Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + Physique, veuillez visiter :
bac-maths-physique.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

Physique-chimie

Session 2022 • Jour 2

Code sujet **22-PYCJ2NC1** 3 heures 30

Proposition de corrigé pédagogique • FormaV

Se repérer dans le corrigé

Exercice 1 — Synthèse du polycarbonate de bisphénol A
14 réponses • sujet p. 2–14

Exercice A — Solarisation d’une piscine hors sol
10 réponses • sujet p. 6–7

Exercice B — Modélisation d’un service au tennis
9 réponses • sujet p. 8–10

Exercice C — Anatomie d’un condensateur
11 réponses • sujet p. 11–16

Les numéros, parties et pages renvoient au sujet original. Chaque réponse rappelle la consigne, explique la démarche et donne le résultat.

Exercice 1

10 points

Synthèse du polycarbonate de bisphénol A

A

Question A.1.

Sujet p. 2, 3

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

On lit les structures du sujet. Dans le bisphénol A, chacun des deux groupes –OH est directement lié à un cycle aromatique : ce sont deux groupes hydroxyle phénoliques. Le phosgène a pour formule structurale $O{=}CCl_2$: il contient une liaison carbonyle C=O et deux liaisons C–Cl.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le bisphénol A porte deux groupes hydroxyle phénoliques. Le phosgène comporte un groupe carbonyle et deux liaisons carbone-chlore.

Question A.2.1.

Sujet p. 3, 14

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

Pour la réaction $CO(g) + Cl_2(g) \rightarrow COCl_2(g)$, le coefficient stœchiométrique du phosgène vaut 1 et sa quantité initiale est nulle. Par conséquent, la quantité de phosgène formée est égale à l'avancement : $n(COCl_2) = x$. Sur l'annexe 1, la courbe de l'expérience 1 atteint un plateau à environ 1,0 mol. L'avancement final est donc égal à cette quantité finale de phosgène.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Pour l'expérience 1, $x_f \approx 1{,}0$ mol.

Question A.2.2.

Sujet p. 3, 14

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

L'équation est $CO + Cl_2 \rightarrow COCl_2$, avec des coefficients stœchiométriques égaux à 1. Dans l'expérience 1, le mélange contient initialement 10 mol de CO et 1,0 mol de Cl_2 : le dichlore est limitant et $x_{max} = 1{,}0$ mol. L'annexe montre que la quantité finale de phosgène atteint environ 1,0 mol, donc $x_f = x_{max}$: la transformation est totale. Dans l'expérience 2, les deux réactifs sont introduits en quantités égales de 1,0 mol ; l'avancement maximal vaut encore 1,0 mol. La transformation étant totale, l'avancement final atteint cette valeur.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La synthèse est totale. Dans l'expérience 2, $x_f = 1{,}0$ mol.

Question A.2.3.

Sujet p. 3

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

Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est la durée nécessaire pour que l'avancement atteigne la moitié de sa valeur finale. Il vérifie donc $x(t_{1/2}) = x_f/2$.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le temps de demi-réaction est le temps au bout duquel l'avancement vaut la moitié de l'avancement final.

Question A.2.4.

Sujet p. 3, 14

> Déterminer graphiquement, sur le document de l'annexe 1 à rendre avec la copie, la valeur du temps de demi-réaction pour l'expérience 2.

Pour l'expérience 2, $n(COCl_2) = x$ et $x_f = 1{,}0$ mol. Il faut donc lire sur l'annexe le temps auquel la courbe atteint $n(COCl_2) = 0{,}50$ mol. La lecture graphique donne une valeur voisine de 15 min.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Pour l'expérience 2, $t_{1/2} \approx 15$ min (lecture graphique).

Question A.2.5.

Sujet p. 3, 14

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

Sur l'annexe, la courbe de l'expérience 1 atteint la moitié de sa valeur finale plus tôt que celle de l'expérience 2. Ainsi, $t_{1/2,1} < t_{1/2,2}$. Les deux expériences sont réalisées à la même température et dans le même volume, mais l'expérience 1 contient initialement 10 mol de CO contre 1,0 mol dans l'expérience 2. La concentration initiale en CO est donc plus élevée dans l'expérience 1, ce qui accélère la réaction dans les conditions étudiées.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le temps de demi-réaction de l'expérience 1 est inférieur à celui de l'expérience 2 : la réaction est plus rapide dans l'expérience 1, où la concentration initiale en CO est plus élevée.

Question A.2.6.

Sujet p. 3, 14

> Calculer les vitesses volumiques de formation du phosgène à la date t = 20 minutes dans chaque expérience. Commenter ces valeurs. Les expériences sont réalisées dans une enceinte de volume constant V = 30 L.

