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 + SI, veuillez visiter :
bac-maths-si.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

Sciences de l’ingénieur et sciences physiques

Session 2026 • Centres étrangers • Jour 2

Code sujet **26-SCIPCJ2G11** 3 heures 30

Proposition de corrigé pédagogique • FormaV

Se repérer dans le corrigé

Partie 1 — Autoguidage pour tracteur agricole
17 réponses • sujet p. 3–18

Exercice A — Une histoire de briques
5 réponses • sujet p. 19–19

Exercice B — Lancer de marteau
10 réponses • sujet p. 20–21

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

Partie 1

20 points

Autoguidage pour tracteur agricole

Sous-partie 1 – Efficacité du système d'autoguidage et justification du contrôle de l'orientation des roues

Question Question 1.1

Sujet p. 3, 4, 5

> Après lecture de la présentation du système, donner au moins deux arguments permettant de répondre à l'exigence Id.5.

L'exigence Id.5 porte sur la rentabilité du système et demande qu'il s'amortisse sur 13 ans. La présentation indique plusieurs sources d'économies : le guidage évite les chevauchements entre passages, ce qui réduit les dépenses en carburant, semences, engrais et produits phytosanitaires. L'autoguidage améliore aussi le confort du conducteur, mais cet avantage ne constitue pas à lui seul une économie chiffrée.

RÉPONSE À RETENIR

Deux arguments au moins justifient la rentabilité attendue : l'évitement des chevauchements et les économies de carburant, de semences, d'engrais et de produits phytosanitaires. Le sujet ne fournit pas de coûts permettant de calculer l'amortissement réel sur 13 ans.

Question Question 1.2

Sujet p. 5, 6

> Indiquer la valeur de α pour que le tracteur suive une ligne droite. En considérant qu'autour de cette valeur, la caractéristique α = f(θ) est linéaire (α = kα·θ), calculer le coefficient kα.

Pour suivre une ligne droite, les roues ne doivent pas être braquées : l'angle de braquage est donc nul, soit $\alpha = 0^\circ$. Au voisinage de ce point, la caractéristique est assimilée à une droite passant par l'origine, donc $\alpha = k_\alpha \theta$. La figure 5 donne approximativement $\alpha = 30^\circ$ pour $\theta = 900^\circ$. La pente vaut alors $k_\alpha = \alpha / \theta$.

Calcul : $k_\alpha \approx 30/900 = 1/30$.

RÉPONSE À RETENIR

Pour suivre une ligne droite, $\alpha = 0^\circ$ (et $\theta = 0^\circ$). Le coefficient lu sur la figure 5 est $k_\alpha \approx 0{,}033$, soit environ $1/30$ degré de braquage par degré de rotation du volant.

Question Question 1.3

Sujet p. 4, 6

> À l'aide de la figure 7 et de l'exigence 3.3 du diagramme des exigences de la figure 3, justifier l'obligation de réaliser un asservissement de la position en boucle fermée à l'aide des données GPS-RTK.

La figure 7 montre que la consigne reste à $y = 0$ cm tandis que, sans autoguidage et avec $\alpha = 0^\circ$, la trace mesurée dérive jusqu'à environ -400 cm au bout de 30 m. L'écart à la consigne atteint donc environ 400 cm. Or l'exigence Id.3.3 limite l'écart à la trajectoire définie à $7{,}5$ cm.

La dérive observée est très supérieure à cette limite. Une boucle ouverte ne pourrait pas mesurer cet écart et le corriger. En boucle fermée, les données GPS-RTK donnent la position mesurée, qui est comparée à la position de consigne ; l'erreur de position ainsi déterminée sert à commander le braquage correctif.

RÉPONSE À RETENIR

L'écart observé atteint environ 400 cm sur 30 m, contre au plus $7{,}5$ cm exigés par Id.3.3. Un asservissement de position en boucle fermée avec les données GPS-RTK est donc nécessaire pour détecter la dérive et corriger la trajectoire.

Question Question 1.4

Sujet p. 7

À l'aide du modèle simplifié « Rotor bloqué » de la figure 10, donner l'expression littérale de la tension U en fonction de la résistance R et du courant I. En déduire la valeur numérique de R à l'aide des données de la figure 9.

Rotor bloqué, la vitesse est nulle : la force contre-électromotrice est donc nulle. Le modèle se réduit à la résistance R parcourue par le courant I. La loi d'Ohm donne $U = RI$, donc $R = U/I$.

