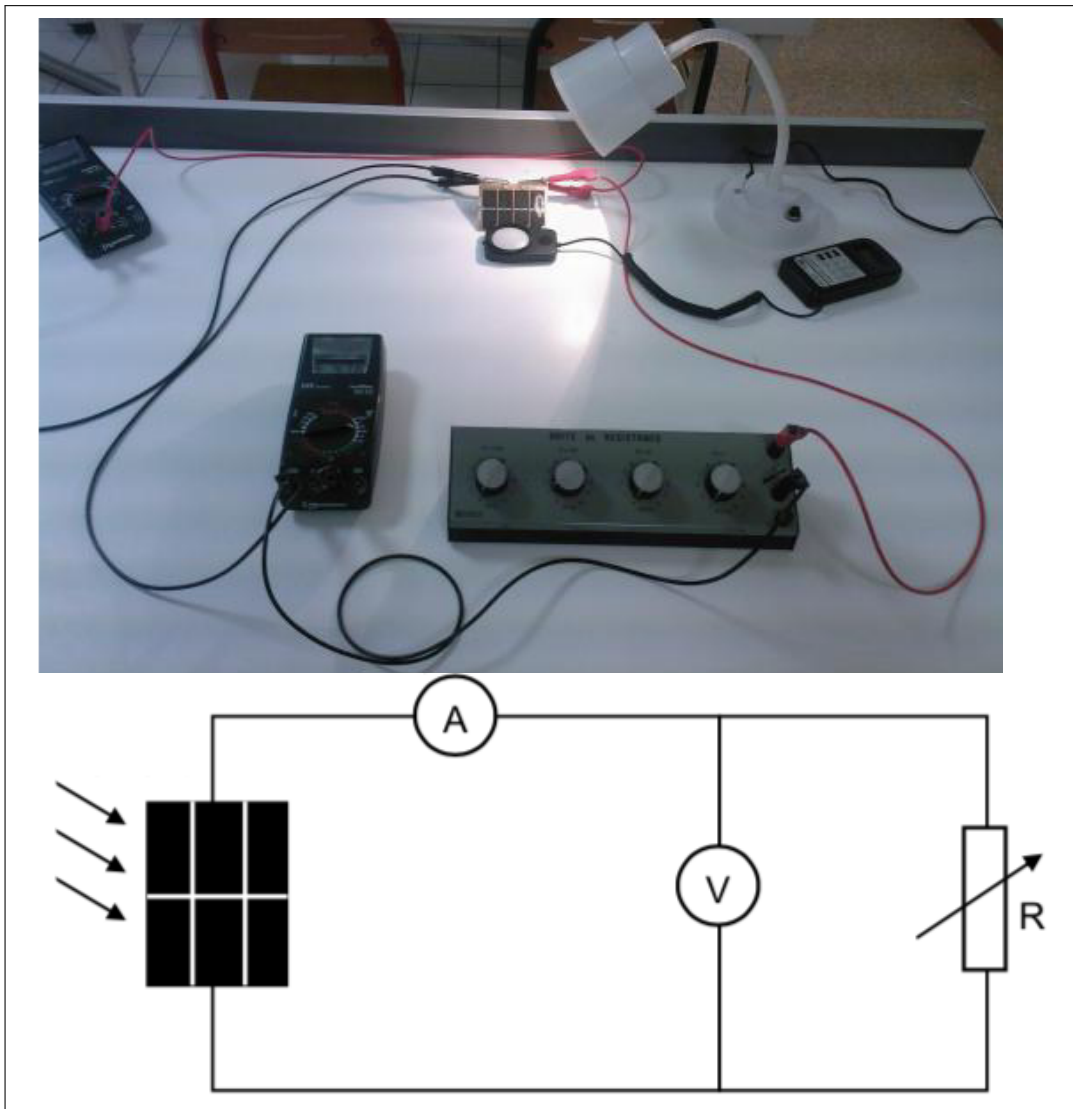
## Document n° 2 : L'irradiance $I_r$ et la puissance lumineuse $P_{Lum}$

L'irradiance ou éclairement énergétique  $I_r$  sont les termes pour quantifier la puissance d'un rayonnement électromagnétique par unité de surface.