À volume constant, la vitesse volumique de formation est $v = (1/V)\cdot dn(COCl_2)/dt$. On estime dn/dt par la pente de la tangente à la courbe à t = 20 min. Pour l'expérience 1, la courbe est alors pratiquement sur son plateau : la pente est voisine de zéro. Pour l'expérience 2, une lecture graphique autour de 20 min donne une pente de l'ordre de $(0{,}61 - 0{,}51)/(25 - 15) = 0{,}010$ mol·min^{-1}. Avec V = 30 L, cela donne $v \approx 0{,}010/30 = 3{,}3 \times 10^{-4}$ mol·L^{-1}·min^{-1}. Les valeurs sont des estimations graphiques.

RÉPONSE À RETENIR

À t = 20 min : expérience 1, $v \approx 0$ mol·L^{-1}·min^{-1} à la précision de la lecture graphique ; expérience 2, $v \approx 3{,}3 \times 10^{-4}$ mol·L^{-1}·min^{-1}. La formation du phosgène est pratiquement achevée dans l'expérience 1, tandis qu'elle se poursuit dans l'expérience 2.

Question A.2.7.

Sujet p. 3, 14

Un mélange réactionnel de 1,0 mol de CO et de 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.

Les quantités initiales sont 1,0 mol de CO et 1,0 mol de Cl_2. Avec la stœchiométrie 1:1, l'avancement maximal et la quantité maximale de phosgène valent 1,0 mol. La transformation étant totale, la courbe doit partir de zéro, croître puis tendre vers un plateau à 1,0 mol. La température de 200 °C étant plus basse que celle des expériences de l'annexe (250 °C), la réaction est plus lente : la courbe proposée doit monter moins vite et atteindre le plateau plus tard. La température change la vitesse, pas la quantité finale imposée par les quantités initiales.

RÉPONSE À RETENIR

Tracer une courbe croissante partant de 0 et tendant vers un plateau à 1,0 mol, atteint plus tardivement que pour l'expérience 2 à 250 °C.

Question A.3.1.

Sujet p. 4

Donner le nom de l'acétone en nomenclature systématique.

La molécule d'acétone représentée possède une chaîne de trois atomes de carbone et une fonction cétone sur le carbone central. Son nom systématique est propanone.

RÉPONSE À RETENIR

L'acétone se nomme propanone.

Question A.3.2.

Sujet p. 4

Identifier l'espèce chimique X formée avec le bisphénol A au cours de la réaction du phénol avec l'acétone.

La réaction représentée met en jeu deux molécules de phénol et une molécule d'acétone. Le bilan des atomes des réactifs est $C_{15}H_{18}O_3$. Le bisphénol A formé a pour formule $C_{15}H_{16}O_2$: il reste donc H_2O pour compléter le bilan. L'équation s'écrit ainsi $2\ C_6H_5OH + C_3H_6O \rightarrow C_{15}H_{16}O_2 + H_2O$.

RÉPONSE À RETENIR

L'espèce X est l'eau, H_2O.

Question A.3.3.

Sujet p. 3, 4

À partir du spectre du bisphénol A, identifier les liaisons du bisphénol A responsables des bandes d'absorption à

> 3300 cm^{-1} et 2950 cm^{-1}.

La bande vers 3300 cm^{-1} est attribuée aux liaisons O–H des groupes phénoliques du bisphénol A. La bande vers 2950 cm^{-1} se situe dans le domaine d'absorption des liaisons C–H, notamment celles des groupes méthyle de la molécule.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> À 3300 cm^{-1} : liaisons O–H phénoliques. À 2950 cm^{-1} : liaisons C–H.

B

Question B.1.

Sujet p. 2, 5

> La masse molaire moyenne des macromolécules constituant le polycarbonate vaut M = 30 × 10³ g·mol⁻¹. Déterminer le nombre moyen n de motifs dans une macromolécule.

La masse molaire d'une macromolécule moyenne est la somme des masses molaires des motifs qui la constituent. Avec une masse molaire de motif égale à 254 $g \cdot mol^{-1}$, on a M = n × 254 $g \cdot mol^{-1}$. Ainsi, n = M/254 = $(30 \times 10^3)/254 \approx 118$.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le nombre moyen de motifs est n ≈ 118, soit environ $1{,}2 \times 10^2$ motifs par macromolécule.

Question B.2.1.

Sujet p. 5

> La production annuelle d'urée est de l'ordre de 120 milliards de kilogrammes. Déterminer la quantité de matière de dioxyde de carbone consommé si l'intégralité de l'urée était préparée par la voie de synthèse indiquée.

