

Exercice 01 – Pollution ammoniacale.....(5 points)

L'azote ammoniacal est souvent le principal indicateur chimique de pollution directe d'une eau de rivière à la suite d'un rejet polluant. C'est en détectant la présence d'azote ammoniacal que l'on peut situer le long d'un cours d'eau les rejets d'eaux usées dus, entre autres, aux déjections humaines. Dans les eaux, la présence d'azote ammoniacal ne doit pas dépasser $0,10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

L'objectif de cet exercice est de déterminer si un échantillon d'eau de rivière est pollué par l'azote ammoniacal.

Données :

- Numéros atomiques : $Z(\text{N}) = 7$ et $Z(\text{H}) = 1$
- Masses molaires atomiques : $M(\text{N}) = 14,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ $M(\text{H}) = 1,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Couples acido-basiques :
 - ammonium / ammoniacque $\text{NH}_4^+(\text{aq}) / \text{NH}_3(\text{aq})$ $\text{pK}_{\text{A}1} = 9,22$
 - eau / ion hydroxyde $\text{H}_2\text{O} (\ell) / \text{HO}^-(\text{aq})$ $\text{pK}_{\text{A}2} = 14,0$
- Conductivités molaires ioniques λ^0 (en $\text{mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$)

$\text{NH}_4^+(\text{aq})$	$\text{Na}^+(\text{aq})$	$\text{HO}^-(\text{aq})$
7,35	5,01	19,8

Dans l'eau, en fonction du pH et de la température, l'azote ammoniacal se rencontre sous deux formes : l'ion ammonium $\text{NH}_4^+(\text{aq})$ et l'ammoniac aqueux $\text{NH}_3(\text{aq})$.

On étudie un échantillon d'eau prélevé à 20°C dans une rivière. Son pH est égal à 7,2.

Q1- Définir un acide selon Brønsted.

Q2- Établir le schéma de Lewis de l'ammoniac.

Q3- Représenter le diagramme de prédominance du couple ion ammonium / ammoniacque.

Q4- Identifier, en justifiant, l'espèce ammoniacale prédominante dans l'échantillon prélevé.

Dans la suite de l'exercice, seul l'ion ammonium sera pris en compte dans l'analyse de l'échantillon prélevé.

On réalise un titrage par suivi conductimétrique d'un volume $V = 200,0$ mL de l'échantillon prélevé.

Pour le titrage, on prépare 50,0 mL d'une solution titrante S de concentration en quantité de matière $c_1 = 3,50 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ en hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq})$, $\text{HO}^-(\text{aq})$) en diluant dix fois une solution mère S_0 disponible au laboratoire.

Q5- Choisir, en justifiant, la verrerie utilisée pour mettre en œuvre la dilution de la solution S_0 parmi la liste de matériel à disposition :

- un bécher
- un erlenmeyer de 50 mL
- une fiole jaugée de 50,0 mL
- des pipettes jaugées : 5,0 mL ; 10,0 mL ; 50,0 mL
- des éprouvettes graduées de 5 mL et 10 mL

Après chaque ajout de solution titrante S, on mesure la conductivité σ de la solution. La figure 1 ci-après donne l'évolution de la conductivité σ en fonction du volume V_1 de solution titrante S.

