Bac Général Physique-Chimie + SVT (Physique-chimie et Sciences de la vie et de la Terre)

SUJET D'EXAMEN (SESSION OFFICIELLE)

Physique-chimie - Session 2022

Sujet de l'examen national tel que publié pour la session indiquée. Source : sujets nationaux publiés par le ministère chargé de l'examen et les services académiques. Document mis à disposition par FormaV pour la révision.

Toutes les annales et leurs corrigés : https://bac-physique-svt.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2022

PHYSIQUE-CHIMIE

JOUR 2

Durée de l'épreuve : **3 heures 30**

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire « type collège » est autorisé.

Dès que le sujet est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 15 pages numérotées de 1/15 à 15/15 avec 4 exercices indépendants.

Les « ANNEXES 1 et 2 À RENDRE AVEC LA COPIE » (p14/15 et 15/15) sont à rendre <u>impérativement</u> avec la copie, même non complétées.

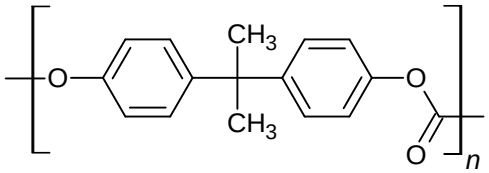
Le candidat traite 3 exercices : l'exercice 1 est obligatoire ; 2 exercices sont à choisir parmi les 3 autres proposés.

Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des explications entreront dans l'appréciation des copies.

EXERCICE 1 - Commun à tous les candidats (10 points)

Synthèse du polycarbonate de bisphénol A

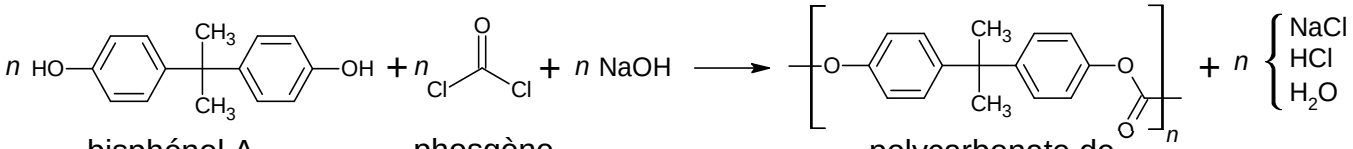
Le principal polycarbonate commercial est le polycarbonate de bisphénol A. Il s'agit d'un polymère de formule indiquée ci-après :



Cette matière est transparente, résistante aux chocs et utilisable dans une large gamme de températures, ce qui en fait un matériau de choix dans la fabrication de nombreux objets : verres de vue, fenêtres, CD et DVD, vitres de phares automobiles, etc.

La méthode la plus utilisée pour la fabrication de ce polycarbonate est une réaction de polymérisation du bisphénol A avec du phosgène $COCl_2$ en présence de soude dans un solvant organique chloré comme le dichlorométhane CH_2Cl_2.

L'équation de la réaction modélisant la polymérisation est la suivante :



bisphénol A — phosgène — polycarbonate de bisphénol A

Cet exercice comporte deux parties, qui peuvent être traitées indépendamment l'une de l'autre.

Données :

- Le phosgène $COCl_2$ est un composé ininflammable et inexplosible mais dangereux. Il a été utilisé comme gaz de combat lors de la première guerre mondiale.

  Source : INRS, institut national de recherche et de sécurité.

- Masses molaires atomiques :

  $M_H = 1{,}0\ g \cdot mol^{-1}$

  $M_C = 12{,}0\ g \cdot mol^{-1}$

  $M_O = 16{,}0\ g \cdot mol^{-1}$

  $M_N = 14{,}0\ g \cdot mol^{-1}$

  $M_{Na} = 23{,}0\ g \cdot mol^{-1}$

  $M_{Cl} = 35{,}5\ g \cdot mol^{-1}$

- Masse molaire du bisphénol A : $223\ g \cdot mol^{-1}$
- Masse molaire du phosgène : $99{,}0\ g \cdot mol^{-1}$
- Masse molaire du motif du polycarbonate de bisphénol A : $254\ g.mol^{-1}$

- Table de données de spectroscopie infrarouge :

Liaison	Nombre d'onde (cm^{-1})	Intensité, largeur
O–H alcool libre	3500–3700	forte, fine
O–H alcool lié	3200–3400	forte, large
O–H acide carboxylique	2500–3200	forte à moyenne, large
N–H amine ou amide	3100–3500	Moyenne (amine) ou forte (amide)
N–H amine ou amide	1560–1640	forte ou moyenne
C–H	2800–3300	Moyenne, fine
C=O amide	1650–1740	forte
C=O aldéhyde et cétone	1650–1730	forte
C=O acide	1680–1710	forte

Partie A : Étude des réactifs

A.1. Identifier les groupes caractéristiques présents dans le bisphénol A et le phosgène.

A.2. Le phosgène est produit industriellement par introduction de dichlore Cl_2 et de monoxyde de carbone CO gazeux dans un réacteur à 250 °C. La transformation se produisant dans le réacteur est modélisée par la réaction d'équation suivante :

$$CO_{(g)} + Cl_{2\,(g)} \rightarrow COCl_{2\,(g)}$$

On réalise deux expériences au cours desquelles on mesure la quantité de matière de phosgène formé au cours du temps dans une enceinte de volume constant V = 30 L, à température constante T de 250 °C. Les graphiques correspondants sont donnés sur **l'ANNEXE 1 À RENDRE AVEC LA COPIE (p14/15).**

A.2.1. Déterminer la valeur de l'avancement final dans l'expérience 1.

A.2.2. Justifier que la synthèse du phosgène est une transformation totale, puis en déduire l'avancement final de la réaction lors de l'expérience 2.

A.2.3. Donner la définition du temps de demi-réaction d'une transformation chimique.