L'équation $CO_2(g) + 2\ NH_3(g) \rightarrow N_2H_4CO(s) + H_2O(g)$ montre qu'une mole de CO_2 est consommée par mole d'urée produite. La masse molaire de l'urée N_2H_4CO vaut 2 × 14,0 + 4 × 1,0 + 12,0 + 16,0 = 60,0 $g \cdot mol^{-1}$. La masse annuelle indiquée est 120 milliards de kg = $1{,}20 \times 10^{14}$ g. Donc n(urée) = m/M = $(1{,}20 \times 10^{14})/(60{,}0) = 2{,}0 \times 10^{12}$ mol, et la quantité de CO_2 consommée est identique.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Si toute l'urée était produite par cette voie, $n(CO_2) = 2{,}0 \times 10^{12}$ mol serait consommée.

Question B.2.2.

Sujet p. 5

> Un véhicule neuf émet en moyenne 112 g de CO_2 par kilomètre 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.

La masse de CO_2 consommée pour produire l'urée vaut m = nM = $(2{,}0 \times 10^{12}$ mol$)(44{,}0\ g \cdot mol^{-1}) = 8{,}8 \times 10^{13}$ g. Les émissions annuelles d'un véhicule sont 112 $g \cdot km^{-1}$ × 13 000 km = $1{,}456 \times 10^6$ g. Le nombre de véhicules dont les émissions annuelles sont équivalentes à la masse de CO_2 consommée est donc $(8{,}8 \times 10^{13})/(1{,}456 \times 10^6) \approx 6{,}0 \times 10^7$.

RÉPONSE À RETENIR

La masse de CO_2 consommée correspond à environ $6{,}0 \times 10^7$, soit 60 millions, d'émissions annuelles de véhicules aux valeurs moyennes données. Il s'agit d'une comparaison de masses : elle ne démontre pas à elle seule une compensation climatique durable, qui dépend notamment du devenir du carbone utilisé pour fabriquer l'urée.

Exercice A

5 points

Solarisation d'une piscine hors sol

A

Question A.1.

Sujet p. 6, 7

> Montrer que la valeur du transfert thermique Q_1 reçu par l'eau de la piscine pendant ces 12 h est proche de 6×10^7 J. La puissance thermique surfacique moyenne reçue est $P_{s1} = 170$ W·m^{-2} et la surface du bassin est S = 8,0 m².

La puissance reçue par l'eau est le produit de la puissance surfacique par la surface du bassin : $P = P_{s1} S$. Pendant $\Delta t = 12 \times 3600 = 43\,200$ s, le transfert thermique reçu vaut donc $Q_1 = P_{s1} S \Delta t$.

Application numérique : $Q_1 = 170 \times 8{,}0 \times 43\,200 = 58\,752\,000$ J.

RÉPONSE À RETENIR

$Q_1 \simeq 5{,}9 \times 10^7$ J, ce qui est bien proche de 6×10^7 J.

Question A.2.

Sujet p. 7

> Énoncer le premier principe de la thermodynamique.

Le premier principe de la thermodynamique exprime la conservation de l'énergie : la variation d'énergie interne d'un système est égale à la somme des transferts thermiques et des travaux qu'il reçoit. Avec la convention où les énergies reçues sont positives, $\Delta U = Q + W$.

RÉPONSE À RETENIR

Pour l'eau de la piscine, $\Delta U = Q + W$. Si aucun travail macroscopique n'est échangé, $W = 0$, donc $\Delta U = Q$.

Question A.3.

Sujet p. 6, 7

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

On considère l'eau de la piscine comme système et on néglige le travail échangé. Le premier principe donne alors $\Delta U = Q_1$. Pour l'eau, $\Delta U = m c_{eau} \Delta\theta_1$.

Le volume d'eau est $V = Sh = 8{,}0 \times 1{,}3 = 10{,}4\ \text{m}^3$. Sa masse vaut $m = \rho_{eau} V = 1000 \times 10{,}4 = 10\,400$ kg. Ainsi, $\Delta\theta_1 = Q_1 / (m c_{eau})$.

Avec $Q_1 = 58\,752\,000$ J et $c_{eau} = 4180\ \text{J kg}^{-1}\,\text{K}^{-1}$, $\Delta\theta_1 = 58\,752\,000 / (10\,400 \times 4180) \simeq 1{,}35$ K. Un écart de température de 1 K correspond à 1 °C.

RÉPONSE À RETENIR

L'augmentation de température est $\Delta\theta_1 \simeq 1{,}35$ °C, soit environ 1,4 °C.