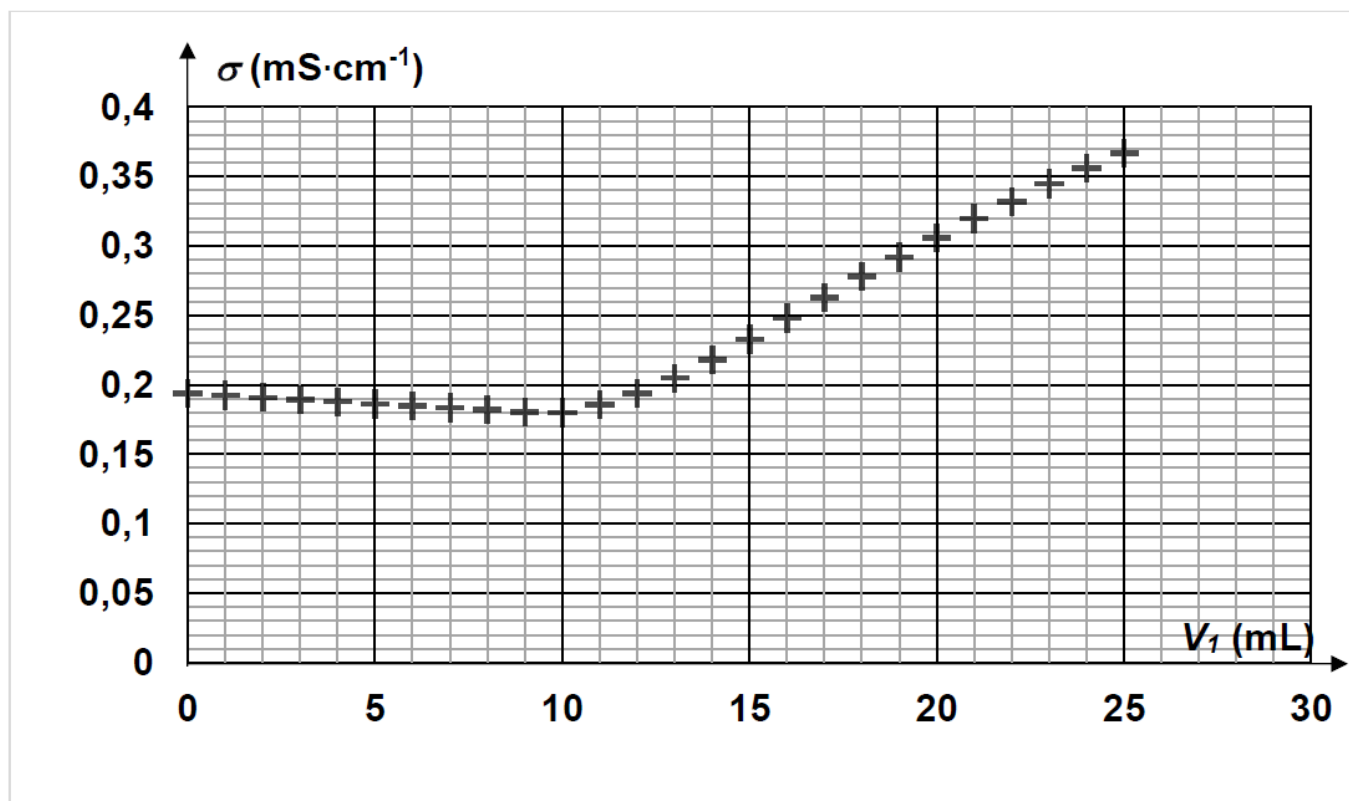
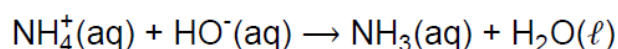


Figure 1 : Courbe expérimentale du titrage conductimétrique de l'échantillon d'eau

L'équation de la réaction support du titrage est la suivante :



Q6- Justifier sans calcul l'évolution de la courbe de la figure 1 avant et après l'équivalence.

Q7- Déterminer la valeur du volume V_{1E} d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence en explicitant la méthode utilisée.

Q8- Indiquer si l'échantillon d'eau de rivière est pollué par l'azote ammoniacal.

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

Exercice 02 – Arôme de poire.....(4 points)

Les esters sont des composés organiques à l'origine de l'arôme des fruits et de l'odeur de certains parfums. Ils sont facilement synthétisés au laboratoire.

L'objectif de cet exercice est d'étudier la synthèse de l'éthanoate de pentyle, molécule responsable de l'arôme de poire.

