

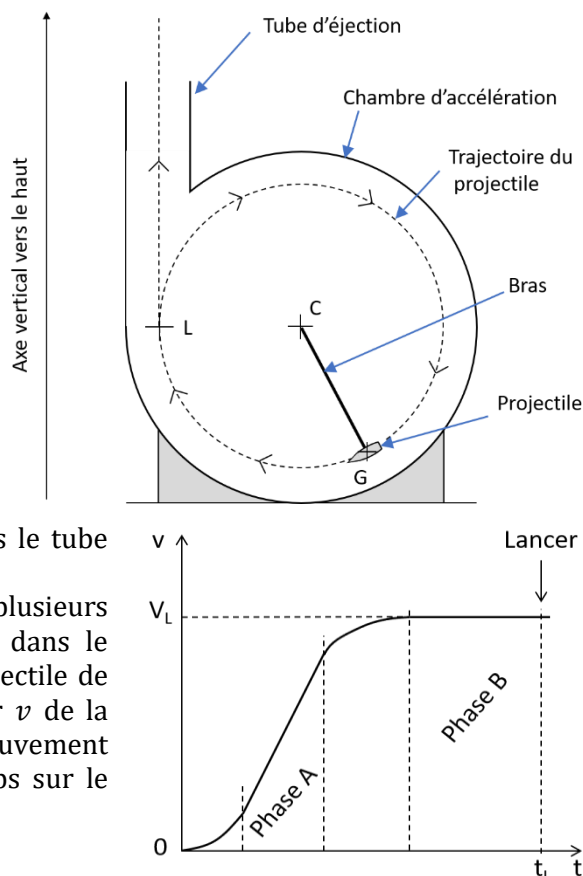
## Physique-Chimie - EXERCICE I (12 points)

Dans le cas de l'envoi de petits satellites dans l'espace, l'utilisation d'une catapulte comme celle représentée sur le schéma ci-contre est à l'étude car elle pourrait permettre d'économiser de l'énergie par rapport à une fusée classique.

Dans un tel dispositif, le projectile à lancer (satellite contenu dans une coque aérodynamique) est d'abord mis en mouvement dans une chambre d'accélération. Pour cela, il est fixé à l'extrémité d'un bras rigide de longueur  $R = 40$  m. Le bras est lui-même mis en mouvement autour du point C dans un plan vertical grâce à un moteur électrique.

Le lancer proprement dit peut ensuite s'effectuer lorsque le projectile a atteint sa vitesse de lancement : au point L de la trajectoire, à un instant noté  $t_L$ , le projectile est libéré du bras : il est ainsi éjecté verticalement dans le tube d'éjection.

Cet « élan » lui permet d'atteindre une altitude de plusieurs dizaines de kilomètres. On s'intéresse au mouvement dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen d'un projectile de masse  $M = 50$  kg assimilé à un point noté G. La valeur  $v$  de la vitesse du point G dans ce référentiel au cours de son mouvement jusqu'à l'instant  $t_L$  est représentée en fonction du temps sur le graphique ci-contre.



I-1- Comment qualifier le mouvement du point G au cours de la phase A ?

I-2- Même question pour le mouvement de G au cours de la phase B.

On étudie le mouvement de G dans le repère de Frenet ( $G, \vec{t}, \vec{n}$ ) (schéma ci-contre) au cours de la phase B. La vitesse du projectile vaut  $V_L = 2000$  m/s. Son poids ainsi que les frottements de l'air sont négligés.

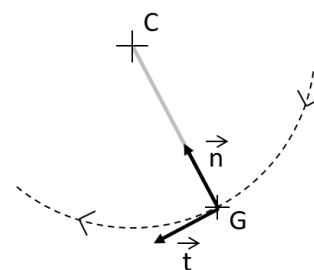
I-3- Exprimer puis calculer les coordonnées  $a_t$  et  $a_n$  du vecteur accélération  $\vec{a} = a_t \vec{t} + a_n \vec{n}$  du point G.