Question A.4.

Sujet p. 7

> 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 la piscine va se refroidir au cours de la nuit.

La température de l'eau en fin de journée, environ $24\ °\mathrm{C}$, est supérieure à celle de l'air ambiant pendant la nuit, environ $15\ °\mathrm{C}$. Le transfert thermique spontané se fait du milieu le plus chaud vers le milieu le plus froid : l'eau cède donc de l'énergie thermique à son environnement et sa température diminue.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'eau de la piscine va se refroidir au cours de la nuit, car elle est plus chaude que l'air ambiant.

Question A.5.

Sujet p. 7

> Proposer une solution simple pour éviter les déperditions thermiques.

On peut couvrir la piscine pendant la nuit avec une bâche isolante. Celle-ci limite les déperditions thermiques, notamment à la surface de l'eau.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Une solution simple est de recouvrir la piscine d'une bâche isolante pendant la nuit.

B

Question B.1.

Sujet p. 6, 7

> Identifier le mode de transfert thermique qui explique que le matériau des tapis se réchauffe.

Les tuyaux noirs absorbent le rayonnement solaire incident : le transfert d'énergie du Soleil au matériau des tapis se fait par rayonnement.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le matériau des tapis se réchauffe par rayonnement solaire.

Question B.1.

Sujet p. 6, 7

> Identifier le mode de transfert thermique qui explique que l'eau qui circule dans les tapis se réchauffe.

L'eau en mouvement reçoit de l'énergie thermique des parois chauffées des tuyaux : le transfert dans le fluide est associé à la convection. À l'interface, l'énergie traverse aussi la paroi du tuyau par conduction thermique.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'eau qui circule se réchauffe par convection au contact des parois chaudes des tuyaux, avec conduction thermique à travers la paroi.

Question B.2.

Sujet p. 6, 7

> Déterminer la valeur de la puissance thermique incidente P_i du rayonnement solaire qui arrive sur un seul tapis. Un tapis est un carré de 1,2 m de côté.

Un tapis est un carré de côté $1{,}2\ \mathrm{m}$, donc sa surface vaut $S_t = (1{,}2)^2 = 1{,}44\ \mathrm{m}^2$. La puissance surfacique incidente est $P_{s1} = 170\ \mathrm{W\,m^{-2}}$. Ainsi, $P_i = P_{s1} S_t = 170 \times 1{,}44 = 244{,}8\ \mathrm{W}$.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La puissance thermique incidente sur un tapis est $P_i \simeq 2{,}4 \times 10^2\ \mathrm{W}$, soit environ $245\ \mathrm{W}$.

Question B.3.

Sujet p. 6, 7

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

Le rendement vérifie $\eta = P_u / P_i$, donc $P_u = \eta P_i$. Avec $\eta = 0{,}21$ et $P_i = 244{,}8\ \mathrm{W}$, on obtient $P_u = 0{,}21 \times 244{,}8 = 51{,}408\ \mathrm{W}$.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Un tapis fournit à l'eau une puissance thermique d'environ $51\ \mathrm{W}$.

Question B.4.

Sujet p. 6, 7

> 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 volume de la piscine est $V = Sh = 8{,}0 \times 1{,}3 = 10{,}4\ \mathrm{m}^3$. D'après le tableau, pour $8 \leq V < 12\ \mathrm{m}^3$, il est recommandé d'installer 3 tapis. Leur coût d'achat est donc $3 \times 20 = 60\ €$.

On prend une saison de 3 mois égale à 90 jours. Pour 12 h de fonctionnement par jour, la durée totale est $90 \times 12 = 1080\ \mathrm{h}$. La puissance utile totale des 3 tapis vaut $3 \times 51{,}408 = 154{,}224\ \mathrm{W} = 0{,}154224\ \mathrm{kW}$. L'énergie thermique fournie pendant la saison est donc $E = 0{,}154224 \times 1080 \simeq 166{,}6\ \mathrm{kWh}$.

À titre de comparaison, on suppose qu'un chauffage électrique restitue à l'eau cette même énergie avec une consommation électrique égale à l'énergie thermique fournie. Le prix indiqué dans le sujet, $0{,}16$ centime d'euro par kWh, correspond à $0{,}0016\ €\,\mathrm{kWh^{-1}}$. Le coût électrique correspondant est alors $166{,}6 \times 0{,}0016 \simeq 0{,}27\ €$.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'investissement de $60\ €$ n'est pas amorti en une saison : avec le prix de l'électricité indiqué, l'énergie thermique fournie par les tapis ne représente qu'environ $0{,}27\ €$ de consommation électrique évitée. Même en supposant que le prix voulu ait été $0{,}16\ €\,\mathrm{kWh^{-1}}$, le coût correspondant serait d'environ $26{,}7\ €$, encore inférieur à $60\ €$.