A.2.4. Déterminer graphiquement sur le document de **l'ANNEXE 1 À RENDRE AVEC LA COPIE (p14/15)** la valeur du temps de demi-réaction pour l'expérience 2.

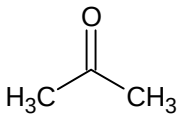
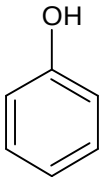
A.2.5. Comparer qualitativement le temps de demi-réaction de l'expérience 1 à celui de l'expérience 2 et justifier leur écart.

La définition de la concentration en quantité de matière dans un mélange de gaz est la même que dans une solution aqueuse : $C(COCl_2) = \frac{n(COCl_2)}{V_{\text{mélange}}}$.

A.2.6. Calculer les vitesses volumiques de formation du phosgène à la date t = 20 minutes dans chaque expérience. Commenter ces valeurs.

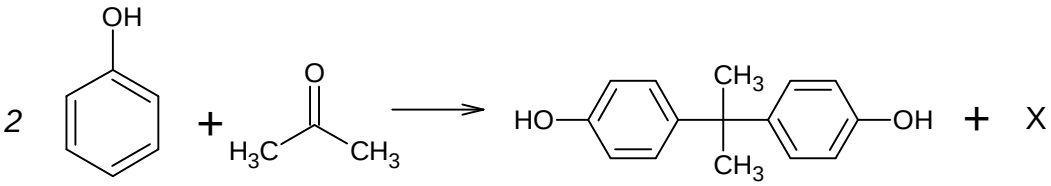
A.2.7. Un mélange réactionnel de 1,0 mol de CO et 1,0 mol de Cl_2 est introduit dans un réacteur à une température égale à 200 °C. Proposer, justification à l'appui, une allure pour la courbe donnant l'évolution de la quantité de matière de phosgène en fonction de la durée t sur le document de **l'ANNEXE 1 À RENDRE AVEC LA COPIE (p14/15).**

A.3. Le bisphénol A est synthétisé à partir d'acétone et de phénol.

Formule de l'acétone	Formule du phénol
	

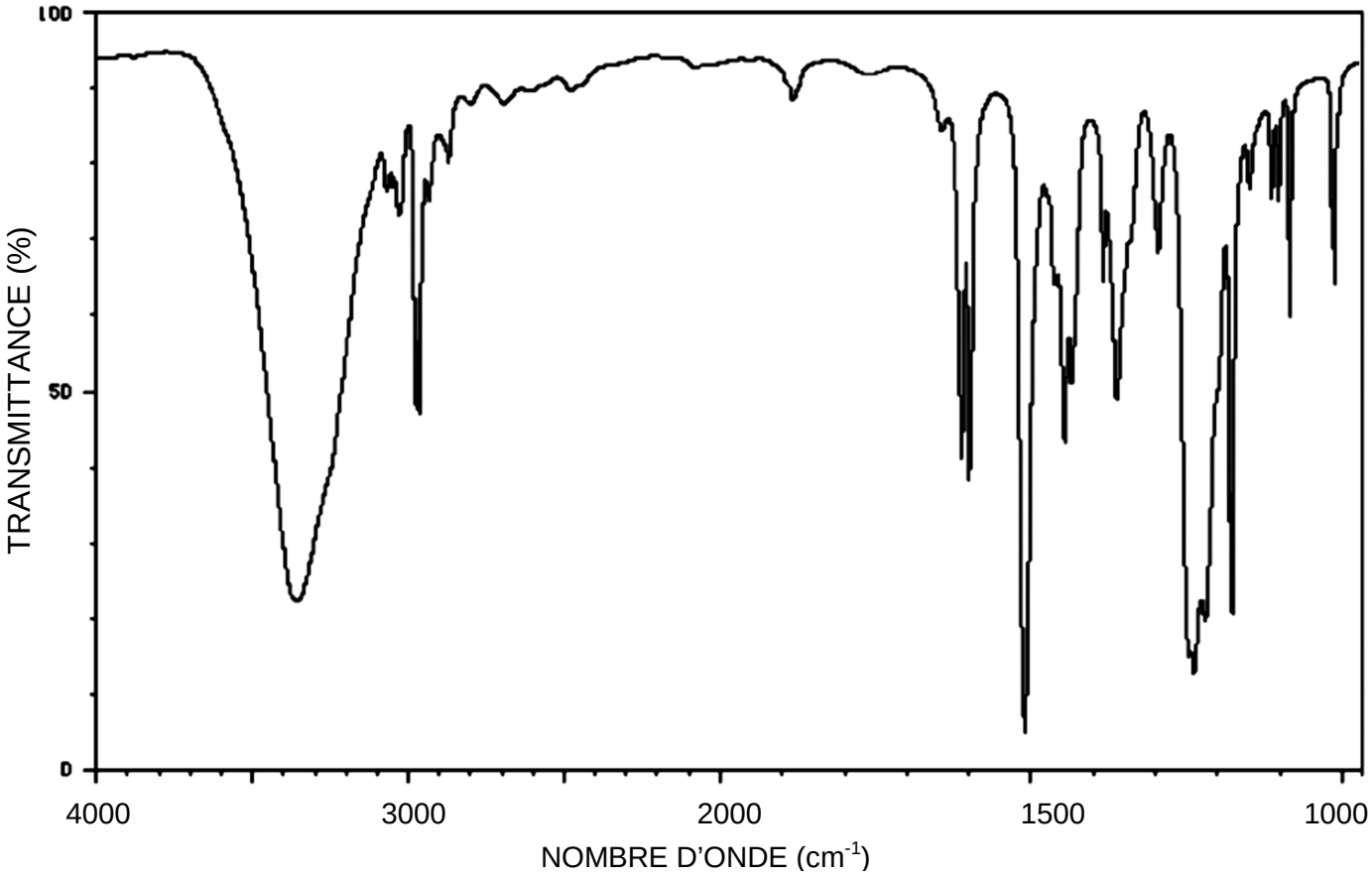
A.3.1. Donner le nom de l'acétone en nomenclature systématique.