I-4- Ecrire le principe fondamental de la dynamique appliqué au projectile. On notera  $\vec{F}$  la résultante des forces extérieures subies par le projectile.

I-5- En déduire les expressions des coordonnées  $F_t$  et  $F_n$  de la résultante  $\vec{F} = F_t \vec{t} + F_n \vec{n}$ , puis calculer leurs valeurs.

I-6- Identifier le ou les systèmes à l'origine des forces dont la résultante est  $\vec{F}$  ?

I-7- Une force  $\vec{F}$  d'intensité trop élevée engendrerait une détérioration du dispositif de lancement ; c'est d'ailleurs le principal problème de ce type de lanceur. Pour diminuer l'intensité de cette force sans modifier la valeur de la vitesse de lancement, quel(s) paramètre(s) faudrait-il modifier ? On précisera pour chaque paramètre nommé s'il faut augmenter ou diminuer sa valeur pour diminuer l'intensité de  $\vec{F}$ .



## Physique-Chimie - EXERCICE II (14 points)

L'industrie utilise de nombreuses réactions impliquant des espèces nucléophiles pour la fabrication de réactifs chimiques de base ou lors de synthèses organiques, mises en œuvre par exemple dans l'élaboration de médicaments.

La réaction d'hydrolyse du bromure de tertiobutyle :  $\text{H}_3\text{C}-\text{CBr}(\text{CH}_3)-\text{CH}_3$ , que l'on notera tBuBr en est un exemple ; son équation-bilan est la suivante :

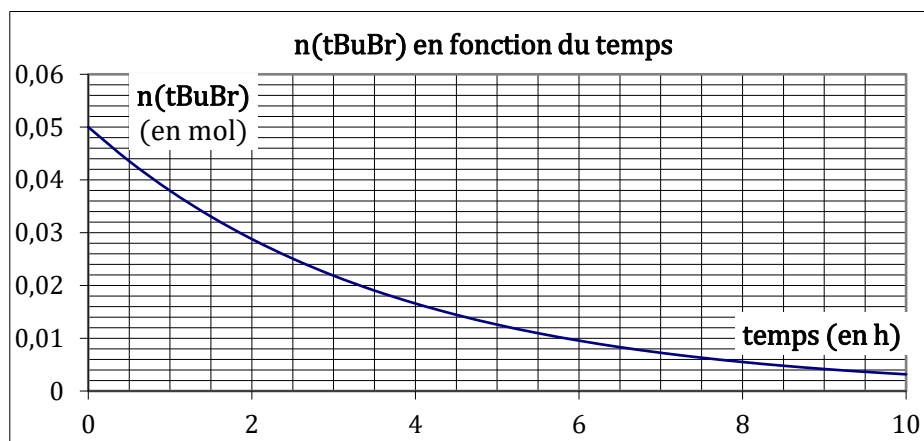


La réaction est menée dans un solvant mixte avec un excès d'eau sur une quantité de dérivé bromé  $n_0$  (tBuBr) = 0,050 mol dans un réacteur contenant 500 mL de solution.

**II-1-** Donner la formule topologique du produit principal de la réaction : tBuOH et choisir son nom parmi la liste proposée du document réponse.

**II-2-** A quelle famille de réactions cette réaction appartient-elle ?

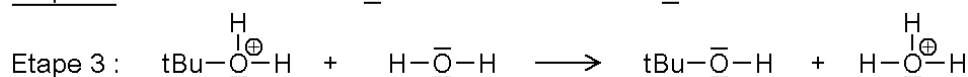
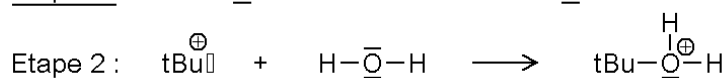
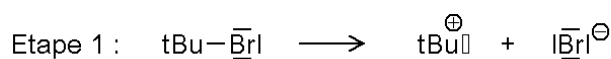
L'évolution du système est suivie par conductimétrie, ce qui permet d'établir et de suivre la variation de la quantité de bromure de tertiobutyle  $n(\text{tBuBr})$  en fonction du temps.