Données :

	Pentan-1-ol	Acide éthanoïque	Ethanoate de pentyle
Masse molaire ($\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$)	88,0	60,0	130,0
Densité (-)	0,814	1,05	0,880
Solubilité dans l'eau	Faible	Totale	Nulle

Bandes d'absorption infrarouge (IR) de quelques types de liaisons chimiques :

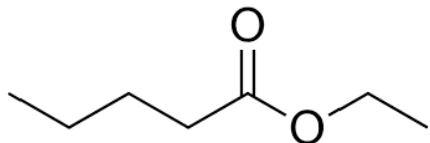
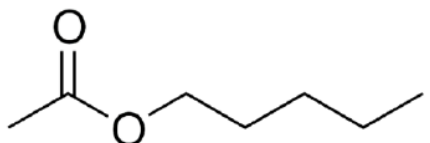
Liaison	Nombre d'onde (cm^{-1})	Intensité
O-H	3 100 – 3 500	Forte et large
O-H des acides carboxyliques	2 500 – 3 200	Forte à moyenne, large
C-H	2 900 – 3 100	Moyenne à forte
C=O des acides carboxyliques	1 740 – 1 800	Forte
C=O des esters	1 730 – 1 750	Forte

Partie 1 – L'éthanoate de pentyle

L'éthanoate de pentyle, de formule brute $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2$, est un ester qui possède plusieurs isomères de constitution.

Q1- Définir un isomère de constitution.

Parmi les deux isomères A et B ci-dessous se trouve la molécule d'éthanoate de pentyle.

A	B
	

- Q2-** Identifier, en justifiant, l'isomère dont la formule correspond à celle de l'éthanoate de pentyle.
- Q3-** Justifier que le spectre infrarouge présenté sur la figure 1 ci-après peut correspondre aux deux isomères A et B.