Du phénol C_6H_5OH réagit avec de l'acétone pour former du bisphénol A, $C_{15}H_{16}O_2$. La réaction modélisant cette transformation est la suivante :



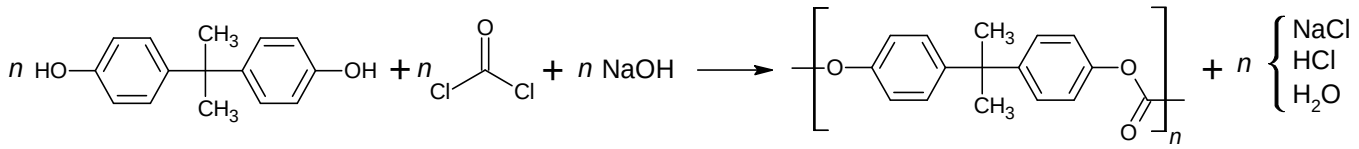
A.3.2. Identifier l'espèce chimique X formée avec le bisphénol A au cours de cette transformation.

A.3.3. On donne ci-dessous le spectre du bisphénol A. Identifier les liaisons du bisphénol A responsables des bandes d'absorption à 3300 cm^{-1} et 2950 cm^{-1}.



<u>Partie B :</u> Réaction de polymérisation

On rappelle l'équation de la réaction modélisant la polymérisation :



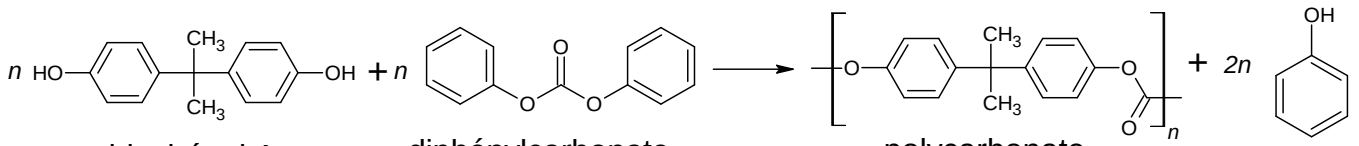
bisphénol A phosgène polycarbonate de bisphénol A

Un échantillon de polycarbonate est en réalité un mélange de chaînes polymères de différentes masses molaires. La masse molaire moyenne des macromolécules constituant le polymère vaut $M = 30 \times 10^3$ g·mol^{-1}.

B.1. Déterminer le nombre moyen n de motifs dans une macromolécule.

Le procédé précédent comporte de nombreux inconvénients parmi lesquels la toxicité du phosgène et l'obtention d'une grande quantité d'eau usée contenant du dichlorométhane et du chlorure de sodium qui doit ensuite être traitée.

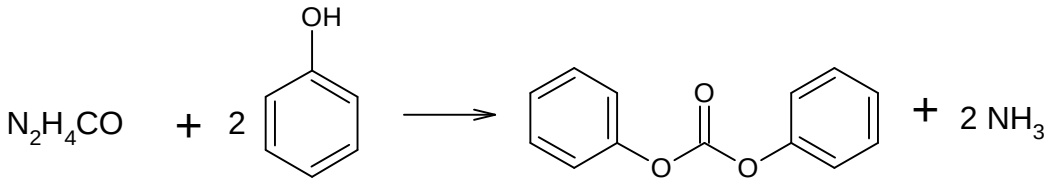
Les chimistes ont cherché d'autres procédés moins polluants. Ainsi, d'autres voies de synthèse utilisent du diphénylcarbonate ou « DPC » dans la production de polycarbonate de bisphénol A.



bisphénol A diphénylcarbonate ou « DPC » polycarbonate de bisphénol A

B.2. Une des voies de synthèse du DPC met en jeu l'urée de formule N_2H_4CO, cette dernière étant produite à partir de dioxyde de carbone. Les étapes de la synthèse du DPC sont les suivantes :

$$CO_{2(g)} + 2\ NH_{3(g)} \rightarrow N_2H_4CO_{(s)} + H_2O_{(g)}$$



La production annuelle d'urée est de de l'ordre de 120 milliards de kilogrammes.

B.2.1. Déterminer la quantité de matière de dioxyde de carbone consommé si l'intégralité de l'urée était préparée par la voie indiquée ci-dessus.

B.2.2. Un véhicule neuf émet en moyenne 112 g de CO_2 par km et roule en moyenne 13 000 km par an. Déterminer le nombre de véhicules dont l'émission de CO_2 serait compensée par la synthèse de l'urée pour une durée d'un an. Commenter le résultat.

EXERCICES au choix du candidat (5 points)

Vous indiquerez sur votre copie les 2 exercices choisis : EXERCICE A ou EXERCICE B ou EXERCICE C

EXERCICE A - Solarisation d'une piscine hors sol

Mots clés de l'EXERCICE A : premier principe de la thermodynamique, transferts thermiques.

Un particulier désire élever de quelques degrés la température de sa petite piscine hors sol à l'aide d'un dispositif simple, peu coûteux et écologique. Dans un guide de piscines, il trouve la documentation suivante :

« *Le tapis solaire est un moyen écologique et économique de chauffer sa piscine. Le tapis solaire se compose de tuyaux souples en PVC de couleur noire assemblés.*

Le principe est simple : les tuyaux emmagasinent l'énergie provenant des rayons du soleil. L'eau de la piscine est aspirée via une pompe et elle passe par les tuyaux où elle est chauffée. Elle repart ensuite dans le bassin. »

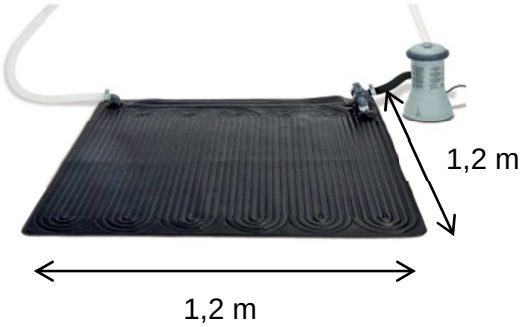


Figure 1 : Un tapis solaire (source : intex.fr)

Le tapis solaire est doté de connecteurs qui permettent de relier entre eux jusqu'à 6 tapis en série, en fonction du volume d'eau de la piscine à chauffer.