Exercice B

5 points

Modélisation d'un service au tennis

A

Question A.1.1.

Sujet p. 8, 9

> Par application d'une des lois de Newton, à énoncer, déterminer les composantes du vecteur accélération du centre de masse G de la balle au cours de son mouvement. Les conditions initiales données sont la position de la balle frappée au service B de coordonnées (0 ; H) et le vecteur vitesse initiale de coordonnées (v_0 ; 0).

Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, la deuxième loi de Newton s'écrit $\sum \vec{F} = m\vec{a}$. Dans le modèle, l'action de l'air est négligée : après la frappe, la seule force exercée sur la balle est son poids $\vec{P} = m\vec{g}$, dirigé vers le bas. L'axe y étant orienté vers le haut, les composantes du poids sont $(0; -mg)$. Ainsi, $m\vec{a} = \vec{P}$, donc $a_x = 0$ et $a_y = -g$.

RÉPONSE À RETENIR

Les composantes de l'accélération sont $\boxed{a_x = 0 \ ; \ a_y = -g = -9{,}81 \text{ m\cdotps}^{-2}}$.

Question A.1.2.

Sujet p. 9

> Déterminer les composantes du vecteur vitesse de G.

Les composantes de l'accélération sont les dérivées temporelles de celles de la vitesse. On intègre $a_x = 0$ et $a_y = -g$, puis on applique les conditions initiales $v_x(0) = v_0$ et $v_y(0) = 0$:

$$v_x(t) = v_0, \qquad v_y(t) = -gt.$$

RÉPONSE À RETENIR

Le vecteur vitesse est $\boxed{\vec{v}(t) = \begin{pmatrix} v_0 \\ -gt \end{pmatrix}}$, soit $v_x = v_0$ et $v_y = -gt$.

Question A.1.3.

Sujet p. 9

> Déterminer les composantes du vecteur position OG de G.

La vitesse est la dérivée temporelle de la position. On intègre ses composantes et on applique la position initiale $x(0) = 0$, $y(0) = H$:

$$x(t) = v_0 t, \qquad y(t) = H - \frac{1}{2} g t^2.$$

RÉPONSE À RETENIR

Le vecteur position est $\boxed{\overrightarrow{OG}(t) = \begin{pmatrix} v_0 t \\ H - \frac{1}{2} g t^2 \end{pmatrix}}$.

Question A.2.

Sujet p. 9

> En déduire que l'équation de la trajectoire du centre de masse G de la balle, dans le cadre du modèle choisi, s'écrit y(x) = −g x²/(2v₀²) + H.

La première composante de la position donne $x = v_0 t$, donc $t = x/v_0$. En remplaçant cette expression dans $y(t) = H - \frac{1}{2}gt^2$, on obtient :

$$y(x) = H - \frac{1}{2} g \left(\frac{x}{v_0} \right)^2 = H - \frac{g}{2v_0^2} x^2.$$

RÉPONSE À RETENIR

L'équation de la trajectoire est $\boxed{y(x) = -\frac{g}{2v_0^2} x^2 + H}$.

B

Question B.1.

Sujet p. 9

> À partir de l'équation de la trajectoire du centre d'inertie de la balle, donner l'expression de la vitesse initiale v₀ en fonction de y(x), x, g et H.

On part de $y(x) = H - \frac{gx^2}{2v_0^2}$. Pour $x > 0$, on isole v_0^2 : $H - y(x) = \frac{gx^2}{2v_0^2}$, d'où $v_0^2 = \frac{gx^2}{2[H - y(x)]}$. La vitesse initiale étant positive, on retient la racine positive.

RÉPONSE À RETENIR

$$\boxed{v_0 = x\sqrt{\frac{g}{2[H - y(x)]}}} \qquad (x > 0,\ y(x) < H).$$

Question B.2.

Sujet p. 8, 9

> Déterminer, à partir des documents fournis, les coordonnées (xC ; yC) et (xD ; yD) des points C et D.