Elles se mesurent avec un solarimètre et elles s'expriment en watt par mètre carré ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ).

La puissance lumineuse est définie comme le produit entre l'irradiance  $I_r$  en  $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$  et la surface éclairée  $S$  en  $\text{m}^2$ .

$$P_{Lum} = I_r \times S$$



Document n°3 : Montage expérimental

## II. Montage électrique

- Réaliser le montage électrique ci-haut avec le panneau photovoltaïque, les appareils de mesure et le rhéostat qui est constitué de boîte AOIP.
- Faire vérifier le montage par le professeur en réglant convenablement les calibres des instruments de mesures.

### III. Réaliser les mesures

- Eclairer le panneau solaire en incidence normale avec la lampe halogène placée à 20 cm environ (cette distance restera constante pendant les mesures).
- Mesurer les dimensions du panneau pour calculer la surface  $S$ . Mesurer l'éclairement  $E$  en plaçant la cellule du luxmètre au centre du panneau.
- Commencer par l'éclairement maximal, faire une dizaine de mesures de  $U$  et  $I$  en les récapitulant sur le logiciel Regressi.
- Refaire une série de mesures avec un autre éclairement plus faible. Récapituler vos mesures sur le même fichier Regressi.

1. Noter les mesures ci-après.

• Calcul de la surface  $S = \dots\dots\dots$

• Mesures pour l'éclairement  $E_1 = \dots\dots\dots$

Tension $U$ (V)							
Intensité $I$ (A)							

Tension $U$ (V)							
Intensité $I$ (A)							

• Mesures pour l'éclairement  $E_2 = \dots\dots\dots$

Tension $U$ (V)							
Intensité $I$ (A)							

Tension $U$ (V)							
Intensité $I$ (A)							

2. Tracer le graphe  $I = f(U)$ .

3. Rappeler la définition de la puissance électrique.

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

4. Tracer le graphe  $P = f(U)$  sur le même graphe que  $I = f(U)$

## IV. Analyser

1. Décrire qualitativement l'évolution des caractéristiques en fonction de l'éclairement du panneau. On présentera les ordres de grandeurs liées aux mesures.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

2. On rappelle qu'un générateur de courant maintient un courant d'intensité constante dans un circuit. Un générateur de tension maintient une tension constante.

(a) Dans quelle partie de la caractéristique se rapproche-t-on d'un générateur de courant ?

.....  
.....  
.....  
.....

(b) Dans quelle partie de la caractéristique se rapproche-t-on d'un générateur de tension ?

.....  
.....  
.....  
.....

3. L'ordonnée à l'origine est associée au courant de court-circuit que l'on note  $I_{CC}$ . Comment varie le courant  $I_{CC}$  avec l'éclairement ?

.....  
.....  
.....  
.....

4. Décrire l'évolution de la puissance en fonction de la tension. Quel est son maximum ?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Avec la lampe étudiée, on considère que 100 lux mesurés correspondent à une irradiance  $I_r$  de  $5 \cdot 10^{-1} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

5. Calculer le rendement du panneau photovoltaïque étudié dans les deux cas étudiés. Commenter le résultat.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

———— Fin ————



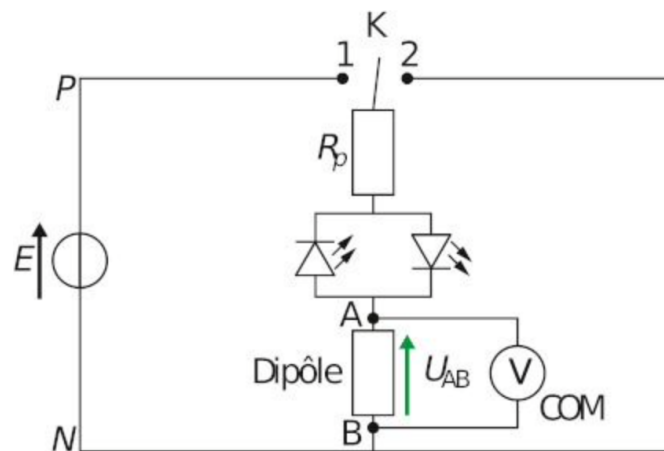
**Etude l'effet de la géométrie d'un condensateur sur la valeur de sa capacité**