Avec les mesures de la figure 9 : $R = 4/19{,}13 \approx 0{,}209\ \Omega$.

RÉPONSE À RETENIR

$U = RI$ et $R = U/I$. Numériquement, $R \approx 0{,}21\ \Omega$.

Question Question 1.5

Sujet p. 7, 8, 16

À l'aide du modèle simplifié « À vide » de la figure 10, donner l'expression littérale de kv en fonction de la résistance R, de la tension U_0, du courant I_0 et de la vitesse angulaire ω_0. En déduire la valeur numérique de la constante de vitesse kv en V·s·rad⁻¹ avec les données de la figure 9. Remplir les informations manquantes dans le bloc de paramétrage du moteur à courant continu du document réponse DR1.

Dans le modèle « À vide », la loi des mailles donne $U_0 = RI_0 + E_0$. Or $E_0 = k_v \omega_0$. Ainsi, $k_v = (U_0 - RI_0)/\omega_0$.

Conversion de la vitesse : $\omega_0 = 970 \times 2\pi/60 \approx 101{,}6\ \mathrm{rad\,s^{-1}}$. Avec $R = 4/19{,}13 \approx 0{,}209\ \Omega$, $U_0 = 12\ \mathrm{V}$ et $I_0 = 3{,}83\ \mathrm{A}$: $k_v = (12 - 0{,}209 \times 3{,}83)/101{,}6 \approx 0{,}110\ \mathrm{V\,s\,rad^{-1}}$.

RÉPONSE À RETENIR

$k_v = (U_0 - RI_0)/\omega_0 \approx 0{,}110\ \mathrm{V\,s\,rad^{-1}}$. Dans le bloc DR1, inscrire une résistance d'induit d'environ $0{,}209\ \Omega$ et une constante de vitesse d'environ $0{,}110\ \mathrm{V\,s\,rad^{-1}}$. L'inductance déjà renseignée est $664 \times 10^{-6}\ \mathrm{H}$.

Question Question 1.6

Sujet p. 8, 16

Choisir le meilleur réglage du correcteur parmi les trois en l'entourant dans le document réponse DR1. Justifier ce réglage et conclure sur la capacité du système à suivre une trajectoire, même sur terrain accidenté.

La consigne est de $3°$. D'après la figure DR1, le réglage 1 atteint environ $4{,}3°$: son premier dépassement est donc d'environ $(4{,}3 - 3)/3 \times 100 \approx 43\ \%$, supérieur à la limite de 20 %. Le réglage 2 se stabilise vers $2{,}75°$, soit une erreur statique relative d'environ $(3 - 2{,}75)/3 \times 100 \approx 8{,}3\ \%$, supérieure à la limite de 5 %. Le réglage 3 rejoint environ $3°$ sans dépassement notable : il satisfait les deux critères.

La mesure de position en boucle fermée permet de détecter une perturbation du déplacement sur terrain accidenté, puis de corriger l'angle de braquage. Le réglage 3 est donc celui qui répond aux performances attendues parmi les trois réglages présentés.

RÉPONSE À RETENIR

Il faut choisir et entourer le **réglage 3** : son erreur statique est inférieure à 5 % et son premier dépassement est inférieur à 20 %. Avec la mesure GPS-RTK en boucle fermée, le système peut corriger la trajectoire malgré les perturbations du terrain.

Sous-partie 2 – Validation du choix du volant électrique

Question Question 1.7

Sujet p. 9

À l'aide du théorème du moment statique en projection sur z⃗, donner l'expression littérale du couple résistant ‖C⃗résistant‖ en fonction de l'effort du conducteur sur le volant F⃗conducteur→volant. Donner sa valeur numérique. L'effort tangentiel exercé sur le volant vaut 6 N et le diamètre extérieur du volant est D = 400 mm.

À vitesse de rotation constante, le moment résultant autour de l'axe z est nul. L'effort tangentiel du conducteur appliqué au bord du volant équilibre le couple résistant. Le bras de levier est le rayon $D/2$, d'où, en norme, $\|\vec{C}_{\text{résistant}}\| = \|\vec{F}_{\text{conducteur}\to\text{volant}}\| D/2$.

Le rayon vaut $D/2 = 400/2 = 200\ \text{mm} = 0{,}200\ \text{m}$. Avec un effort de $6\ \text{N}$, le couple vaut $6 \times 0{,}200 = 1{,}2\ \text{N m}$.