Volume V d'eau dans la piscine en m^3	$0,9 \leq V < 5$	$5 \leq V < 8$	$8 \leq V < 12$	$12 \leq V < 16$	$16 \leq V < 20$	$20 \leq V < 25$
Nombre de tapis recommandé	1	2	3	4	5	6

Un tapis est un carré de 1,2 m de côté.

<u>Données</u> :

- Masse volumique de l'eau : ρ_{eau} = 1000 kg·m^{-3} ;
- Capacité thermique massique de l'eau : c_{eau} = 4180 J·kg^{-1}·K^{-1} ;
- Relation liant la température absolue T en kelvin (K) et la température θ en degré Celsius (℃) : T(K) = θ(℃) + 273,15 ;
- Le rendement η d'un capteur solaire est défini par le rapport de la puissance utile fournie par le capteur sur la puissance thermique incidente du rayonnement solaire arrivant sur la surface du capteur, c'est-à-dire $= \frac{P_u}{P_i}$, et le rendement d'un tapis solaire a pour valeur $\eta = 0{,}21$;
- 1 kWh = 3,6.10^6 J ;
- Coût d'un kWh : 0,16 centimes d'euro ;
- Les caractéristiques de la piscine sont les suivantes :
  - Hauteur d'eau dans la piscine h = 1,3 m ;
  - Surface du bassin de la piscine S = 8,0 m^2.

Pendant le jour, les rayons du soleil parviennent à la surface de l'eau qui se réchauffe. On admet que l'eau de la piscine reçoit, au cours de la journée, une puissance thermique surfacique moyenne P_{s1} = 170 W·m^{-2} pendant une durée de 12 h.

Partie A : Bilan énergétique moyen sur une journée en l'absence de tapis solaires

A.1. Montrer que la valeur du transfert thermique Q_1 reçu par l'eau de la piscine pendant ces 12 h est proche de $6 \cdot 10^7$ J.

A.2. Énoncer le premier principe de la thermodynamique.

A.3. À l'aide de ce principe, déterminer la valeur de l'augmentation $\Delta\theta_1$ de la température de l'eau de la piscine.

A.4. En fin de journée, l'eau de la piscine a une température qui se situe autour de 24 °C. Pendant la nuit, on considère que la température de l'air ambiant chute autour de 15 °C. Justifier que l'eau de piscine va se refroidir au cours de la nuit.

A.5. Proposer une solution simple pour éviter les déperditions thermiques.

Partie B : Chauffage de la piscine à l'aide de tapis solaires

Pour élever de quelques degrés la température de l'eau de la piscine à un faible coût, le particulier décide de l'équiper de tapis solaires qu'il raccorde à la pompe lui permettant de filtrer l'eau.

B.1. Identifier le mode de transfert thermique qui explique :

- que le matériau des tapis se réchauffe ;
- que l'eau qui circule dans les tapis se réchauffe

B.2. Déterminer la valeur de la puissance thermique incidente P_i du rayonnement solaire qui arrive sur un seul tapis.

B.3. Déterminer la valeur de la puissance thermique P_u fournie par ce tapis à l'eau.

B.4. On suppose que la saison dure 3 mois à raison de 12 h de chauffage solaire par jour. Sachant qu'un tapis coûte 20 euros, indiquer si le coût d'investissement pour l'achat des tapis recommandés pour réchauffer la piscine sera amorti en fin de saison si on le compare au coût de la consommation d'un chauffage électrique.

Le candidat est invité à prendre des initiatives ; toute démarche même incomplète sera valorisée.

EXERCICE B – Modélisation d'un service au tennis

Mots clés de l'EXERCICE B : mouvement dans un champ de pesanteur uniforme, lois de Newton, étude énergétique.

L'objectif de cet exercice est de modéliser la trajectoire d'une balle de tennis lors d'un service et de confronter ce modèle à la réalité d'un service analysé par pointage vidéo de la balle.

Les règles du jeu standard indiquent que le serveur doit se tenir alternativement derrière la moitié droite et la moitié gauche du court. La balle doit passer en diagonale au-dessus du filet et toucher le sol dans le carré de service opposé avant que le relanceur ne la renvoie.