Le point d'origine O est au sol, sous le point de frappe, et l'axe x va de la ligne de fond du serveur vers le filet puis vers le carré de service opposé. La longueur du court est $23{,}78\ \text{m}$, donc le filet, placé à mi-longueur, est à $x_C = 23{,}78/2 = 11{,}89\ \text{m}$. Le centre du filet est à $0{,}91\ \text{m}$ du sol : $y_C = 0{,}91\ \text{m}$. D'après les dimensions du terrain, la ligne de service est à $6{,}40\ \text{m}$ du filet. Le point D, situé au sol sur cette ligne, a donc pour abscisse $x_D = 11{,}89 + 6{,}40 = 18{,}29\ \text{m}$ et pour ordonnée $y_D = 0$.

RÉPONSE À RETENIR

Les coordonnées sont $\boxed{C(11{,}89\ \text{m};\ 0{,}91\ \text{m})}$ et $\boxed{D(18{,}29\ \text{m};\ 0\ \text{m})}$.

Question B.3.

Sujet p. 8, 9

> Si la hauteur à laquelle la balle est frappée au service est H = 2,6 m, en déduire les valeurs extrémales $v_0$max et $v_0$min de la vitesse initiale de la balle pour que le service soit validé.

La vitesse minimale correspond à la trajectoire limite qui franchit juste le filet en C. La vitesse maximale correspond à celle pour laquelle la balle atteint la limite autorisée en D. On utilise $v_0 = x\sqrt{g/[2(H-y)]}$, avec $H = 2{,}6\ \text{m}$ et $g = 9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Au point C :

$$v_{0\,\min} = 11{,}89\sqrt{\frac{9{,}81}{2(2{,}6-0{,}91)}} \simeq 20{,}3\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}.$$

Au point D :

$$v_{0\,\max} = 18{,}29\sqrt{\frac{9{,}81}{2(2{,}6-0)}} \simeq 25{,}1\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}.$$

RÉPONSE À RETENIR

Dans le modèle, les vitesses limites sont $\boxed{v_{0\,\min} \simeq 20{,}3\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}}$ et $\boxed{v_{0\,\max} \simeq 25{,}1\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}}$. Le service est validé, selon ce modèle, pour une vitesse initiale comprise entre ces deux valeurs.

Question B.4.

Sujet p. 9

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

Les vitesses limites calculées reposent sur un modèle où l'action de l'air est négligée. En réalité, la résistance de l'air exerce une force qui freine la balle et modifie sa trajectoire. Une vitesse initiale plus élevée est donc nécessaire pour franchir le filet et atteindre le carré de service dans les conditions réelles. L'écart entre les vitesses mesurées et calculées montre les limites quantitatives du modèle simplifié.

RÉPONSE À RETENIR

La vitesse réelle peut être nettement supérieure aux valeurs calculées parce que le modèle néglige notamment la résistance de l'air, qui freine la balle et affecte sa trajectoire.

C

Question Partie C

Sujet p. 10

> 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 dans le tableau, montrer que cette hypothèse n'est pas vérifiée.

Si seule la pesanteur agissait, l'énergie mécanique $E_m = \frac{1}{2}mv^2 + mgy$ resterait constante, car le poids est une force conservative. On compare cette énergie au début et à la fin des mesures, avec $m = 58\ \text{g} = 0{,}058\ \text{kg}$ et $g = 9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.

À $t = 0{,}00\ \text{s}$, le tableau donne $y = 2{,}58\ \text{m}$ et $v = 47{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$:

$$E_{m,i} = \frac{1}{2}(0{,}058)(47{,}8)^2 + (0{,}058)(9{,}81)(2{,}58) \simeq 67{,}7\ \text{J}.$$

À $t = 0{,}27\ \text{s}$, il donne $y = 1{,}10\ \text{m}$ et $v = 35{,}3\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$:

$$E_{m,f} = \frac{1}{2}(0{,}058)(35{,}3)^2 + (0{,}058)(9{,}81)(1{,}10) \simeq 36{,}8\ \text{J}.$$

L'énergie mécanique diminue donc d'environ $67{,}7 - 36{,}8 = 30{,}9\ \text{J}$, variation trop importante pour être attribuée aux seuls arrondis des données.

RÉPONSE À RETENIR

L'énergie mécanique passe d'environ $67{,}7\ \text{J}$ à $36{,}8\ \text{J}$ pendant les mesures. Elle n'est donc pas conservée : une force non conservative effectue un travail négatif. L'action de l'air ne peut pas être négligée dans le mouvement réel ; la quatrième hypothèse du modèle n'est pas vérifiée.

Exercice C

5 points

Anatomie d’un condensateur

A

Question A.1.

Sujet p. 11

> 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, uR et uC prises respectivement aux bornes du générateur, du conducteur ohmique de résistance R et du condensateur de capacité C. Le générateur délivre E = 12 V et le conducteur ohmique a une résistance R = 30 kΩ.