RÉPONSE À RETENIR

$\|\vec{C}_{\text{résistant}}\| = \|\vec{F}_{\text{conducteur}\to\text{volant}}\| D/2$. Pour $F = 6\ \text{N}$ et $D = 0{,}400\ \text{m}$, $\|\vec{C}_{\text{résistant}}\| = 1{,}2\ \text{N m}$.

Question Question 1.8

Sujet p. 10, 17

Tracer, sur la courbe de vitesse de rotation du document réponse DR2, la modélisation simplifiée en 3 phases de l'évolution de la vitesse du volant en fonction du temps de 0 à 0,2 s. Caractériser le mouvement de chacune des phases modélisées Ph1, Ph2 et Ph3.

Sur la courbe de vitesse du DR2, la modélisation simplifiée sur 0 à $0{,}2\ \text{s}$ comporte trois phases. Ph1 : tracer une montée linéaire de 0 à $75\ \text{tr min}^{-1}$, atteints à $0{,}046\ \text{s}$; la rotation est accélérée. Ph2 : représenter le bref palier voisin de $75\ \text{tr min}^{-1}$ visible après cette montée ; la rotation est uniforme. Ph3 : représenter la diminution de la vitesse jusqu'à environ zéro vers $0{,}2\ \text{s}$; la rotation est ralentie.

RÉPONSE À RETENIR

Ph1 : rotation accélérée ; Ph2 : rotation uniforme, à vitesse voisine de $75\ \text{tr min}^{-1}$; Ph3 : rotation ralentie jusqu'à l'arrêt vers $0{,}2\ \text{s}$. Le palier de Ph2 est bref, conformément à la courbe du DR2.

Question Question 1.9

Sujet p. 10

Montrer que l'accélération angulaire du volant au cours de la phase Ph1 est θ̈max = 171 rad·s⁻². Au cours de cette phase, la vitesse du moteur du volant est assimilée à une droite évoluant de 0 à 75 tr·min⁻¹ en 0,046 s.

La vitesse passe linéairement de 0 à $75\ \text{tr min}^{-1}$ en $0{,}046\ \text{s}$. En radians par seconde, $\omega_{\max} = 75 \times 2\pi/60 \approx 7{,}85\ \text{rad s}^{-1}$. L'accélération angulaire constante est donc $\ddot{\theta}_{\max} = \Delta\omega/\Delta t = 7{,}85/0{,}046 \approx 170{,}7\ \text{rad s}^{-2}$.

RÉPONSE À RETENIR

$\ddot{\theta}_{\max} \approx 171\ \text{rad s}^{-2}$, comme demandé.

Question Question 1.10

Sujet p. 10

> À partir du théorème du moment dynamique, lors du démarrage du moteur en phase Ph1, écrire la relation entre Cmoteur_Ph1, Crésistant, θ̈max et JzE. Déterminer le couple Cmoteur_Ph1 à fournir par le moteur du volant au démarrage. On donne JzE = 19 × 10⁻³ kg·m².

En projection sur $\vec{z}$, le théorème du moment dynamique donne, lors de la phase Ph1, $C_{\text{moteur,Ph1}} - C_{\text{résistant}} = J_{zE}\ddot{\theta}_{\max}$. Le couple moteur doit vaincre le couple résistant et produire l'accélération, donc $C_{\text{moteur,Ph1}} = C_{\text{résistant}} + J_{zE}\ddot{\theta}_{\max}$.

Avec $C_{\text{résistant}} = 1{,}2\ \text{N m}$, $J_{zE} = 19 \times 10^{-3}\ \text{kg m}^2$ et $\ddot{\theta}_{\max} = 171\ \text{rad s}^{-2}$, on obtient $C_{\text{moteur,Ph1}} = 1{,}2 + 0{,}019 \times 171 \approx 4{,}45\ \text{N m}$.

RÉPONSE À RETENIR

$C_{\text{moteur,Ph1}} = C_{\text{résistant}} + J_{zE}\ddot{\theta}_{\max} \approx 4{,}45\ \text{N m}$.

Question Question 1.11

Sujet p. 10

> Au cours de la phase 2, la vitesse du moteur est constante et vaut Nmoteur = 75 tr·min⁻¹. Le moteur fournit un couple Cmoteur de 1,2 N·m. Déterminer la vitesse de rotation ωmoteur du moteur en rad·s⁻¹. En déduire la puissance mécanique fournie par le moteur.