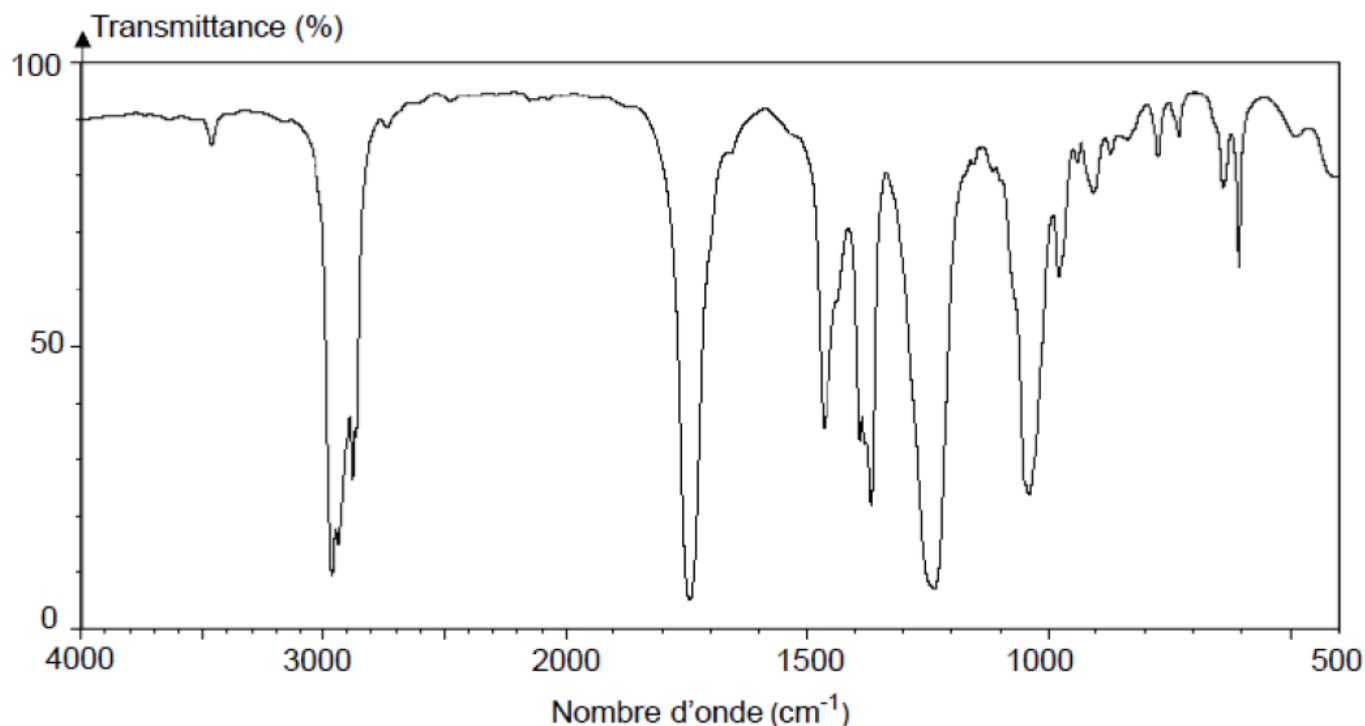


Figure 1 : Spectre infrarouge de l'un des deux isomères

Partie 2 – Synthèse organique

Document – Protocole expérimental

- Chauffer à reflux pendant 30 min un mélange contenant un volume $V_1 = 54,0$ mL de pentan-1-ol, une quantité de matière $n_2 = 0,50$ mol d'acide éthanoïque, quelques gouttes d'acide sulfurique concentré, catalyseur de la réaction, et quelques grains de pierre ponce.
- Prélever à intervalles réguliers un volume V du mélange réactionnel. Le verser dans un bécher placé dans un bain d'eau glacée.
- Doser le volume V par une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq})$, $\text{HO}^-(\text{aq})$) en présence d'un indicateur coloré.
- Déterminer la quantité de matière d'acide éthanoïque n_{acide} n'ayant pas réagi. En déduire la quantité de matière n_{ester} produite.
- Tracer l'évolution de la quantité de matière n_{ester} produite en fonction du temps. Le graphique obtenu est présent sur la figure 2 ci-après.

- Q4-** Citer deux avantages que présente un montage de chauffage à reflux.

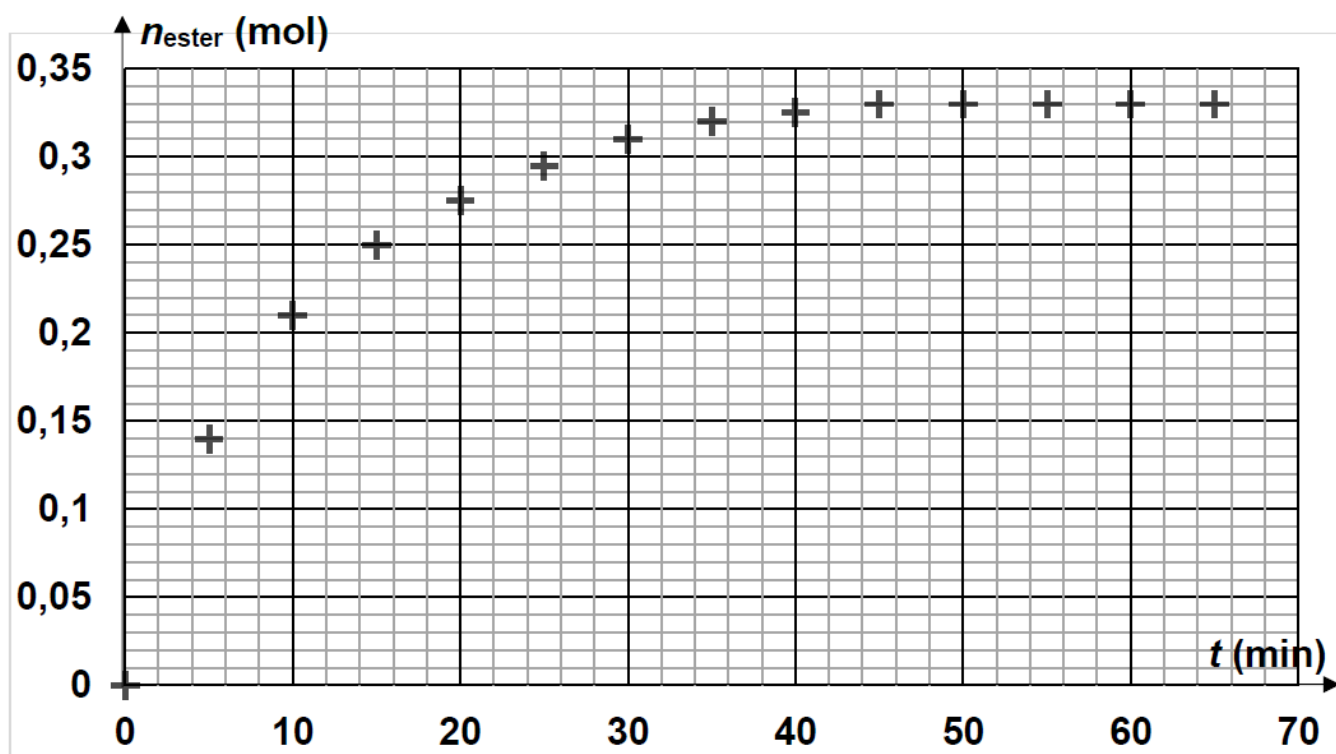
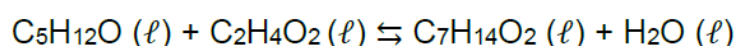