À la fermeture de l’interrupteur, le condensateur se charge. Le courant conventionnel part de la borne positive du générateur, traverse l’interrupteur puis la résistance de gauche à droite, arrive sur l’armature supérieure du condensateur et revient à la borne négative du générateur : il circule dans le sens horaire sur le schéma.

On repère la tension du générateur avec sa borne positive en haut. On repère aussi u_R avec sa borne positive à l’entrée du courant dans la résistance, et u_C avec sa borne positive sur l’armature supérieure du condensateur. Ces choix sont cohérents avec la loi des mailles utilisée ensuite.

RÉPONSE À RETENIR

Le courant i circule dans le sens horaire. Les bornes positives de E, u_R et u_C sont respectivement la borne supérieure du générateur, l’entrée du courant dans la résistance et l’armature supérieure du condensateur.

Question A.2.

Sujet p. 11

> Établir la relation entre les tensions électriques dans ce circuit.

Avec les polarités choisies à la question A.1, on parcourt la maille dans le sens du courant : la tension fournie par le générateur compense les chutes de tension dans la résistance et le condensateur. La loi des mailles donne donc la tension du générateur comme somme de ces deux tensions.

RÉPONSE À RETENIR

$\boxed{E = u_R + u_C}$.

Question A.3.

Sujet p. 11

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

Par définition de la capacité, la charge q de l’armature positive d’un condensateur est proportionnelle à la tension u_C entre ses armatures. Le coefficient de proportionnalité est la capacité C.

RÉPONSE À RETENIR

$\boxed{q = Cu_C}$, avec q en coulombs, C en farads et u_C en volts.

Question A.4.

Sujet p. 11

> Montrer que l'équation différentielle, dont la tension uC aux bornes du condensateur est une solution, s'écrit sous la forme duC/dt + uC/τ = E/τ, avec τ une constante dont on précisera l'expression.

La loi des mailles donne $E = u_R + u_C$. Pour la résistance, la loi d'Ohm s'écrit $u_R = Ri$. Le courant qui entre dans l'armature positive du condensateur vérifie $i = \dfrac{dq}{dt}$. Comme $q = Cu_C$ et que C est constante, on a $i = C\dfrac{du_C}{dt}$. En substituant ces relations dans la loi des mailles :

$E = RC\dfrac{du_C}{dt} + u_C$. En divisant par RC, on obtient la forme demandée en posant $\tau = RC$.

RÉPONSE À RETENIR

$\boxed{\dfrac{du_C}{dt} + \dfrac{u_C}{\tau} = \dfrac{E}{\tau}}$, avec $\boxed{\tau = RC}$.

Question A.5.

Sujet p. 11

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

La constante $\tau = RC$ est appelée constante de temps du circuit RC. Pour vérifier sa dimension, on utilise $[R] = \mathrm{V\,A^{-1}}$ et $[C] = \mathrm{C\,V^{-1}}$, où C représente le coulomb. Ainsi, $[\tau] = [R][C] = \mathrm{C\,A^{-1}}$. Or $1\,\mathrm{A} = 1\,\mathrm{C\,s^{-1}}$, donc $\mathrm{C\,A^{-1}} = \mathrm{s}$.

RÉPONSE À RETENIR

τ est la constante de temps du circuit RC et sa dimension est celle d'une durée : $\boxed{[\tau] = \mathrm{s}}$.

Question A.6.1.

Sujet p. 12, 16

> 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.

La tension finale lue sur le graphe est $E = 12\,\mathrm{V}$. Pour une charge RC, la constante de temps se lit à l'abscisse du point où u_C atteint environ $0{,}63E$, soit $0{,}63 \times 12 \simeq 7{,}6\,\mathrm{V}$. Sur l'annexe 2 (page 16), la courbe atteint cette tension vers $t = 1{,}0\,\mathrm{ms}$. On peut aussi tracer la tangente à l'origine : son intersection avec l'asymptote horizontale $u_C = 12\,\mathrm{V}$ donne la même abscisse. Ces lectures graphiques sont approximatives.

RÉPONSE À RETENIR

La lecture graphique donne $\boxed{\tau \approx 1{,}0\,\mathrm{ms}}$.

Question A.6.2.

Sujet p. 11, 12, 16

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

On part de $\tau = RC$, donc $C = \dfrac{\tau}{R}$. Avec $\tau \approx 1{,}0 \times 10^{-3}\,\mathrm{s}$ et $R = 30\,\mathrm{k\Omega} = 3{,}0 \times 10^{4}\,\Omega$, on obtient :

$C \approx \dfrac{1{,}0 \times 10^{-3}}{3{,}0 \times 10^{4}} = 3{,}3 \times 10^{-8}\,\mathrm{F}$. Comme $1\,\mathrm{nF} = 10^{-9}\,\mathrm{F}$, cette capacité vaut environ $33\,\mathrm{nF}$.