**Compétences travaillées dans ce TP**

Compétences	Niveau Validé
<b>Analyser</b> : Etude de documents.	A B C D
<b>Connaître</b> : Capacité d'un condensateur.	A B C D
<b>Réaliser</b> : Identifier et tester le comportement capacitif d'un dipôle. Illustrer qualitativement à l'aide d'un microcontrôleur l'effet de la géométrie d'un condensateur sur la valeur de sa capacité.	A B C D
<b>Valider</b> : Comparer des valeurs expérimentales à un modèle.	A B C D

**Contexte** On cherche d'illustrer qualitativement à l'aide d'un microcontrôleur l'effet de la géométrie d'un condensateur sur la valeur de sa capacité.

**I. Introduction au comportement capacitif d'un condensateur**



- Réaliser le montage 1, avec comme dipôles : la résistance  $R = 1k\Omega$ , le condensateur de capacité, la résistance de protection  $R_p = 220 \Omega$ , deux DEL, un voltmètre, un interrupteur, des fils de connexion et un générateur de tension continue.
- Positionner l'interrupteur sur la position 2.
- Allumer le générateur de tension continue avec une f.e.m  $E = 12 \text{ V}$ .
- Basculer l'interrupteur en position  $K = 1$  : noter les observations (tension aux bornes de la résistance, couleur des DEL).

.....  
.....  
.....  
.....

5. Basculer l'interrupteur en position  $K = 2$  : noter les nouvelles observations.

.....  
.....  
.....

6. Éteindre le générateur de tension continue.

7. Répéter l'expérience avec comme dipôle le condensateur  $C = 2200 \mu\text{F}$  initialement déchargé. Noter vos observations.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

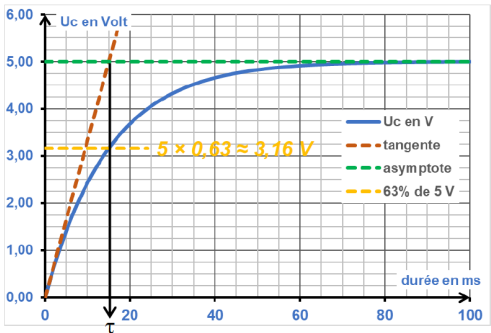
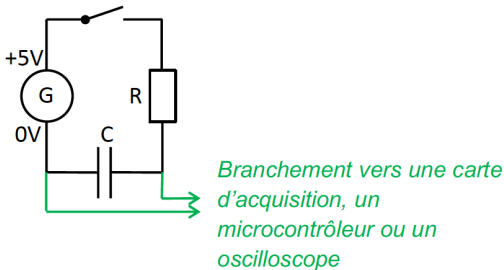
Attention : certains condensateurs sont polarisés, ils ne fonctionnent que dans un sens de passage du courant (sinon risque de surchauffe et de détérioration). Il est nécessaire de respecter le sens de branchement. Ces condensateurs portent une indication + ou -. Il doit être branché dans le circuit son côté + vers le + du générateur et son côté - vers le - du générateur

## II. Etude de l'effet de la géométrie d'un condensateur sur la valeur de sa capacité

### II.1. Documents

#### Document n° 1 : Rappels de cours

Schéma du circuit de charge d'un condensateur :



Si l'on suit l'évolution de la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps, on obtient une courbe similaire à la courbe bleue ci-dessus.