Figure 2 : Évolution de la quantité de matière d'ester formé au cours du temps

L'équation de la réaction modélisant la transformation chimique ayant lieu s'écrit :



La constante K de cet équilibre, qui dépend peu de la température, a pour valeur $K = 4$.

Q5- Exprimer puis calculer le quotient réactionnel initial $Q_{r,0}$.

Q6- En déduire le sens d'évolution spontanée de la transformation.

Q7- Déterminer la valeur de l'avancement maximal $x_{\max}$ de la réaction.

Q8- Calculer la valeur du rendement r de la réaction en utilisant le graphique de la figure 2.

Q9- Choisir, en justifiant, une (des) proposition(s) pour améliorer le rendement de la réaction parmi les propositions suivantes :

- a) Augmenter la température du mélange réactionnel.
- b) Éliminer l'eau au fur et à mesure de sa formation.
- c) Augmenter la quantité de matière d'acide éthanóique.
- d) Augmenter la quantité d'acide sulfurique.

Exercice 03 – Effet Doppler et aviation.....(5 points)

Afin de contrôler le flux aérien, des radars sont disposés à proximité des aéroports et aérodromes. Un radar comporte un émetteur et un récepteur d'onde qui lui permettent de localiser et de connaître la vitesse des avions (**doc. 1**).

Le radar balaye l'espace en émettant un signal constitué des salves de durée $\Delta t = 1 \mu\text{s}$, de fréquence $f_{\text{émise}} = 3 \text{ GHz}$ avec une période $T = 100 \mu\text{s}$.

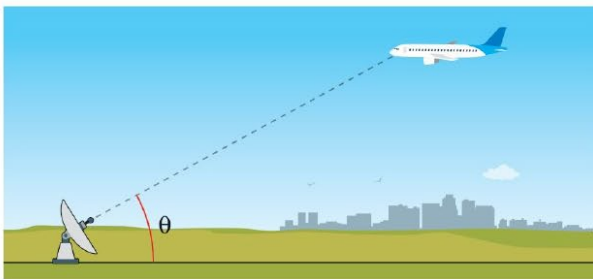
La célérité de l'onde électromagnétique $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

D'une part l'onde émise par le radar se réfléchit sur la carlingue de l'avion et lui revient avec un retard τ qui permet de calculer la distance radar/avion et d'autre part la fréquence de la salve réfléchie permet de déterminer la vitesse de l'avion en exploitant l'effet doppler.