**II-3-** Choisir parmi les courbes représentant l'évolution de  $\sigma$  en fonction du temps celle dont l'allure correspond au suivi conductimétrique de la réaction.

**II-4-** On note  $t_{1/2}$  le temps de demi-réaction. En considérant que la réaction est totale, compléter le tableau d'avancement du document réponse.

L'étude expérimentale montre que la réaction suit une loi de vitesse d'ordre 1 et correspond à un mécanisme en trois actes élémentaires qui sont :



**II-5-** Citer parmi les espèces impliquées dans le mécanisme celles constituant un intermédiaire réactionnel.

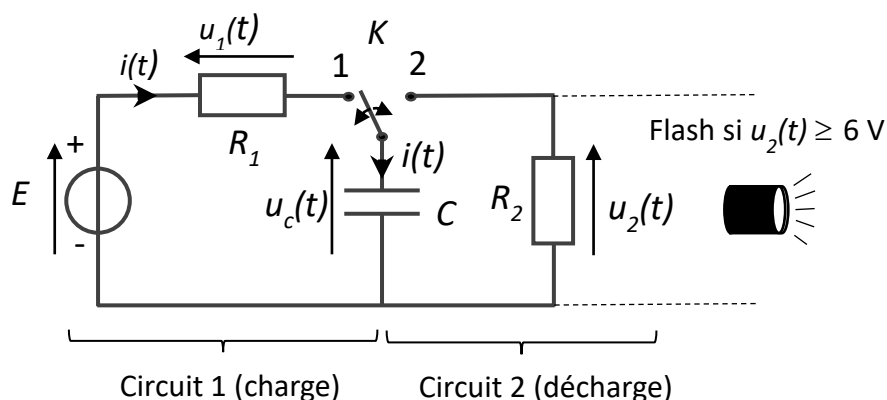
**II-6-** Compléter le mécanisme réactionnel en représentant pour chaque étape la ou les flèche(s) courbe(s) décrivant les mouvements de doublets électroniques.

**II-7-** Sachant qu'il s'agit d'une réaction du premier ordre, on peut établir la relation suivante entre la constante de vitesse et le temps de demi-réaction :  $t_{1/2} = \ln 2 / k$ . Choisir la constante de vitesse  $k$  correcte parmi les propositions du document réponses. *NB : On rappelle que  $\ln 2 \approx 0,693$*

**II-8-** Exprimer la loi de vitesse de la réaction.

### Physique-Chimie - EXERCICE III (14 points)

Un stroboscope est une lampe qui émet à intervalles réguliers des flashes lumineux de courte durée. Son principe de fonctionnement repose sur la répétition du cycle de charge et décharge d'un condensateur selon le circuit électrique présenté sur la figure ci-dessous.



Le circuit 1 de charge (K en position 1) est constitué d'une source idéale de tension continue  $E = 10\text{ V}$  montée en série avec un dipôle ohmique de résistance  $R_1 = 60\ \Omega$  et un condensateur plan de capacité  $C = 5,0 \times 10^{-4}\text{ F}$ . Le circuit de décharge (K en position 2) est constitué du condensateur en série avec la lampe flash que l'on assimile à un dipôle ohmique de résistance  $R_2$ . Dans ces conditions, on souhaite déterminer les principales caractéristiques du stroboscope à savoir, la fréquence  $f$  d'apparition des flashes lumineux successifs et la durée  $\Delta t$  d'illumination de la lampe pendant un flash lumineux.

### Partie préalable : Modèle électrique de la résistance et du condensateur

**I.1** Donner l'expression littérale reliant la tension  $u_1(t)$  aux bornes de  $R_1$  et le courant  $i(t)$  la traversant.

**I.2** Choisir sur le document réponses l'expression littérale reliant la tension  $u_c(t)$  aux bornes de C et le courant  $i(t)$  le traversant. On pourra s'appuyer sur l'unité de la capacité C du condensateur, le farad ( $1\text{ F} = 1\text{ A}\cdot\text{s}\cdot\text{V}^{-1}$ )

**Partie 1 : Phase de charge du condensateur.** Le condensateur étant initialement déchargé, le commutateur bascule en position 1 à l'instant  $t = 0$ .