RÉPONSE À RETENIR

$\boxed{C \approx 3{,}3 \times 10^{-8}\,\mathrm{F} = 33\,\mathrm{nF}}$.

B

Question B.1.

Sujet p. 12

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

La relation fournie est $C_0 = \varepsilon \dfrac{S}{a}$, où S est la surface des armatures et a l'épaisseur de l'isolant. Pour un matériau isolant fixé, ε est constante. La capacité est donc proportionnelle à la surface des armatures et inversement proportionnelle à leur séparation.

RÉPONSE À RETENIR

À isolant donné, augmenter la surface S des armatures augmente la capacité ; augmenter l'épaisseur a de l'isolant, donc la séparation des armatures, diminue la capacité.

Question B.2.1.

Sujet p. 12, 13

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.

Sur la figure, la surface d'une armature est rectangulaire, de dimensions h et L, donc $S = hL$. Si l'épaisseur d'un isolant élémentaire est a, la capacité d'un condensateur plan élémentaire vaut $C_0 = \varepsilon \dfrac{hL}{a}$. Les n condensateurs élémentaires sont associés en dérivation : leurs capacités s'additionnent, d'où $C = nC_0 = n\varepsilon \dfrac{hL}{a}$.

Les épaisseurs des armatures étant négligeables, l'épaisseur totale e de l'empilement correspond aux n couches isolantes : $e = na$, donc $a = \dfrac{e}{n}$. En remplaçant a dans l'expression de C, on obtient la relation demandée.

RÉPONSE À RETENIR

$\boxed{C = \dfrac{n^2 \varepsilon h L}{e}}$, avec h, L et e exprimés en mètres.

Question B.2.2.

Sujet p. 12, 13

La capacité du condensateur au polycarbonate valant C = 33 nF, en déduire le nombre de condensateurs élémentaires n constituant ce condensateur.

Pour le condensateur de capacité $33\,\mathrm{nF}$, on utilise la première ligne du tableau : $L = 11{,}0\,\mathrm{mm}$, $h = 9{,}0\,\mathrm{mm}$ et $e = 6{,}0\,\mathrm{mm}$. À partir de $C = \dfrac{n^2 \varepsilon h L}{e}$, on isole n :

$n = \sqrt{\dfrac{Ce}{\varepsilon h L}}$.

En unités SI, $C = 33 \times 10^{-9}\,\mathrm{F}$, $e = 6{,}0 \times 10^{-3}\,\mathrm{m}$, $h = 9{,}0 \times 10^{-3}\,\mathrm{m}$, $L = 11{,}0 \times 10^{-3}\,\mathrm{m}$ et $\varepsilon = 2{,}57 \times 10^{-11}\,\mathrm{F\,m^{-1}}$. On trouve $n = \sqrt{\dfrac{(33 \times 10^{-9})(6{,}0 \times 10^{-3})}{(2{,}57 \times 10^{-11})(9{,}0 \times 10^{-3})(11{,}0 \times 10^{-3})}} \approx 279$.

RÉPONSE À RETENIR

Le modèle conduit à environ $\boxed{2{,}8 \times 10^{2}}$ condensateurs élémentaires, soit environ 279 avec les valeurs nominales du tableau.

Question B.2.3.

Sujet p. 12, 13

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

Dans un empilement alterné, 300 armatures métalliques donnent de l'ordre de 299 espaces isolants entre armatures successives. Le calcul précédent estimait environ 279 condensateurs élémentaires. Ces valeurs sont du même ordre et assez proches : l'écart relatif est d'environ $\dfrac{299 - 279}{299} \times 100 \simeq 7\,\%$. Le modèle est simplifié et les dimensions du tableau sont nominales, avec des tolérances ; il ne décrit donc pas exactement la géométrie réelle de l'empilement.

RÉPONSE À RETENIR

Les 300 armatures annoncées sont compatibles avec l'estimation d'environ 279 condensateurs élémentaires : le nombre d'intervalles isolants est de l'ordre de 299, soit un écart d'environ $7\,\%$, explicable par les approximations du modèle et les tolérances géométriques.

Sujet : https://www.sujetdebac.fr/annales-pdf/2022/spe-physique-chimie-2022-nouv-caledonie-2-sujet-officiel.pdf
© FormaV EI • Proposition de correction, distincte d'un corrigé officiel.

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.