La conversion de $75\ \text{tr min}^{-1}$ donne $\omega_{\text{moteur}} = 75 \times 2\pi/60 \approx 7{,}85\ \text{rad s}^{-1}$. La puissance mécanique en rotation vaut $P = C\omega$. Avec $C_{\text{moteur}} = 1{,}2\ \text{N m}$, $P = 1{,}2 \times 7{,}85 \approx 9{,}42\ \text{W}$.

RÉPONSE À RETENIR

$\omega_{\text{moteur}} \approx 7{,}85\ \text{rad s}^{-1}$ et $P \approx 9{,}4\ \text{W}$.

Question Question 1.12

Sujet p. 11

> Valider le choix du moteur intégré au volant, de référence SAM 200, pour les phases Ph1 et Ph2. Ses caractéristiques sont : Cnominal = 2 N·m, Cmax = 6,1 N·m, Nnominal = 630 tr·min⁻¹ et Pnominal = 135 W.

En Ph1, le couple nécessaire calculé est d'environ $4{,}45\ \text{N m}$. Il est supérieur au couple nominal de $2\ \text{N m}$, mais reste inférieur au couple maximal de $6{,}1\ \text{N m}$: le moteur peut donc fournir le couple de démarrage requis, qui est transitoire. En Ph2, le couple demandé de $1{,}2\ \text{N m}$ est inférieur au couple nominal. La vitesse de $75\ \text{tr min}^{-1}$ est inférieure à la vitesse nominale de $630\ \text{tr min}^{-1}$, et la puissance d'environ $9{,}4\ \text{W}$ est inférieure à $135\ \text{W}$.

RÉPONSE À RETENIR

Le moteur SAM 200 convient pour les phases étudiées : en Ph1, $4{,}45 < 6{,}1\ \text{N m}$ (couple maximal) ; en Ph2, $1{,}2 < 2\ \text{N m}$ (couple nominal), $75 < 630\ \text{tr min}^{-1}$ et $9{,}4 < 135\ \text{W}$. Le couple de Ph1 dépasse toutefois le couple nominal ; il est acceptable ici au titre du couple maximal fourni pour le démarrage.

Sous-partie 3 – Précision des données de positionnement en fonction du relief et transmission de l'angle au volant

Question Question 1.13

Sujet p. 4, 12, 13

> En prenant H = 2,85 m, montrer que l'erreur de positionnement dans le cas d'un dévers maximal de β = 10° vaut ΔL = 50,3 cm. À l'aide de l'exigence Id.3.3 de la figure 3, justifier l'obligation de corriger la position donnée par le signal GPS-RTK à l'aide de la centrale inertielle.

La géométrie de la figure 14 donne $\tan(\beta) = \Delta L / H$, donc $\Delta L = H \tan(\beta)$. Pour $H = 2{,}85\ \text{m}$ et $\beta = 10°$, $\Delta L = 2{,}85 \tan(10°) \approx 0{,}5026\ \text{m} = 50{,}3\ \text{cm}$.

L'exigence Id.3.3 impose un écart à la trajectoire définie inférieur ou égal à $7{,}5\ \text{cm}$. L'erreur de dévers calculée est environ 6,7 fois plus grande que cette limite. La centrale inertielle mesure l'inclinaison et permet de corriger la position GPS-RTK.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\Delta L = H \tan(\beta) \approx 50{,}3\ \text{cm}$. Comme cette erreur excède largement la tolérance de $7{,}5\ \text{cm}$ de l'exigence Id.3.3, il faut corriger la position GPS-RTK à partir de l'inclinaison mesurée par la centrale inertielle.

Question Question 1.14

Sujet p. 13

> En prenant appui sur le croquis de la figure 15, exprimer l'angle δAAc en degré en fonction de l'angle δX_0 pour les deux cas : β > 0 et β < 0.

Les relèvements sont mesurés depuis le nord dans le sens horaire. Sur la figure 15, la direction de déplacement δ_{X_0} est perpendiculaire au décalage latéral entre $A(t)$ et $A_C(t)$. Pour $\beta > 0$, le décalage représenté correspond à une rotation de $-90°$ par rapport à la direction x_0. Pour $\beta < 0$, il correspond à une rotation de $+90°$. Les relèvements doivent être ramenés modulo $360°$.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\beta > 0 :\ \delta_{AA_C} = (\delta_{X_0} - 90°) \bmod 360°$.
> $\beta < 0 :\ \delta_{AA_C} = (\delta_{X_0} + 90°) \bmod 360°$.