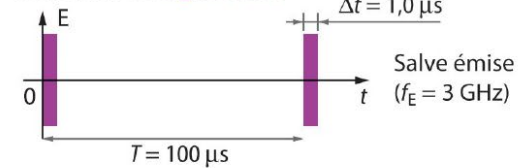
Une simulation des signaux émis (E) et reçus (R) par le radar lorsqu'il vise un avion en approche **doc. 1** est présentée sur le **doc. 2**.

1 Schéma de la situation

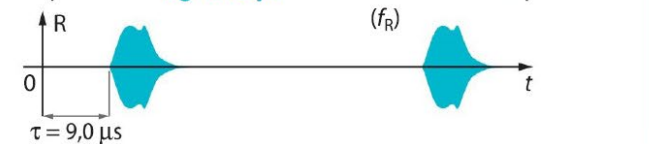


2 Signal émis (E) et signal reçu (R) par le radar

Amplitude du **signal émis**



Amplitude du **signal reçu**



3 Règlementation fixant l'altitude minimale en fonction du type de lieu survolé (d'après storage.iviao.fr) (1 ft $\approx$ 0,30 m)

Aéronef survolant	Altitude minimale
Campagne, maison isolée, obstacle	500 ft du point le plus haut
Parc ou réserve naturelle, installation portant une marque spécifique (sur la carte IGN 500 000)	1 000 ft
Agglomération dont le diamètre est inférieur à 1 200 m	1 600 ft
Agglomération dont le diamètre est supérieur à 1 200 m et inférieur à 3 600 m	3 300 ft
Agglomération dont le diamètre est supérieur à 3 600 m	5 000 ft

I. Localisation de l'avion

1. Dans le cas d'un avion situé plus loin, on obtiendrait une nouvelle valeur τ' de retard. Comparer τ et τ' .
2. Calculer à quelle distance du radar se trouve l'avion à partir des données du **doc. 2**.
3. Calculer et justifier la valeur de la distance maximale à laquelle peut se trouver un avion afin de pouvoir être localisé par le radar.
4. Un avion repéré par le radar à une distance de 800 m avec un angle $\theta = 40^\circ$ par rapport au sol survole une agglomération dont le diamètre est inférieur à 1 200 m. Déterminer si le pilote respecte la réglementation en vigueur (**doc. 3**).

II. Vitesse de l'avion

L'onde électromagnétique émise par le radar pendant une salve a une fréquence $f_{\text{émise}}$. La fréquence $f_{\text{reçu}}$ du signal réfléchi vers l'émetteur du radar dépend de la vitesse de l'avion.

Lorsque l'angle entre la direction dans laquelle le radar émet l'onde et l'horizontale vaut θ (**doc. 1**), le décalage en fréquence Δf s'exprime par la relation suivante :

$$\Delta f = f_{\text{reçu}} - f_{\text{émise}} = \frac{2v \times \cos \theta}{c} \times f_{\text{émise}}$$

avec v vitesse de l'avion par rapport au sol et c la célérité de l'onde électromagnétique.

Pour $\theta = 40^\circ$, le radar mesure un décalage Doppler $\Delta f = +770 \text{ Hz}$.

► En déduire la vitesse v de l'avion en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ et en $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$.