Dimensions d'un terrain de tennis

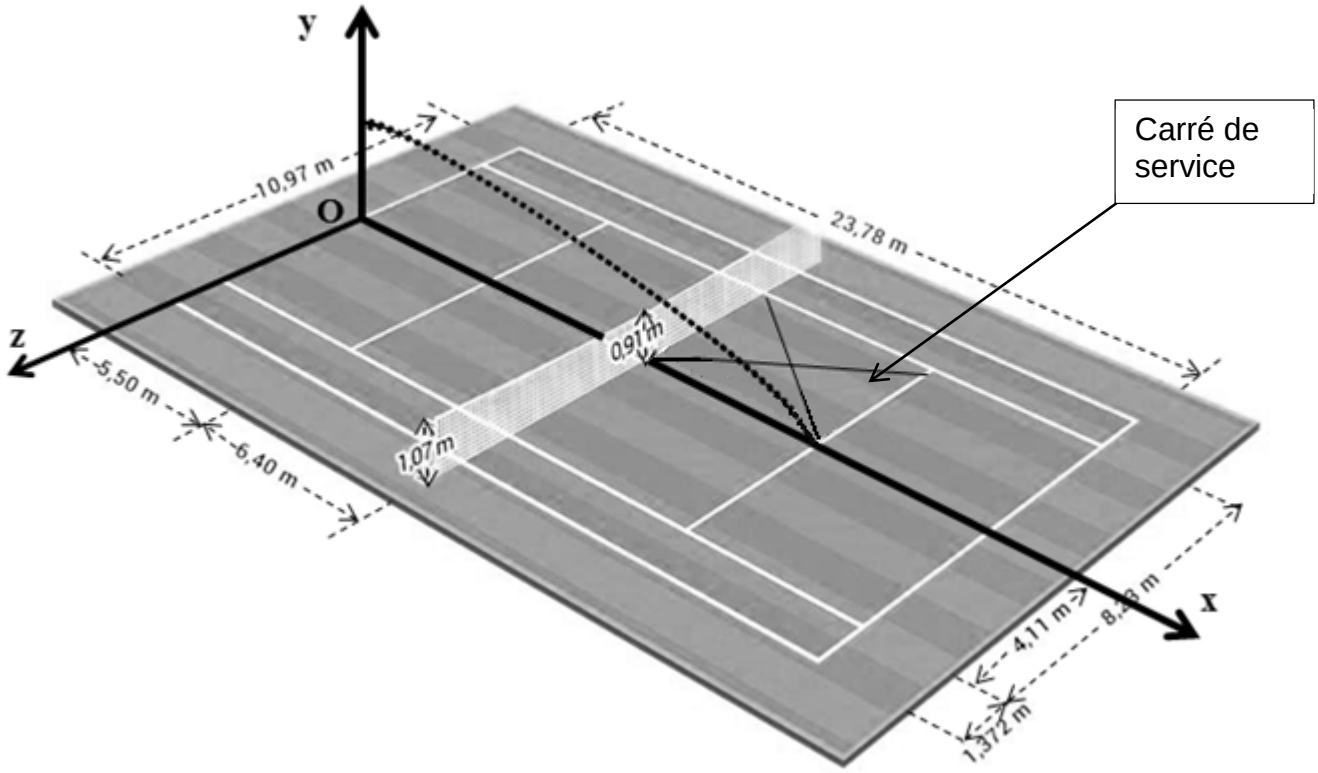
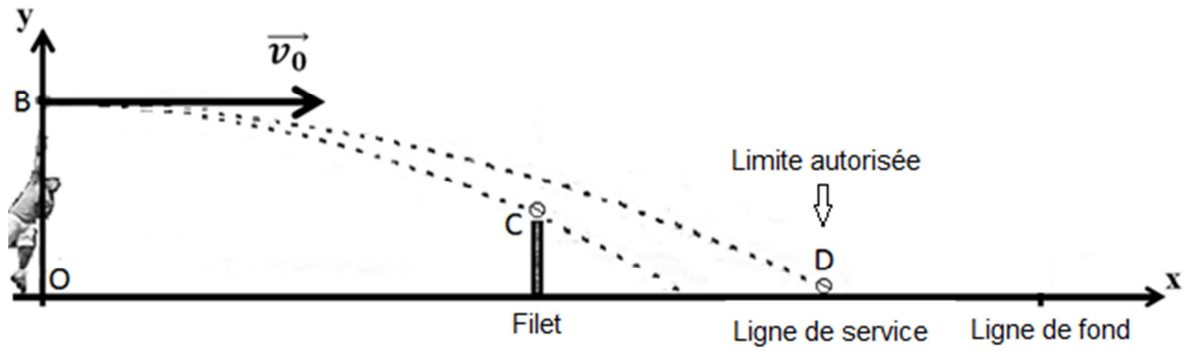


Figure 1 : Dimensions d'un terrain de tennis (Source : club de Westhouse)

Schéma sans échelle des trajectoires de deux services « à plat »



Les bases du modèle choisi

La masse de la balle dont le mouvement est modélisé est $m = 58\ \text{g}$. Le service est effectué à plat. La balle sera modélisée par un point correspondant à son centre de masse G. L'étude est réalisée dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Plusieurs hypothèses seront faites dans le cadre de cette modélisation :

① les effets de rotation de la balle sur le mouvement sont négligés (service « à plat ») ;

② la trajectoire de la balle se trouve dans le plan vertical (O,x,y) ;

③ le vecteur vitesse initiale de la balle est horizontal ;

④ l'action de l'air est négligeable.

Donnée : Intensité du champ de pesanteur g = 9,81 m.s^{-2}.

Partie A : Établissement de l'équation de la trajectoire dans le cadre du modèle choisi

L'objectif de cette partie est de retrouver l'équation de la trajectoire de la balle de tennis obtenue en admettant que les quatre hypothèses précédentes sont valables.

A.1. On donne les coordonnées des conditions initiales :

- position de la balle frappée au service B $\begin{pmatrix}0\\H\end{pmatrix}$;
- vecteur vitesse initiale de la balle lors de la frappe $\overrightarrow{v_0}\begin{pmatrix}v_0\\0\end{pmatrix}$.

A.1.1. Par application d'une des lois de Newton, à énoncer, déterminer les composantes du vecteur accélération $\vec{a}\begin{pmatrix}a_x\\a_y\end{pmatrix}$ du centre de masse G de la balle, au cours de son mouvement.

A.1.2. Déterminer les composantes du vecteur vitesse $\overrightarrow{v}\begin{pmatrix}v_x\\v_y\end{pmatrix}$ de G.

A.1.3. Déterminer les composantes du vecteur position $\overrightarrow{OG}\begin{pmatrix}x\\y\end{pmatrix}$ de G.

A.2. En déduire que l'équation de la trajectoire du centre de masse G de la balle établie dans le cadre du modèle choisi s'écrit :

$$y(x) = -\frac{g}{2v_0^2}x^2 + H$$

Partie B : Influence de la vitesse initiale dans le cadre du modèle choisi

Selon les bases du modèle choisi, la vitesse initiale v_0 doit être comprise entre deux valeurs limites : elle doit être supérieure à une valeur minimum $v_{0\min}$ afin qu'elle franchisse juste le filet au point C et inférieure à une valeur maximum $v_{0\max}$ afin qu'elle retombe dans les limites autorisées au point D.