Dans cet exemple, l'équation de cette courbe est

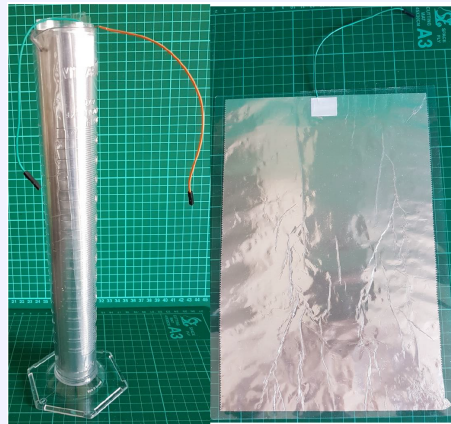
$$U_C = E(1 - e^{-t/\tau})$$

où  $\tau$  est appelée temps caractéristique (ici  $\tau = 15$  ms). On montre que :  $\tau = RC$ .

### Document n° 2 : Matériel particulier

2 feuilles d'aluminium (environ A4) plastifiées sur lesquelles on aura découpé le plastique délicatement sur un côté pour fixer un fil sur l'aluminium (sous le scotch blanc sur la photo). Plaquées l'une contre l'autre, on obtient un condensateur d'une capacité de l'ordre de quelques nanofarads.

On peut modifier la géométrie du condensateur en l'enroulant sur lui-même et/ou en intercalant différents matériaux.

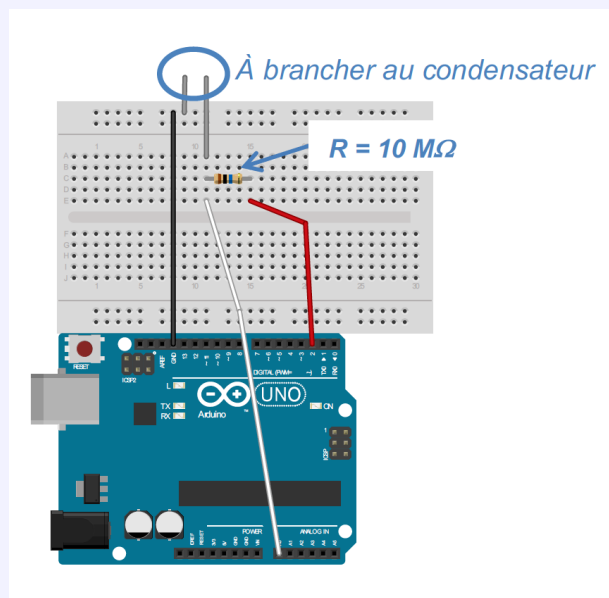


### Document n° 3 : Circuit à réaliser

Ce circuit correspond à celui schématisé ci-dessus sans interrupteur.

La borne 2 peut être portée à +5V pour charger le condensateur, où à 0V pour le décharger.

La borne A0 permet de mesurer la tension aux bornes du condensateur.



**Document n° 4 : Programme arduino (voir à la fin)**

Ouvrir le 1er programme nommé « programme\_1\_mesure\_tau ».

Le choix a été fait de mettre le programme dans le setup, ainsi, une mesure est faite au lancement du programme et non en permanence.

Pour faire 1 autre acquisition, il suffit de relancer le programme en appuyant sur le bouton reset de la carte.

Ce programme affiche la valeur du temps caractéristique du circuit, puis celle de la capacité du condensateur.

## II.2. Prise en main du programme

En ligne 10, la variable  $R$  prend la valeur de la résistance, quelle est son unité ?

Les lignes 15 et 16 préparent l'écriture des résultats dans le moniteur série.

1. La ligne 17 lance une boucle « for » qui va réaliser 10 fois les instructions comprises entre les lignes 18 et 30.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Expliquer pourquoi les lignes 19 à 21 permettent de décharger le condensateur. La fonction `millis()` est une fonction "chronomètre" : elle prend la valeur de la durée écoulée depuis le lancement du programme (ou depuis l'appui sur reset) en millisecondes.