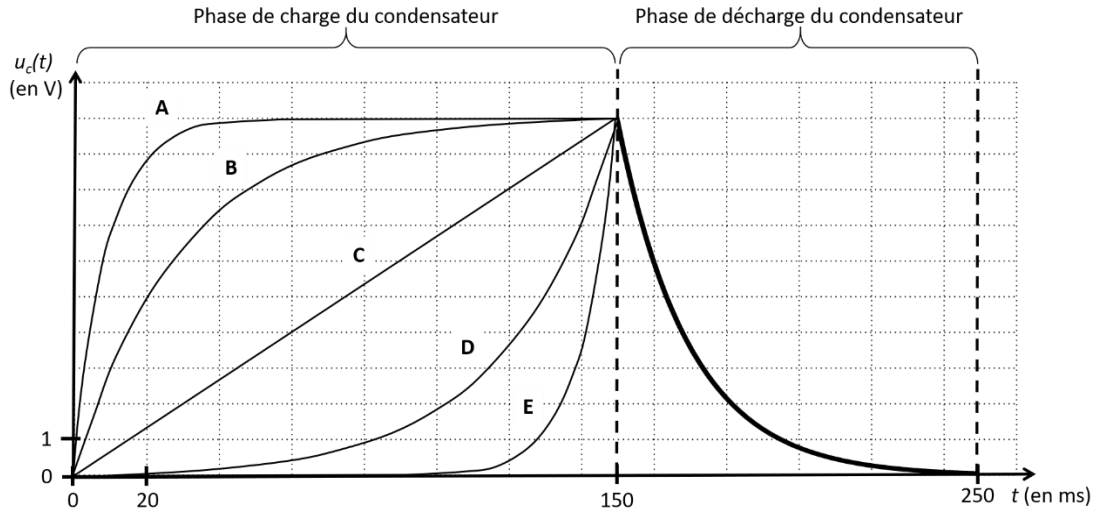
**I.3** L'équation différentielle vérifiée par la tension  $u_c(t)$  lors de la charge du condensateur peut s'écrire sous la forme  $\frac{du_c(t)}{dt} + a \cdot u_c(t) = b$ . Donner les expressions littérales de  $a$  et  $b$  en fonction des grandeurs électriques qui vous semblent pertinentes.

**I.4** A l'aide de la condition initiale, choisir sur le document réponse l'expression littérale de  $u_c(t)$ , solution de cette équation différentielle.

**I.5** Donner l'expression littérale du temps caractéristique  $\tau_1$  du circuit de charge du condensateur en fonction de C et  $R_1$  puis calculer sa valeur numérique (en ms).

**I.6** En déduire l'expression littérale et la valeur numérique du temps  $t_{fin}$  (en ms) à partir duquel on peut considérer que le condensateur est totalement chargé.

**I.7** Parmi les courbes présentées sur le chronogramme ci-dessous, choisir celle dont l'évolution correspond aux variations de la tension  $u_c(t)$  aux bornes du condensateur lors de sa charge complète. Cocher la bonne réponse.



**Partie 2 : Phase de décharge du condensateur.** K bascule en position 2 à l'instant  $t = 150\text{ ms}$ . L'évolution de la tension  $u_c(t)$  aux bornes du condensateur lors de sa décharge est donnée sur le chronogramme du document réponse.

**I.8** En utilisant la méthode de votre choix, déterminer la valeur du temps caractéristique  $\tau_2$  lors de la décharge du condensateur (en ms).

**I.9** Donner l'expression littérale de la résistance  $R_2$  et calculer sa valeur numérique.

**I.10** En sachant que la lampe flash se déclenche dès que la tension aux bornes de  $R_2$  dépasse 6 V, et qu'elle reste allumée tant que cette tension reste supérieure à 6 V, déterminer la durée  $\Delta t$  d'illumination de la lampe pendant un flash (en ms).