Question Question 1.15

Sujet p. 13, 14, 18

> À partir des informations données ci-dessus, compléter sur le document réponse DR3 la fonction Python correction_devers permettant de déterminer la position corrigée du centre du train arrière au sol, en retournant celle-ci sous forme d'une liste de deux valeurs [latitude, longitude].

Le relèvement de la trajectoire est calculé entre la position GPS précédente et la position actuelle. La distance de correction doit être exprimée en centimètres, comme attendu par `nouvelle_position`. Le signe de β détermine le décalage de relèvement établi à la question 1.14. Une normalisation modulo 360 traite correctement aussi bien un angle négatif qu'un angle supérieur à $360°$.

Complétion de la fonction DR3 (sans exécuter le programme) :

```
def correction_devers(latAt_Δt, lonAt_Δt, latAt, lonAt, beta, Hauteur):
    delta_X0 = delta(latAt_Δt, lonAt_Δt, latAt, lonAt)

    ΔL = abs(tan(radians(beta))) * Hauteur * 100  # ΔL en cm

    if beta > 0:
        delta_AAc = delta_X0 - 90
    else:
        delta_AAc = delta_X0 + 90

    delta_AAc = delta_AAc % 360
    Ac = nouvelle_position(latAt, lonAt, delta_AAc, ΔL)

    return Ac
```

RÉPONSE À RETENIR

La fonction retourne `Ac`, une liste `[latitude, longitude]` calculée à partir de la position GPS actuelle, de la distance ΔL en centimètres et du relèvement corrigé δ_{AA_C}.

Question Question 1.16

Sujet p. 14, 15

Déterminer la valeur à transmettre Nangle pour l'angle de volant θ de 0° en décimal puis en hexadécimal. Donner l'identifiant et la valeur des 8 octets de données en hexadécimal de la première trame (commande volant moteur). La position centrale du volant est initialisée à Nangle = 900°. Le calculateur envoie une première trame permettant de mettre en marche le volant moteur avec une position centrale du train avant et une valeur de courant limitée à 60 A.

Pour un angle de volant $\theta = 0^\circ$, la position transmise est la position centrale, soit $N_{\text{angle}} = 900$. La conversion décimale vers l'hexadécimal donne $900 = 0x0384$. Le champ de consigne occupe les octets 1 et 2, poids fort en premier.

La limite de courant de $60\ \text{A}$ est codée en dixièmes d'ampère : $60 \times 10 = 600$, soit $0x0258$ sur les octets 3 et 4. Les octets 5, 6 et 7 valent chacun $0x00$, et l'octet 8 vaut $0x01$ pour commander la marche.

RÉPONSE À RETENIR

$N_{\text{angle}} = 900$ en décimal, soit $0x0384$. Identifiant de commande : $0x0A4$. Les 8 octets de données, dans l'ordre, sont : `0x03 0x84 0x02 0x58 0x00 0x00 0x00 0x01`.

Question Question 1.17

Sujet p. 15

La fréquence de traitement de la centrale inertielle est de 200 Hz. La fréquence maximale pour l'envoi des consignes d'angle sur le bus est de 500 Hz. Le constructeur indique que, pour effectuer un autoguidage performant, la vitesse du tracteur ne doit pas dépasser 25 km·h⁻¹. Indiquer la fréquence limitant la performance d'autoguidage. Donner la distance minimale parcourue par le tracteur pour cette fréquence avant une nouvelle correction. Conclure.

La centrale inertielle traite à $200\ \text{Hz}$, tandis que le bus peut envoyer les consignes jusqu'à $500\ \text{Hz}$. La fréquence effective est limitée par la plus faible de ces deux fréquences : $f = 200\ \text{Hz}$. L'intervalle entre deux corrections est $\Delta t = 1/f = 0{,}005\ \text{s}$.

La vitesse maximale autorisée convertie en unités SI vaut $25/3{,}6 \approx 6{,}94\ \mathrm{m\,s^{-1}}$. À cette vitesse, la distance parcourue entre deux corrections est $d = v\Delta t \approx 6{,}94 \times 0{,}005 = 0{,}0347\ \mathrm{m}$, soit environ $3{,}5\ \mathrm{cm}$. À une vitesse inférieure, cette distance est plus faible.