- 2.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Le circuit n'a pas d'interrupteur, mais la ligne 24 peut être comparée à une action sur un interrupteur : quelle serait cette action ?

- 3.

.....

.....

.....

.....

4. On rappelle que la borne A0 donne une valeur numérique de la tension. Elle peut prendre  $2^{10} = 1024$  valeurs différentes comprises entre 0 (qui correspond à 0 V) et 1023 (qui correspond à 5 V). En ligne 26, on attend que la valeur lue sur la borne A0 dépasse 647 (c'est-à-dire  $0,63 \times 1024$ ), pourquoi cette valeur ?

.....  
.....  
.....

5. Expliquer pourquoi en ligne 29, la variable "tau" prendra la valeur du temps caractéristique du circuit en millisecondes.

.....  
.....  
.....

6. Quel est l'intérêt de faire cette boucle de 10 mesures ?

.....  
.....  
.....

7. Justifier que les lignes 32 et 33 permettent d'obtenir la valeur de la capacité en nanofarad dans la variable C.

.....  
.....  
.....

### II.3. Manipulation 1

Réaliser le circuit. Le condensateur sera constitué des deux feuilles d'aluminium superposées. On pourra s'assurer qu'elles restent plaquées l'une à l'autre en posant un livre dessus.  
Téléverser le programme dans la carte.

1. Déterminer la capacité  $C$  du condensateur. Cette valeur servira de référence par la suite.

.....  
.....  
.....

2. Intercaler différents matériaux entre les 2 plaques et indiquer comment la capacité est modifiée.

.....  
.....  
.....

3. Proposer une expérience permettant de de déterminer l'influence de l'épaisseur du matériau inséré entre les plaques.

.....  
.....  
.....

4. Après validation, réaliser l'expérience, noter vos résultats expérimentaux et proposer une modélisation mathématique de l'évolution de la capacité en fonction de l'épaisseur.

.....  
.....  
.....

## II.4. Manipulation 2

1. Enrouler le condensateur sur lui-même. La capacité du condensateur est-elle modifiée ?

.....  
.....  
.....

En plaçant ce condensateur dans une éprouvette, on peut y ajouter de l'eau.

2. Réaliser une expérience permettant de de déterminer l'influence du niveau d'eau dans l'éprouvette.

Noter vos résultats expérimentaux et proposer une modélisation mathématique de l'évolution de la capacité en fonction de la hauteur d'eau.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

3. À quoi peut servir un tel dispositif.

.....  
.....  
.....



## Etude de la charge et de la décharge d'un condensateur

### Compétences travaillées dans ce TP

Compétences	Niveau Validé
<b>Analyser</b> : Prendre conscience des problèmes de sécurité liés aux manipulations au laboratoire. Proposer un protocole.	A B C D
<b>Connaître</b> : Condensateurs. Circuit RC. Temps caractéristique.	
<b>Réaliser</b> : Etudier la réponse d'un dispositif modélisé par un dipôle RC. Effectuer des mesures avec précision. Utiliser l'outil informatique de manière adaptée.	A B C D
<b>Valider</b> : Comparer des valeurs expérimentales à un modèle.	A B C D

**Contexte** On cherche à étudier la réponse d'un dispositif modélisé par un dipôle RC. On déterminera le temps caractéristique d'un dipôle RC à l'aide d'un microcontrôleur, d'une carte d'acquisition ou d'un oscilloscope.

## I. Evolution de la tension aux bornes d'un condensateur lors de sa charge et détermination du temps caractéristique

### Matériels :

- Conducteur ohmique de résistance  $R = 10\,000\ \Omega$
- Condensateur polarisé de capacité  $C = 2\,200\ \mu\text{F}$
- Générateur de tension idéal réglé sur  $E = 5\ \text{V}$
- Interrupteur double
- Multimètres.