B.1. À partir de l'équation de la trajectoire du centre d'inertie de la balle, donner l'expression de la vitesse initiale v_0 en fonction de $y(x)$, x, g et H.

B.2. Déterminer, à partir des documents fournis, les coordonnées $\begin{pmatrix}x_C\\y_C\end{pmatrix}$ et $\begin{pmatrix}x_D\\y_D\end{pmatrix}$ des points C et D.

B.3. Si la hauteur à laquelle la balle est frappée au service est H = 2,6 m, en déduire les valeurs $v_{0\max}$ et $v_{0\min}$ extrémales de la vitesse initiale de la balle pour que le service soit validé.

B.4. En réalité, la vitesse initiale mesurée lors du service est nettement supérieure aux vitesses calculées précédemment. Commenter.

<u>Partie C :</u> Étude énergétique

La quatrième et dernière hypothèse du modèle suppose que l'action de l'air est négligeable. À partir d'une étude énergétique du mouvement réel, dont les données figurent ci-dessous, montrer que cette hypothèse n'est pas vérifiée.

t (s)	0,00	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27
y (m)	2,58	2,43	2,29	2,11	1,97	1,81	1,63	1,48	1,28	1,10
v (m·s^{-1})	47,8	44,7	43,6	42,8	41,7	40,3	39,4	37,5	36,4	35,3

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

EXERCICE C – Anatomie d'un condensateur

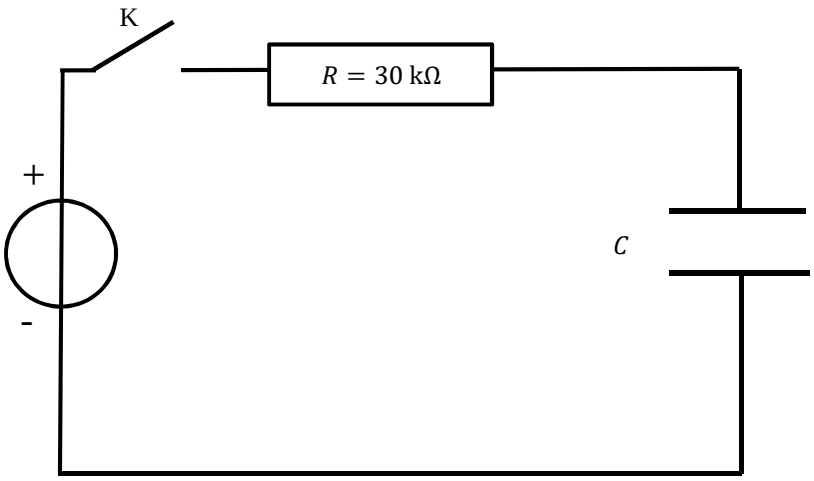
Mots clefs de l'EXERCICE C : condensateur, capacité, circuit RC série

Les polycarbonates sont de bons isolants et, à ce titre, sont employés en électronique pour la fabrication de condensateurs. Les condensateurs au polycarbonate sont réalisés en alternant des feuilles métallisées avec des feuilles de polycarbonate un grand nombre de fois. Ces types de condensateurs ont des capacités qui ne varient pas beaucoup avec la température. Ils peuvent avoir des tensions de fonctionnement allant jusqu'à 400 V crête à crête et peuvent être utilisés dans un intervalle de température allant de -55 ℃ à +125 ℃.

Dans la **partie A** la capacité d'un condensateur au polycarbonate est déterminée dans le cadre du modèle du circuit RC puis, dans la **partie B**, l'étude porte sur l'anatomie de ce condensateur.

Partie A : Détermination de la capacité d'un condensateur au polycarbonate

On considère le circuit électrique dont le schéma est représenté ci-dessous dans lequel le générateur de tension est idéal et délivre une tension électrique $E = 12\ \text{V}$:



Le condensateur, de capacité C, est initialement déchargé. À l'instant $t = 0$, on ferme l'interrupteur K.

A.1. Recopier le schéma du circuit sur la copie, puis indiquer le sens du courant électrique, d'intensité i, circulant dans le circuit durant le régime transitoire, ainsi que les tensions E, u_R et u_C prises respectivement aux bornes du générateur, du conducteur ohmique de résistance R et du condensateur de capacité C.

A.2. Établir la relation entre les tensions électriques dans ce circuit.

A.3. Exprimer la charge q du condensateur en fonction de la tension à ses bornes.

A.4. Montrer que l'équation différentielle, dont la tension u_C aux bornes du condensateur est une solution, s'écrit sous la forme :

$$\frac{du_c}{dt} + \frac{u_c}{\tau} = \frac{E}{\tau}$$

avec τ une constante dont on précisera l'expression.

A.5. Proposer une dénomination pour la constante τ. Montrer que cette constante a la dimension d'une durée.

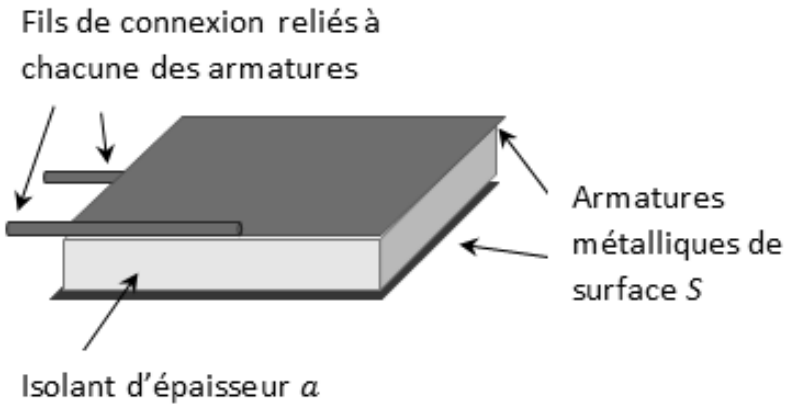
A.6. On visualise l'évolution temporelle de la tension aux bornes du condensateur. Le graphe correspondant est fourni sur **l'ANNEXE 2 À RENDRE AVEC LA COPIE (p15/15)**.