RÉPONSE À RETENIR

La fréquence limitante est celle de la centrale inertielle : $200\ \mathrm{Hz}$. À la vitesse maximale de $25\ \mathrm{km\,h^{-1}}$, le tracteur parcourt environ $3{,}5\ \mathrm{cm}$ entre deux corrections. Cette distance, inférieure à la tolérance de $7{,}5\ \mathrm{cm}$ d'Id.3.3, est cohérente avec l'objectif de suivi performant.

Exercice A

None points

Une histoire de briques

Partie 2 – Sciences physiques, exercice A

Question Q1.

Sujet p. 19

> Montrer que la résistance thermique Rth d'un mur en brique d'aire A = 7,50 m² et d'épaisseur e = 0,20 m vaut environ Rth = 3,9 × 10⁻² K·W⁻¹.

On utilise la relation donnée pour une paroi : $R_{\text{th}} = \dfrac{e}{\lambda A}$. Pour la brique, $e = 0{,}20\ \text{m}$, $\lambda = 0{,}69\ \text{W}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$ et $A = 7{,}50\ \text{m}^2$. Ainsi, $R_{\text{th}} = \dfrac{0{,}20}{0{,}69 \times 7{,}50} = 0{,}0386\ \text{K}\cdot\text{W}^{-1}$. En arrondissant à deux chiffres significatifs, on obtient $3{,}9 \times 10^{-2}\ \text{K}\cdot\text{W}^{-1}$.

RÉPONSE À RETENIR

La résistance thermique du mur en brique vaut $R_{\text{th}} \approx 3{,}9 \times 10^{-2}\ \text{K}\cdot\text{W}^{-1}$.

Question Q2.

Sujet p. 19

> Rappeler les deux autres modes de transfert thermique.

Les trois modes de transfert thermique sont la conduction, la convection et le rayonnement. La conduction étant déjà mentionnée dans l'énoncé, les deux autres modes sont la convection et le rayonnement.

RÉPONSE À RETENIR

Les deux autres modes de transfert thermique sont la convection et le rayonnement.

Question Q3.

Sujet p. 19

> Prévoir le sens du transfert thermique observé un jour d'hiver pour une température de la paroi intérieure Tint = 19 °C et une température de paroi extérieure Text = 3,0 °C.

La température intérieure est supérieure à la température extérieure : $T_{\text{int}} - T_{\text{ext}} = 19 - 3{,}0 = 16\ ^\circ\text{C} > 0$. Le transfert thermique s'effectue spontanément du milieu le plus chaud vers le milieu le plus froid.

RÉPONSE À RETENIR

Le transfert thermique se fait de l'intérieur de l'habitation vers l'extérieur, à travers le mur.

Question Q4.

Sujet p. 19

> Montrer que ce flux thermique ϕ vaut alors environ ϕ = 4,1 × 10² W pour le mur en brique.

On utilise la relation donnée : $\phi = \dfrac{T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}}{R_{\text{th}}}$. Avec $R_{\text{th}} \approx 0{,}0386\ \text{K}\cdot\text{W}^{-1}$ et l'écart de température $19 - 3{,}0 = 16\ \text{K}$, on obtient $\phi = \dfrac{16}{0{,}0386} \approx 414\ \text{W}$. L'unité est bien le watt, car $\text{K}/(\text{K}\cdot\text{W}^{-1}) = \text{W}$.

RÉPONSE À RETENIR

Le flux thermique vaut environ $4{,}1 \times 10^{2}\ \mathrm{W}$, dirigé de l'intérieur vers l'extérieur.

Question Q5.

Sujet p. 19

> On considère un mur de béton de même aire que le mur de brique précédent. Calculer l'épaisseur de ce mur pour qu'il ait la même résistance thermique que le mur de brique.

Pour que le mur de béton ait la même résistance thermique que le mur de brique et la même aire, on égalise les expressions $R_{\mathrm{th}} = \dfrac{e}{\lambda A}$: $\dfrac{e_{\mathrm{béton}}}{\lambda_{\mathrm{béton}} A} = \dfrac{e_{\mathrm{brique}}}{\lambda_{\mathrm{brique}} A}$. L'aire étant identique, elle se simplifie, d'où $e_{\mathrm{béton}} = e_{\mathrm{brique}} \dfrac{\lambda_{\mathrm{béton}}}{\lambda_{\mathrm{brique}}}$. En remplaçant par les valeurs, $e_{\mathrm{béton}} = 0{,}20 \times \dfrac{1{,}5}{0{,}69} \approx 0{,}435\ \mathrm{m}$.