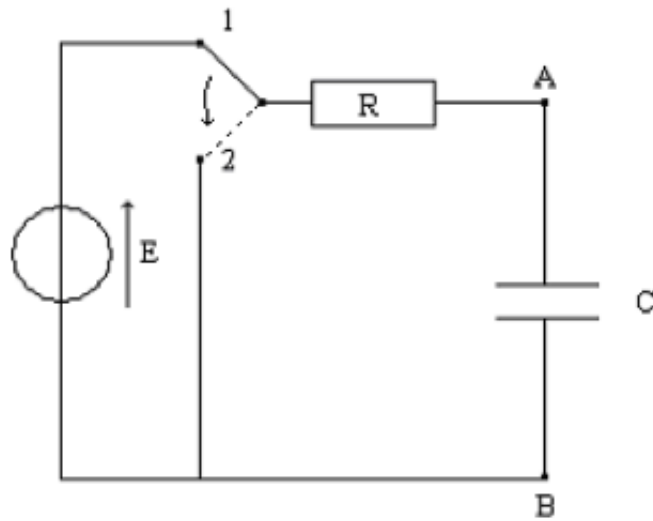
### Sécurité :

Attention : les condensateurs utilisés sont des condensateurs électrochimiques polarisés. Veuillez à orienter correctement le condensateur sous peine d'explosion violente de celui-ci !

1. Mettre en œuvre le montage permettant, avec le matériel disponible, de mesurer la tension  $u_c(t)$  aux bornes du condensateur.

### Indiquant :

- le sens du courant électrique lors de la charge du condensateur.
2. — le branchement de voltmètres pour mesurer la tension  $u_c$  aux bornes du condensateur et la tension  $E$  aux bornes du générateur de tension idéal. On précisera où se situe la branche COM et on fera attention au calibre choisi.



3. Effectuer les mesures suivantes :

$t$ (s)								
$u_c$ (V)								


4. Tracer le graphe  $u_c = f(t)$  sur le tableur Regressi.

5. Appliquer un modèle. Déterminer la valeur de la tension limite.

.....  
 .....

6. Que vaut la constante de temps  $\tau$  ?

.....  
 .....

7. Déterminer la valeur de la tension correspondant à la valeur de la constante de temps  $\tau$ . A quel pourcentage de la valeur maximale de la tension, correspond-t-elle ?

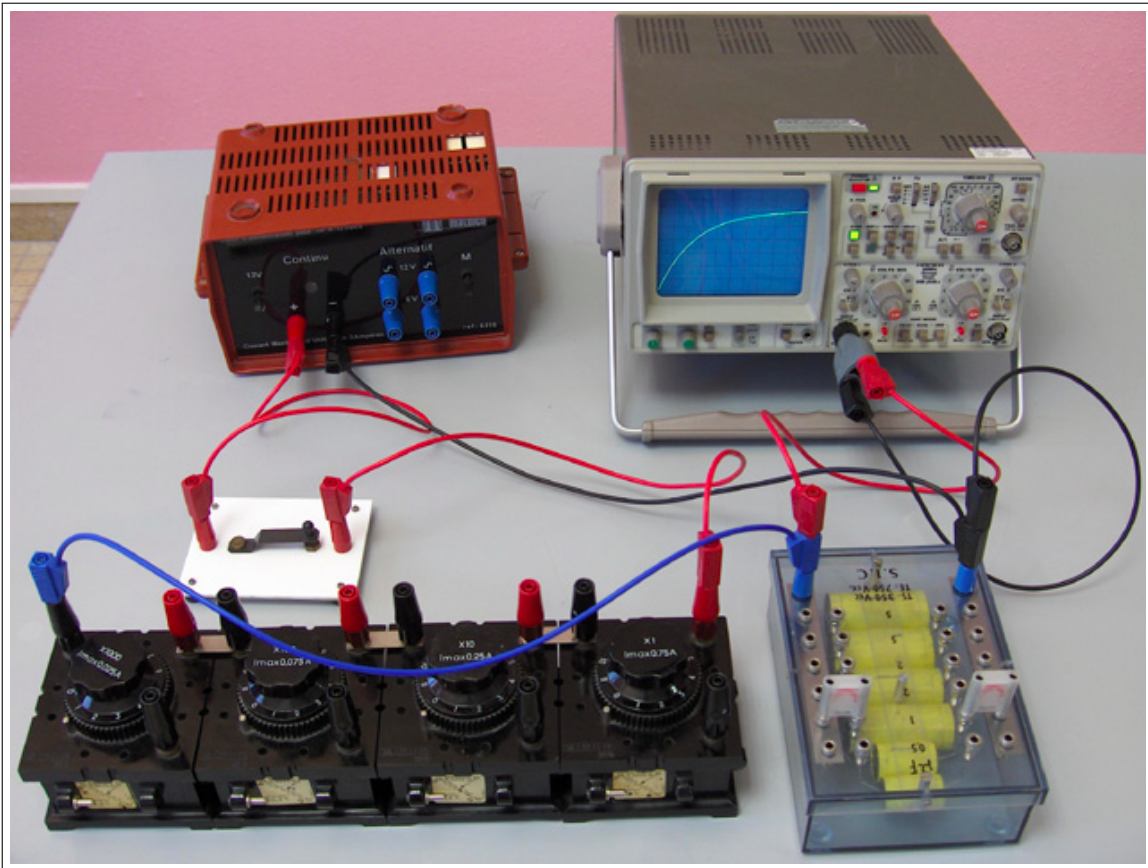
.....  
 .....