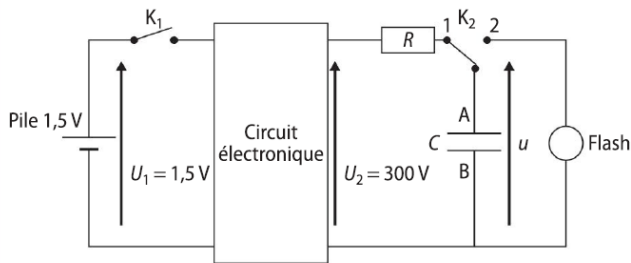
Exercice 04 – Condensateur d'un flash.....(6 points)

On se propose d'étudier le fonctionnement d'un flash d'appareil photographique. Pour obtenir un éclair de puissance lumineuse suffisante, on utilise un tube flash qui nécessite une forte tension (au moins 250 V) pour émettre un éclair très bref. Pour stocker l'énergie nécessaire au fonctionnement du tube flash, on utilise un condensateur de capacité C . Ce condensateur est chargé à l'aide d'un circuit électronique alimenté par une pile. On schématise le fonctionnement de ce dispositif sur le schéma ci-dessous :



- L'alimentation est assurée par une pile de tension continue $U_1 = 1,50 \text{ V}$.
- Un circuit électronique permettant d'élever la tension U_1 à une tension continue $U_2 = 300 \text{ V}$.
- Un conducteur ohmique de résistance $R = 1,00 \text{ k}\Omega$ permettant la charge du condensateur de capacité $C = 150 \mu\text{F}$ en plaçant l'interrupteur K_2 en position 1 et en fermant l'interrupteur K_1 .
- Le tube flash qui est déclenché (une fois le condensateur chargé) en basculant l'interrupteur K_2 en position 2.

1 Schéma électrique de l'alimentation du flash



I. Charge du condensateur

On charge le condensateur en fermant l'interrupteur K_1 .

1. On donne l'expression de la constante de temps $\tau = RC$. Vérifier que t s'exprime en seconde.
2. Calculer numériquement τ .
3. Calculer la charge électrique q_A créée sur l'armature A du condensateur en fin de charge.

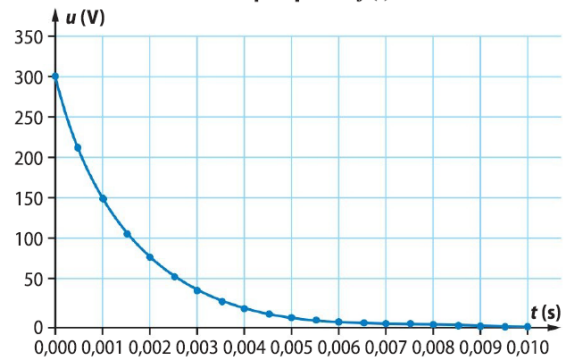
II. Décharge

En plaçant l'interrupteur inverseur K_2 sur la position 2 on provoque le flash grâce à l'énergie stockée dans le condensateur.

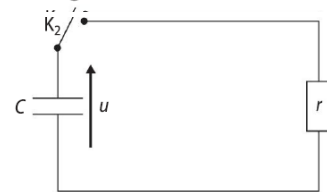
On enregistre la tension u aux bornes du condensateur (doc. 2).

2 Évolution de la tension u au cours de la décharge

Graphique $u = f(t)$



3 Circuit de décharge du condensateur



1. Comparaison entre temps de charge et temps de décharge.

- a. Déterminer graphiquement la constante de temps τ' correspondant à la décharge en précisant la méthode employée.
- b. Comparer les constantes de charge τ calculée en 1. 2 et de décharge τ' . Justifier sans calcul que le tube flash va recevoir plus de puissance lors de la décharge du condensateur.

2. On assimilera, après son amorçage, le tube flash à un conducteur ohmique de résistance r . À partir du schéma électrique (doc. 3) montrer que l'équation différentielle de la décharge du condensateur à travers un conducteur ohmique de résistance r est de la forme :

$$\frac{du(t)}{dt} + \frac{1}{r \times C} u(t) = 0.$$

3. Vérifier que la solution est de la forme $u(t) = U_0 e^{-\frac{t}{\tau'}}$.

4. Expliquer ce que représente la tension U_0 pour le fonctionnement du tube flash.

5. Déterminer U_0 . Cette valeur est-elle en accord avec la production de l'éclair ? Expliquer.