RÉPONSE À RETENIR

L'épaisseur nécessaire du mur de béton est d'environ $0{,}435\ \mathrm{m}$, soit $43{,}5\ \mathrm{cm}$, pour obtenir la même résistance thermique que le mur de brique.

Exercice B

None points

Lancer de marteau

Partie 2 – Sciences physiques, exercice B

Question Q1.

Sujet p. 20, 21

> En effectuant une mesure de longueur sur la figure 1, montrer que la distance parcourue par le marteau entre les 2 dernières positions numérotées 49 et 50 est d'environ 1,0 m.

Sur l'agrandissement de la figure 1, la distance entre les positions 49 et 50 représente environ 0,4 fois la longueur de la barre blanche. Cette barre correspond à 2,5 m. Par proportionnalité, la distance parcourue vaut donc environ $0{,}4 \times 2{,}5 = 1{,}0$ m.

RÉPONSE À RETENIR

La distance parcourue entre les positions 49 et 50 est d'environ **1,0 m**.

Question Q2.

Sujet p. 20, 21

> Sachant que la chronophotographie a été réalisée à 30 images par seconde, en déduire que la valeur de la vitesse du centre de masse G du marteau au moment du lâcher est d'environ 30 m·s⁻¹.

La fréquence de prise de vue est de 30 images par seconde : la durée entre deux images successives est donc $\Delta t = 1/30$ s. On estime la vitesse au moment du lâcher en divisant la distance entre les deux positions successives par cette durée. En utilisant la distance d'environ 1,0 m déterminée à la question Q1 : $v \approx 1{,}0 / (1/30) = 30$ m·s^{-1}.

RÉPONSE À RETENIR

La vitesse du centre de masse G au moment du lâcher est d'environ **30 m·s^{-1}**.

Question Q3.

Sujet p. 21

> Rappeler les coordonnées du vecteur accélération dans le cadre d'un mouvement circulaire dans le repère de Frenet (u⃗N ; u⃗T).

Dans le repère de Frenet, l'accélération possède une composante normale, dirigée vers le centre de courbure, et une composante tangentielle, liée à la variation de la valeur de la vitesse. Pour un mouvement circulaire de rayon R et de vitesse v, ces composantes sont respectivement v^2/R et $\mathrm{d}v/\mathrm{d}t$.

RÉPONSE À RETENIR

Dans l'ordre du repère $(\vec{u}_N ; \vec{u}_T)$, les coordonnées de l'accélération sont $(v^2/R ; \mathrm{d}v/\mathrm{d}t)$, soit $\vec{a} = (v^2/R)\vec{u}_N + (\mathrm{d}v/\mathrm{d}t)\vec{u}_T$.

Question Q4 – schéma 1

Sujet p. 21

> Lors de la première phase, le mouvement de G est modélisé par un mouvement circulaire non uniforme. Le schéma 1 est une option de réponse à la consigne : « Indiquer, en justifiant, quel schéma ci-dessous correspond à cette

situation. »

Au sommet du cercle, la vitesse est tangentielle et orientée vers la gauche. Sur le schéma 1, l'accélération est dirigée vers le centre du cercle uniquement : sa composante tangentielle est nulle. Ce schéma représente donc un mouvement circulaire uniforme, et non le mouvement circulaire non uniforme de la phase où le marteau est accéléré.

RÉPONSE À RETENIR

Le schéma 1 ne convient pas.

Question Q4 – schéma 2

Sujet p. 21

Lors de la première phase, le mouvement de G est modélisé par un mouvement circulaire non uniforme. Le schéma 2 est une option de réponse à la consigne : « Indiquer, en justifiant, quel schéma ci-dessous correspond à cette situation. »

Au sommet du cercle, la vitesse est dirigée vers la gauche. Sur le schéma 2, l'accélération est dirigée vers le bas et vers la gauche. Sa composante normale est dirigée vers le centre du cercle, et sa composante tangentielle est dans le sens de la vitesse : la valeur de la vitesse augmente.

RÉPONSE À RETENIR

Le schéma 2 convient : il représente un mouvement circulaire non uniforme accéléré.