## II. Etude du circuit RC à l'aide d'un oscilloscope

A partir du matériel mis à votre disposition, réaliser un montage expérimental permettant de visualiser la charge et la décharge d'un condensateur en tenant compte des conditions de temps imposées par le G.B.F.

### Matériels :

- Générateur basse fréquence G.B.F. réglé sur une fréquence  $f = 100 \text{ Hz}$  et de tension  $u = 3,0 \text{ V}$  en tension rectangulaire.
- Oscilloscope numérique
- Condensateurs non polarisés de valeurs :  $10 \mu\text{F}$ ,  $1 \mu\text{F}$ ,  $0,1 \mu\text{F}$ ,  $0,01 \mu\text{F}$
- Résistances (conducteur ohmiques) de valeurs :  $100 \Omega$ ,  $1\ 000 \Omega$ ,  $10 \text{ k}\Omega$ ,  $100 \text{ k}\Omega$



Interpréter les courbes obtenues sur l'oscilloscope.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

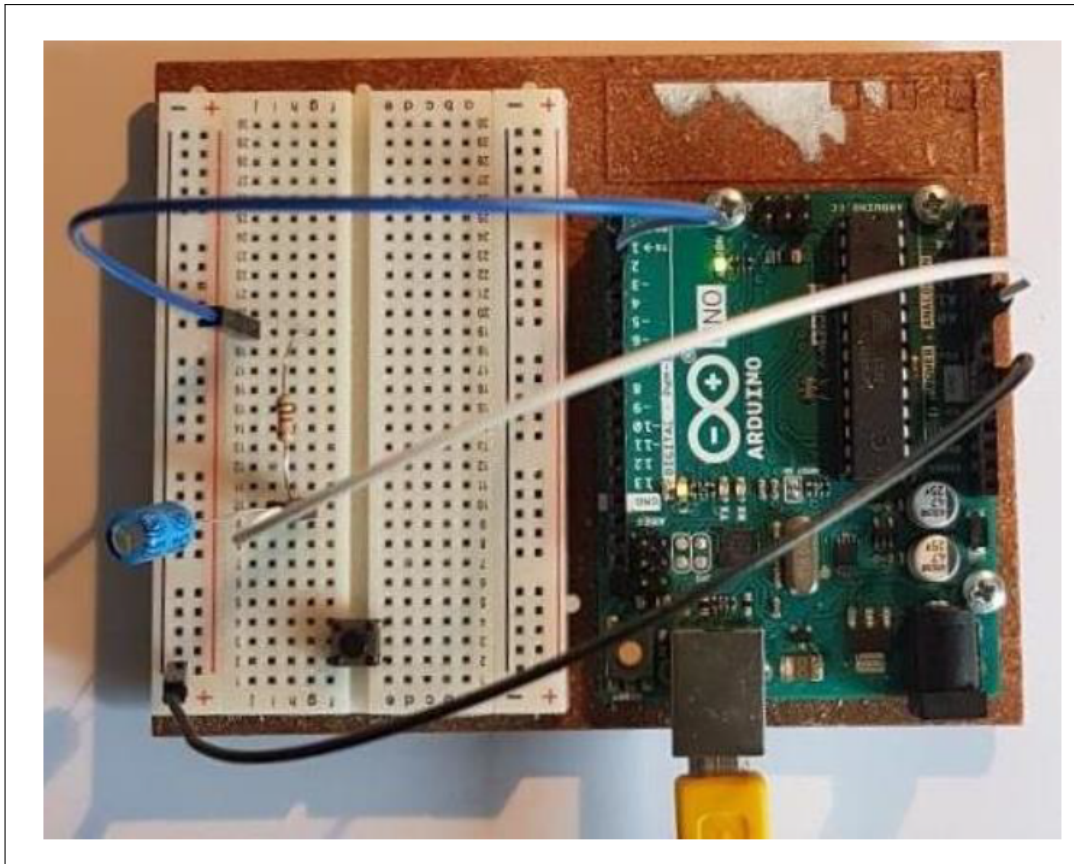
## III. Etude de la charge et de la décharge d'un circuit RC à l'aide d'un microcontrôleur Arduino