A.6.1. Déterminer graphiquement la valeur de τ. Faire apparaître soigneusement les traits de construction utiles sur le graphe de **l'ANNEXE 2 À RENDRE AVEC LA COPIE (p15/15)**.

A.6.2. En déduire la valeur de la capacité C du condensateur, déterminée par cette méthode dans le cadre du modèle du circuit RC.

<u>Partie B :</u> Anatomie d'un condensateur au polycarbonate

Il existe différents types de condensateurs. Le condensateur plan est l'un des plus simples. Il est constitué de deux armatures planes de surface S séparées par un isolant d'épaisseur a. L'épaisseur des armatures est négligeable par rapport à l'épaisseur de l'isolant.



La capacité du condensateur plan est donnée par la relation :

$$C_0 = \frac{\varepsilon \times S}{a}$$

où ε est une constante qui dépend du matériau utilisé comme isolant. Pour le polycarbonate, cette valeur est $= 2{,}57 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{F \cdot m^{-1}}$.

B.1. Décrire l'influence des caractéristiques géométriques du condensateur plan sur la valeur de sa capacité.

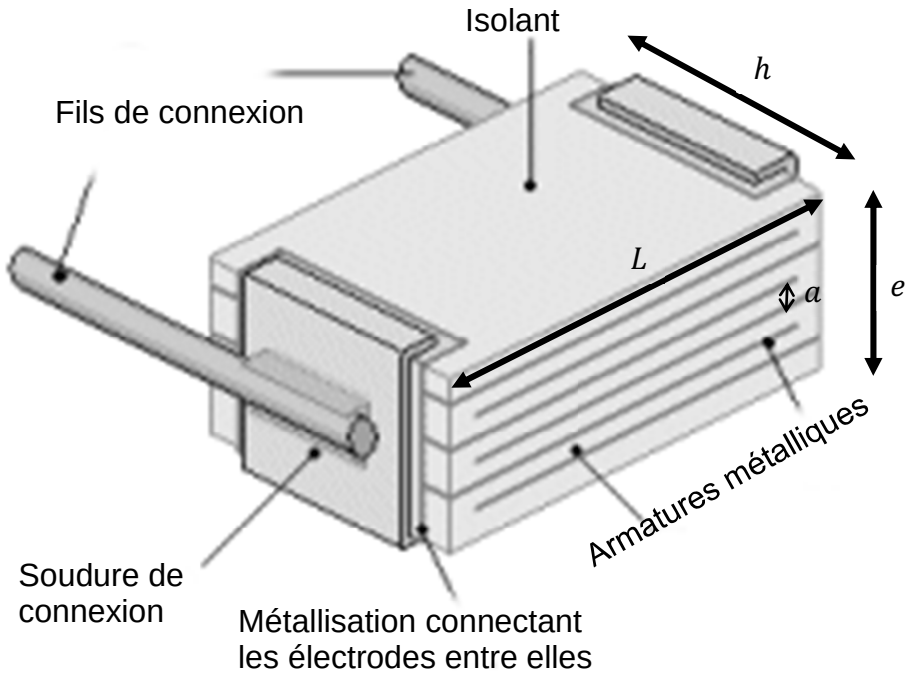
B.2. L'anatomie du condensateur usuel montre un empilement d'armatures métalliques avec l'isolant (ici, du polycarbonate) correspondant à une association en dérivation de n condensateurs identiques de capacité C_0 (voir la figure suivante). La capacité C de ce condensateur s'exprime par la relation $C = n \times C_0$.

Exemples de capacités de quelques condensateurs en fonction de leurs caractéristiques géométriques :

Capacité C ± 2% (nF)	L ± 0,5 (mm)	h ± 0,5 (mm)	e ± 0,5 (mm)
33,0	11,0	9,0	6,0
47,0	11,0	10,0	6,0
68,0	14,0	10,0	7,0

Source : Exxelia, fabricant de composants électroniques

Le condensateur étudié dans la partie A est fabriqué à partir d'un nombre n d'empilements de condensateurs plans élémentaires tous branchés en dérivation.



B.2.1. À l'aide des informations et schémas fournis, établir l'expression de la capacité C du condensateur en fonction des caractéristiques géométriques h, L et e, ainsi que du nombre n de condensateurs empilés.

B.2.2. La capacité du condensateur au polycarbonate valant $C = 33\ \mathrm{nF}$, en déduire le nombre de condensateurs élémentaires n constituant ce condensateur.