Question Q4 – schéma 3

Sujet p. 21

Lors de la première phase, le mouvement de G est modélisé par un mouvement circulaire non uniforme. Le schéma 3 est une option de réponse à la consigne : « Indiquer, en justifiant, quel schéma ci-dessous correspond à cette situation. »

Au sommet du cercle, la vitesse est dirigée vers la gauche. Sur le schéma 3, la composante normale de l'accélération est dirigée vers le centre, mais sa composante tangentielle est dirigée vers la droite, donc opposée à la vitesse. Ce schéma représenterait un mouvement circulaire qui ralentit, et non la phase d'accélération décrite.

RÉPONSE À RETENIR

Le schéma 3 ne convient pas pour la phase d'accélération.

Question Q4 – schéma 4

Sujet p. 21

Lors de la première phase, le mouvement de G est modélisé par un mouvement circulaire non uniforme. Le schéma 4 est une option de réponse à la consigne : « Indiquer, en justifiant, quel schéma ci-dessous correspond à cette situation. »

Au sommet du cercle, le centre de courbure est en dessous du marteau : la composante normale de l'accélération doit donc être dirigée vers le bas. Or, sur le schéma 4, l'accélération est dirigée vers le haut, à l'opposé du centre de courbure.

RÉPONSE À RETENIR

Le schéma 4 ne convient pas : l'accélération normale y est orientée dans le mauvais sens.

Question Q5.

Sujet p. 21

> Pour les questions Q5 à Q7, on ne prend pas en compte dans l'analyse le poids du marteau ni les forces de frottement de l'air : la seule force qui s'applique sur le marteau est supposée être la force de tension du fil. Par ailleurs, on suppose que juste avant le lâcher, la valeur de la vitesse du centre de masse n'augmente plus : le mouvement est alors circulaire uniforme. À l'aide de la 2e loi de Newton, montrer que la norme de la force de tension du fil a pour expression T = mv²/R, avec R la distance entre le centre du cercle et G.

Juste avant le lâcher, le mouvement est circulaire uniforme. L'accélération tangentielle est donc nulle et l'accélération est uniquement normale, dirigée vers le centre du cercle, de norme $a_N = v^2/R$. Selon la deuxième loi de Newton, la somme des forces extérieures est égale à $m\vec{a}$. Dans le modèle de l'énoncé, la seule force est la tension du fil, dirigée vers le centre. En prenant les normes, on obtient :

$T = ma_N = m\dfrac{v^2}{R}$.

RÉPONSE À RETENIR

La norme de la tension du fil est $T = mv^2/R$.

Question Q6.

Sujet p. 20, 21

> On estime que R = 2,0 m. En déduire que T vaut environ 1,8 × 10³ N au moment du lâcher. Vérifier que le choix de négliger le poids du marteau est pertinent.

On applique la relation établie à la question Q5 avec $m = 4{,}00$ kg, $v \approx 30$ m·s^{-1} et $R = 2{,}0$ m :

$T \approx 4{,}00 \times 30^2/2{,}0 = 1\,800$ N, soit $1{,}8 \times 10^3$ N.

Le poids du marteau vaut $P = mg = 4{,}00 \times 9{,}81 = 39{,}24$ N, soit environ 39 N. La tension est environ $1\,800/39{,}24 \approx 46$ fois plus grande que le poids : celui-ci est donc faible devant la tension dans le modèle considéré.

RÉPONSE À RETENIR

Au moment du lâcher, $T \approx 1{,}8 \times 10^3$ **N**. Le poids du marteau vaut environ **39 N**, soit près de 46 fois moins que la tension. Le négliger devant celle-ci est donc pertinent.

Question Q7.

Sujet p. 20, 21

> Déterminer la masse d'un objet dont le poids aurait une norme P = 1,8 × 10³ N. Commenter le résultat.

La relation entre le poids et la masse est $P = mg$. On isole la masse : $m = P/g$. Avec $P = 1{,}8 \times 10^3$ N et $g = 9{,}81$ N·kg^{-1} :

$m = 1{,}8 \times 10^3/9{,}81 \approx 183{,}5$ kg.

RÉPONSE À RETENIR

La masse correspondante est d'environ **184 kg** (soit $1{,}8 \times 10^2$ kg à deux chiffres significatifs). C'est très supérieur à la masse du marteau, 4,00 kg : cela illustre que son poids est faible devant la tension calculée.

Sujet : https://www.sujetdebac.fr/annales-pdf/2026/spe-sciences-ingenieur-2026-centres-etranger-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.