### III.1. Le montage

Réaliser le montage suivant :

$R = 10\text{ k}\Omega$  (code couleur Marron, Noir, Noir, Orange))

$C = 100\text{ }\mu\text{F}$  (Attention à bien orienter le condensateur dans le sens du courant)



### III.2. Programme Arduino

Ouvrir le 2e programme nommé « **charge\_decharge\_Carduino\_pour\_tableur** ».

Pour faire autre acquisition, il suffit de relancer le programme en appuyant sur le bouton reset de la carte. Ce programme affiche les couples (temps ; tension aux bornes du condensateur) toutes les 10 ms dans le moniteur série.

Un copier coller permet de les récupérer dans un fichier csv.

### III.3. Prise en main du programme

Les lignes 1 à 9 définissent les variables qui seront utilisées par le programme.

La ligne 11 prépare l'écriture des résultats dans le moniteur série.

Les lignes 13 à 15 organisent la décharge du condensateur.



1. Que se passe-t-il lors de l'exécution de la ligne 18 ?

.....  
.....  
.....  
.....

2. Quelle est la différence entre la variable Temps et la variable Duree ?

.....  
.....  
.....  
.....

3. Quel est le rôle de la ligne 23 ?

.....  
.....  
.....  
.....

4. À quoi peut-on voir que la charge du condensateur va durer 1s ?

.....  
.....  
.....  
.....

5. Quelle ligne déclenche la décharge du condensateur ?

.....  
.....  
.....  
.....

### III.4. Modélisation

Une série de mesures est prise au lancement du programme. On peut recommencer, en effaçant le moniteur série et en appuyant sur le bouton "reset" sur la carte. Ensuite, par copier-coller dans un tableur, on peut créer un fichier csv qui sera exploitable par un programme python.

Dans un premier temps, créer une variable  $t$  et faire calculer  $t = tms/1000$  qui permet de convertir la durée en seconde.

À l'aide de l'outil de modélisation de Regressi, modéliser la charge du condensateur. On peut utiliser un modèle utilisateur à partir de l'équation théorique :

$$U_C = 5(1 - e^{-t/\tau})$$

1. Quelle relation propose Regressi comme modèle ?

.....  
.....  
.....  
.....

2. Quelle valeur le logiciel propose-t-il pour le temps caractéristique ? En tenant compte de la précision donnée par le fabricant pour  $C$  et  $R$ , vérifier que cette valeur est cohérente.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

———— Fin ————