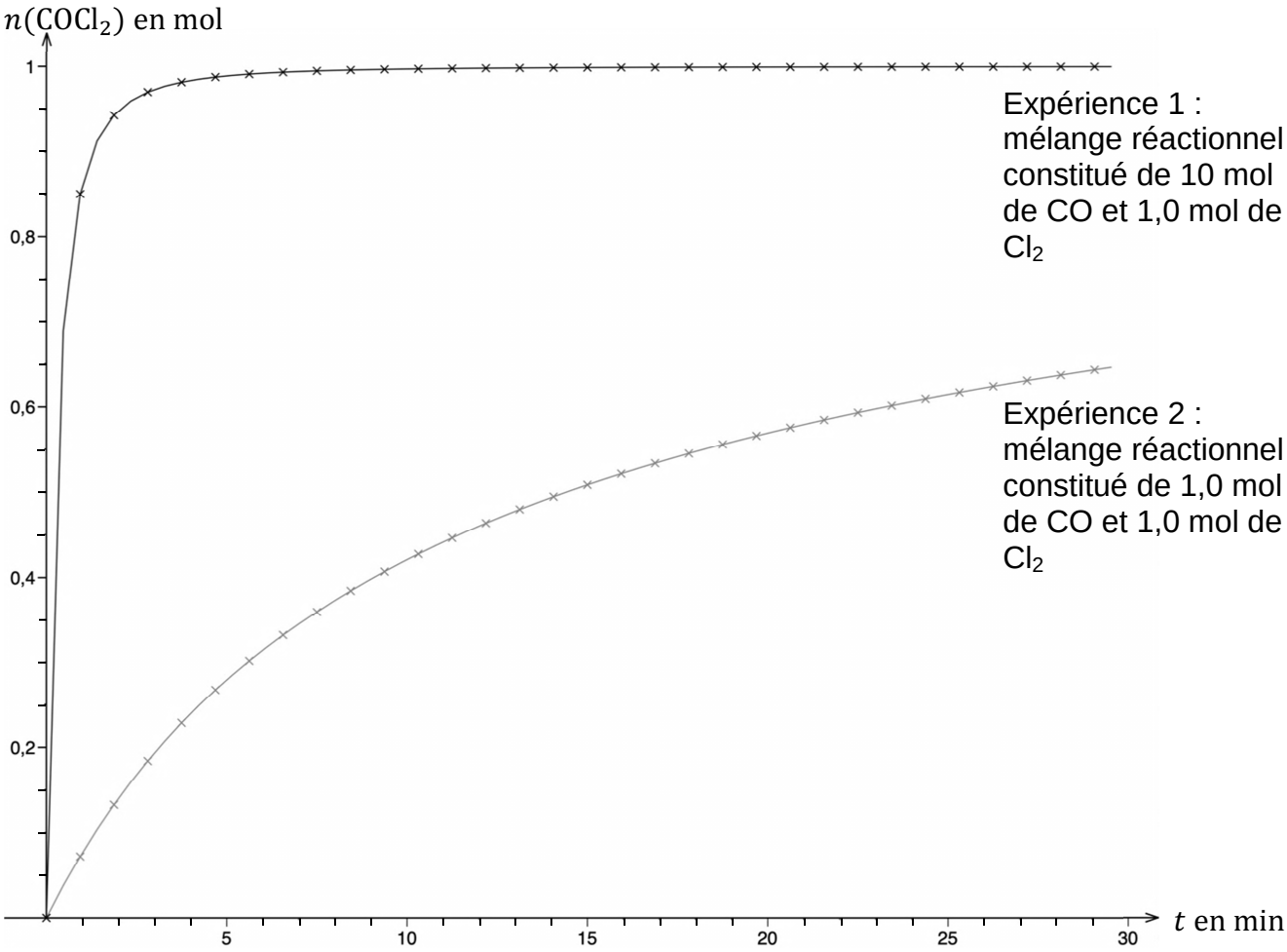
B.2.3. Le fabriquant indique que le condensateur au polycarbonate étudié dans le circuit RC est, en fait, constitué de 300 armatures métalliques. Commenter.

ANNEXE 1 À RENDRE AVEC LA COPIE (même non complétée)

EXERCICE 1 – Synthèse du polycarbonate de bisphénol A

Questions A.2.4. et A.2.7.

Évolution des quantités de matière de $COCl_2$ en fonction du temps au cours des expériences 1 et 2



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

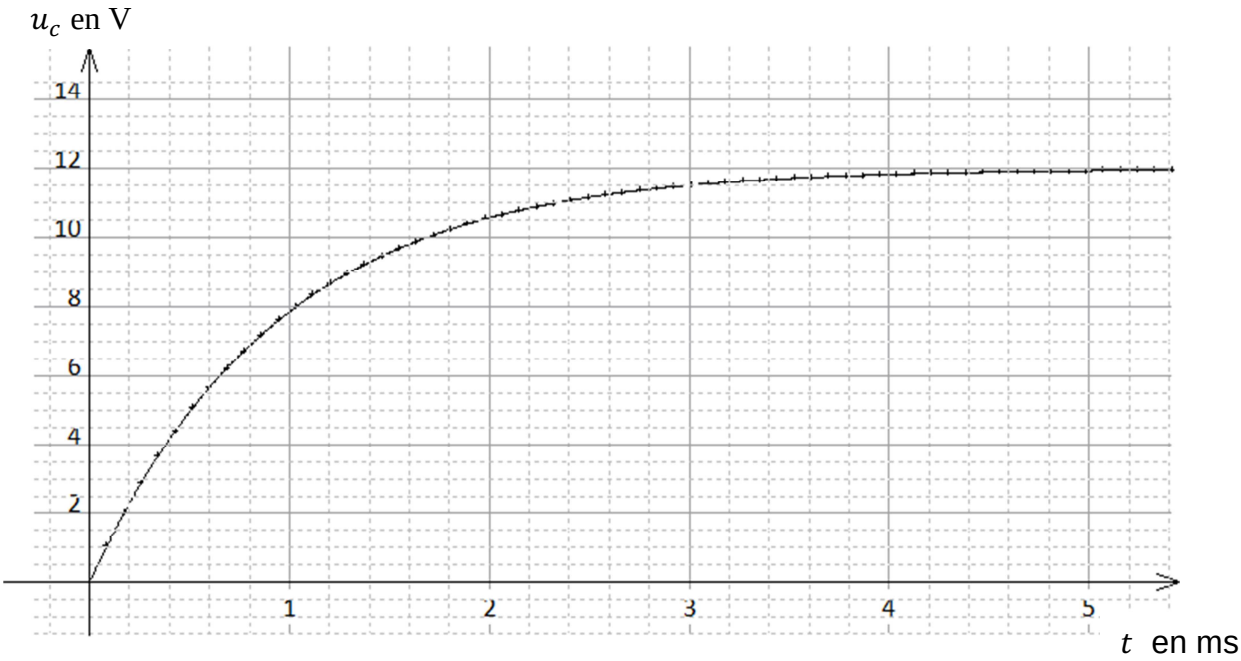
1.2

ANNEXE 2 À RENDRE AVEC LA COPIE (même non complétée)

EXERCICE C - Anatomie d'un condensateur

Question A.6.1.

Évolution de la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2